

П. П. Попель, Л. С. Крикля

# ХІМІЯ

Підручник

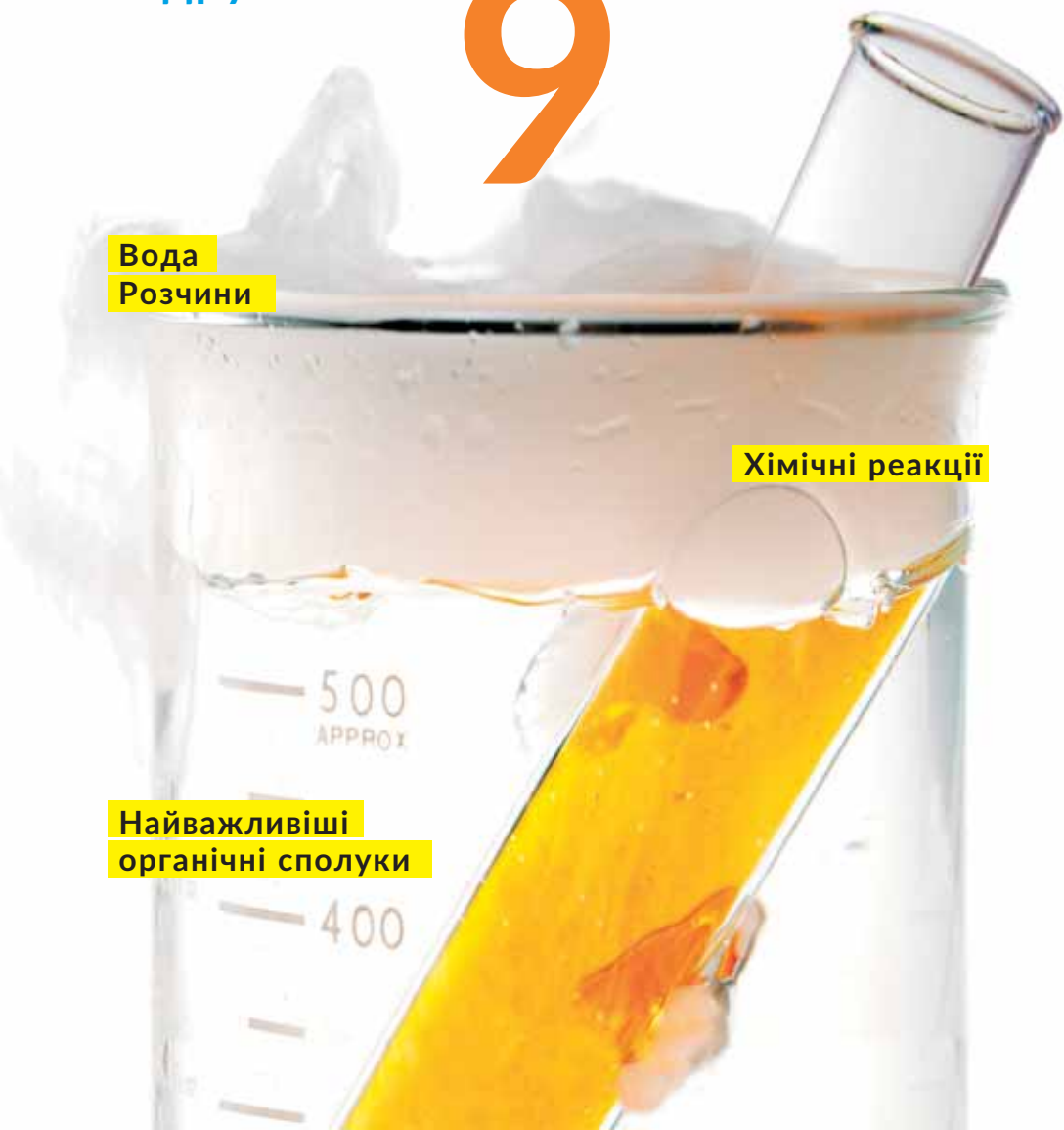
9 клас

Вода

Розчини

Хімічні реакції

Найважливіші  
органічні сполуки



Періодична система хімічних елементів (короткий варіант)

Періоди	Групи																			
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII					
1	<b>H</b> 1 Гідроген 1,0079 Водень 1s <sup>1</sup>																<b>(H)</b>		<b>He</b> 2 Гелій 4,0026 1s <sup>2</sup>	
2	<b>Li</b> 3 Літій [He]2s <sup>1</sup>		<b>Be</b> 4 Берилій [He]2s <sup>2</sup>		<b>B</b> 5 Бор [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>		<b>C</b> 6 Карбон 12,011 Вуглець [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>		<b>N</b> 7 Нітроген 14,0067 Азот [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>		<b>O</b> 8 Оксиген 15,999 Кисень [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>		<b>F</b> 9 Флуор 18,998 Фтор [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>		<b>Ne</b> 10 Неон 20,180 [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>					
3	<b>Na</b> 11 Натрій [Ne]3s <sup>1</sup>		<b>Mg</b> 12 Магній [Ne]3s <sup>2</sup>		<b>Al</b> 13 Алюміній 26,982 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>		<b>Si</b> 14 Силіцій 28,086 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>		<b>P</b> 15 Фосфор 30,974 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>		<b>S</b> 16 Сулфур 32,06 Сірка [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>		<b>Cl</b> 17 Хлор 35,453 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>		<b>Ar</b> 18 Аргон 39,948 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>					
4	<b>K</b> 19 Калій 39,098 [Ar]4s <sup>1</sup>		<b>Ca</b> 20 Кальцій 40,08 [Ar]4s <sup>2</sup>		<b>21 Sc</b> 44,956 Скандій		<b>22 Ti</b> 47,87 Титан [Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>		<b>23 V</b> 50,941 Ванадій [Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>		<b>24 Cr</b> 51,996 Хром [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>		<b>25 Mn</b> 54,938 Манган [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>		<b>26 Fe</b> 55,845 Ферум Залізо [Ar]3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>		<b>27 Co</b> 58,933 Кобальт [Ar]3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>		<b>28 Ni</b> 58,69 Нікель [Ar]3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	
	<b>29 Cu</b> 63,546 Купрум [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>		<b>30 Zn</b> 65,41 Цинк [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>		<b>31 Ga</b> Галій 69,72 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup>		<b>32 Ge</b> Германій 72,64 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup>		<b>33 As</b> Арсен 74,922 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>		<b>34 Se</b> Селен 78,96 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup>		<b>35 Br</b> Бром 79,904 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup>		<b>36 Kr</b> Криптон 83,80 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>					
5	<b>Rb</b> 37 Рубідій 85,468 [Kr]5s <sup>1</sup>		<b>Sr</b> 38 Стронцій 87,62 [Kr]5s <sup>2</sup>		<b>39 Y</b> 88,906 Ітрій [Kr]4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>		<b>40 Zr</b> 91,22 Цирконій [Kr]4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>		<b>41 Nb</b> 92,906 Ніобій [Kr]4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup>		<b>42 Mo</b> 95,94 Молібден [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>		<b>43 Tc</b> [98] Технецій [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup>		<b>44 Ru</b> 101,07 Рутеній [Kr]4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>		<b>45 Rh</b> 102,905 Родій [Kr]4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup>		<b>46 Pd</b> 106,4 Паладій [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>0</sup>	
	<b>47 Ag</b> 107,868 Аргентум [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup>		<b>48 Cd</b> 112,41 Кадмій [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>		<b>49 In</b> Індій 114,82 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup>		<b>50 Sn</b> Станум 118,71 Олово [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>		<b>51 Sb</b> Стибій 121,76 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup>		<b>52 Te</b> Телур 127,60 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup>		<b>53 I</b> Йод 126,904 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup>		<b>54 Xe</b> Ксенон 131,29 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>					
6	<b>Cs</b> 55 Цезій 132,91 [Xe]6s <sup>1</sup>		<b>Ba</b> 56 Барій 137,33 [Xe]6s <sup>2</sup>		<b>57 La*</b> 138,905 Лантан [Xe]5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>		<b>72 Hf</b> 178,49 Гафній [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>		<b>73 Ta</b> 180,948 Тантал [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>		<b>74 W</b> 183,84 Вольфрам [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>		<b>75 Re</b> 186,207 Реній [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>		<b>76 Os</b> 190,2 Осмій [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>		<b>77 Ir</b> 192,22 Іридій [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>		<b>78 Pt</b> 195,09 Платина [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup>	
	<b>79 Au</b> 196,967 Аурум [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup>		<b>80 Hg</b> 200,59 Меркурій [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>		<b>81 Tl</b> Талій 204,38 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup>		<b>82 Pb</b> Плюмбум 207,2 Свинець ...6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>		<b>83 Bi</b> Бісмут 208,980 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup>		<b>84 Po</b> Полоній [210] [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup>		<b>85 At</b> Астат [210] [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup>		<b>86 Rn</b> Радон [222] [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup>					
7	<b>Fr</b> 87 Францій [223] [Rn]7s <sup>1</sup>		<b>Ra</b> 88 Радій [226] [Rn]7s <sup>2</sup>		<b>89 Ac**</b> [227] Актиній [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>		<b>104 Rf</b> [267] Резерфордій [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>		<b>105 Db</b> [268] Дубній [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup>		<b>106 Sg</b> [271] Сиборгій [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup>		<b>107 Bh</b> [270] Борій [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup>		<b>108 Hs</b> [269] Гасій [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup>		<b>109 Mt</b> [278] Майтнерій [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>		<b>110 Ds</b> Дармштадтій [281]	
	<b>111 Rg</b> [282] Рентгеній		<b>112 Cn</b> [285] Коперницій		<b>113</b>		<b>114 Fl</b> Флеровій [289]		<b>115</b>		<b>Lv</b> 116 Ліверморій [293]		<b>117</b>		<b>Uuo</b> 118 Унуоктій [294]					
Вищі оксиди	<b>E<sub>2</sub>O</b>		<b>EO</b>		<b>E<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>		<b>EO<sub>2</sub></b>		<b>E<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>		<b>EO<sub>3</sub></b>		<b>E<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>		<b>EO<sub>4</sub></b>					
Леткі сполуки з Гідрогеном							<b>EH<sub>4</sub></b>		<b>EH<sub>3</sub></b>		<b>H<sub>2</sub>E</b>		<b>HE</b>							
*Лантаноїди	<b>58 Ce</b> 140,12 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> Церій	<b>59 Pr</b> 140,908 4f <sup>3</sup> 5d <sup>0</sup> Празеодим	<b>60 Nd</b> 144,24 4f <sup>4</sup> 5d <sup>0</sup> Неодим	<b>61 Pm</b> [145] 4f <sup>5</sup> 5d <sup>0</sup> Прометій	<b>62 Sm</b> 150,4 4f <sup>6</sup> 5d <sup>0</sup> Самарій	<b>63 Eu</b> 151,96 4f <sup>7</sup> 5d <sup>0</sup> Європій	<b>64 Gd</b> 157,25 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> Гадоліній	<b>65 Tb</b> 158,925 4f <sup>8</sup> 5d <sup>0</sup> Тербій	<b>66 Dy</b> 162,50 4f <sup>10</sup> 5d <sup>0</sup> Диспрозій	<b>67 Ho</b> 164,93 4f <sup>11</sup> 5d <sup>0</sup> Гольмій	<b>68 Er</b> 167,26 4f <sup>12</sup> 5d <sup>0</sup> Ербій	<b>69 Tm</b> 168,93 4f <sup>13</sup> 5d <sup>0</sup> Тулій	<b>70 Yb</b> 173,04 4f <sup>14</sup> 5d <sup>0</sup> Ітербій	<b>71 Lu</b> 174,97 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> Лютецій						
**Актиноїди	<b>90 Th</b> 232,038 5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> Торій	<b>91 Pa</b> 231,036 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> Протактиній	<b>92 U</b> 238,029 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> Уран	<b>93 Np</b> [237] 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> Нептуній	<b>94 Pu</b> [244] 5f <sup>6</sup> 6d <sup>0</sup> Плутоній	<b>95 Am</b> [243] 5f <sup>7</sup> 6d <sup>0</sup> Америцій	<b>96 Cm</b> [247] 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> Кюрій	<b>97 Bk</b> [247] 5f <sup>8</sup> 6d <sup>1</sup> Берклій	<b>98 Cf</b> [251] 5f <sup>10</sup> 6d <sup>0</sup> Каліфорній	<b>99 Es</b> [252] 5f <sup>11</sup> 6d <sup>0</sup> Ейнштейній	<b>100 Fm</b> [257] 5f <sup>12</sup> 6d <sup>0</sup> Фермій	<b>101 Md</b> [258] 5f <sup>13</sup> 6d <sup>0</sup> Менделевій	<b>102 No</b> [259] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>0</sup> Нобелій	<b>103 Lr</b> [266] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> Лоуренсій						

s-елементи
  p-елементи
  d-елементи
  f-елементи
 Для f-елементів наведено лише змінювані частини електронних формул

П. П. Попель, Л. С. Крикля

# ХІМІЯ

## Підручник

для 9 класу загальноосвітніх  
навчальних закладів



Рекомендовано  
Міністерством освіти і науки України

а | Київ  
Видавничий центр «Академія»  
2017

**Рекомендовано Міністерством освіти і науки України**

(Наказ Міністерства освіти і науки України від 20.03.2017 р. № 417)

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

**Попель П. П.**

**П57** Хімія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. /  
П. П. Попель, Л. С. Крикля. — Київ : ВЦ «Академія»,  
2017. — 240 с. : іл.

ISBN 978-966-580-517-5

Підручник підготовлено за програмою з хімії для 7—9 класів загальноосвітніх навчальних закладів. Він містить теоретичний матеріал із розділів «Вода. Розчини», «Хімічні реакції», «Найважливіші органічні сполуки», «Узагальнення знань з хімії», практичні роботи, лабораторні досліди, вправи, задачі, додатковий матеріал для допитливих, словник термінів, предметний покажчик, список літератури та інтернет-сайтів.

УДК 54(075.3)

Експерти, які здійснили експертизу цього підручника під час конкурсного відбору проектів підручників для 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів і зробили висновок про доцільність надання підручнику грифа «Рекомендовано Міністерством освіти і науки України»:

*Боровицька І. Д.*, учитель ЗОШ № 23 м. Луцька;

*Горалечко Л. М.*, методист методичного кабінету відділу освіти Підволочиської селищної ради Тернопільської області;

*Кусяк Н. В.*, доцент кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка, кандидат хімічних наук

# Шановні дев'ятикласники!

На уроках хімії у 8 класі ви дізналися багато нового і цікавого про хімічні елементи та різні речовини. Вам стало відомо, що в хімії порції речовин оцінюють за кількістю атомів, молекул, йонів, які в них містяться. Читаючи підручник і виконуючи досліди, ви вивчили властивості й способи добування найважливіших неорганічних сполук — оксидів, основ, кислот, амфотерних гідроксидів, солей.

Тепер ви знаєте, як було відкрито періодичний закон — основний закон хімії, що встановлює залежність хімічного характеру елементів, властивостей їхніх простих і складних речовин від зарядів ядер атомів.

Усі речовини існують завдяки тому, що атоми, молекули, йони здатні сполучатися одне з одним. Таку взаємодію частинок називають хімічним зв'язком. Знаючи будову речовини, можна прогнозувати її властивості.

У 9 класі продовжуватиметься ваше ознайомлення з основами хімії. Ви довідаєтеся про процеси, які відбуваються у водних розчинах різних речовин, типи хімічних реакцій і особливості їх перебігу, а також про найважливіші органічні сполуки, у тому числі й ті, що містяться в рослинах, тваринах і організмі людини. Упевнені, що нові хімічні досліди будуть для вас пізнавальними і цікавими.

## *Як користуватися підручником*

Робота з підручником буде ефективнішою, якщо знати і розуміти його структуру.

На початку кожного параграфа вказано, яке значення має для вас викладений навчальний матеріал, а в кінці параграфів сформульовано висновки. Текст, відмічений зліва вертикальною кольоровою лінією, призначений для тих, хто бажає розширити й поглибити свої знання з хімії. Додаткову інформацію і цікаві факти вміщено на полях. Основні визначення виділено кольором, а нові терміни, важливі твердження і слова з

логічним наголосом — курсивом. Текст до лабораторних дослідів і практичних робіт подано на кольоровому тлі.

Після кожного параграфу наведено завдання, вправи і задачі різних типів; вони розміщені переважно за зростанням складності.

У кінці підручника містяться відповіді до деяких задач і вправ, словник основних термінів, а також предметний покажчик. Він допоможе швидко знайти сторінку підручника, на якій ідеться про певний термін, речовину, явище тощо. Крім того, для тих, хто цікавиться хімією, наведено список відповідної літератури і назви інтернет-сайтів.

Вдумлива робота з підручником допоможе вам глибше усвідомити зв'язки між складом, будовою і властивостями речовин, навчитися прогнозувати й пояснювати хімічні перетворення.

### *Підготовка і виконання хімічного експерименту*

Як і раніше, ви виконуватимете різні дослідів на уроках хімії, а також удома, отримавши дозвіл батьків.

Нагадуємо, що до практичних робіт слід готуватися заздалегідь і досить ретельно. Варіант практичної роботи і завдання, які вам потрібно виконати, вкаже вчитель.

При здійсненні хімічного експерименту дуже важливо занотувати всі дії та спостереження. Намагайтесь завжди знайти пояснення побаченому під час дослідів і зробити відповідні висновки. У 9 класі ви також повинні дотримуватися правил роботи і безпеки під час виконання хімічних дослідів.

Хімія — захоплююча наука. Ви вже переконалися, що вивчати її необхідно для того, щоб розуміти, як побудований навколишній світ, за якими законами він розвивається, щоб використовувати різні речовини, не завдаючи шкоди собі, не руйнуючи природу, а оберігаючи й примножуючи її багатства.

Бажаємо вам успіхів у навчанні.

*Автори*

# 1 розділ

## Вода. Розчини

Кожний із вас, почувши слово «розчин», передусім уявляє прозору рідину — безбарвну чи кольорову, а також згадує про воду, яка є компонентом багатьох розчинів.

Чому вода розчиняє деякі речовини? Чи існує зв'язок між здатністю речовини розчинятися та її будовою? Що відбувається при утворенні розчину? Відповіді на ці та інші запитання ви знайдете, уважно прочитавши параграфи першого розділу підручника. Дізнається і про те, які частинки містяться в розчинах основ, кислот, солей, зрозумієте суть хімічних реакцій між розчиненими речовинами.

---

# 1

## Суміші речовин. Розчини

---

Матеріал параграфа допоможе вам:

- пригадати відомості про різні види сумішей;
- з'ясувати, які розчини називають колбідними.

**Суміші речовин.** Що спільного в повітря, морської води, нафти, граніту, молока, ювелірного сплаву, зубної пасту? Це — суміші речовин.

Ви знаєте, що суміші бувають однорідними і неоднорідними.

У неоднорідній суміші можна побачити неозброєним оком чи за допомогою мікроскопа часточки або крапельки речовин, пухирці газів. Коли наливаємо у склянку газований напій чи додаємо у воду рідкий пральний засіб при інтенсивному перемішуванні, утворюється *піна*. Це — неоднорідна суміш газу і рідини. Пінопласт також є піною; основу цього матеріалу становить тверда речовина, в якій містяться бульбашки газу. Молоко, майонез, косметичні креми — неоднорідні суміші, головними компонентами яких є рідини (вода і рідкі жири), що не розчиняються одна в одній. Такі суміші називають *емульсіями*. Рідина з добре перемішаною нерозчинною й подрібненою твердою речовиною — це *суспензія*. Суспензія є суміші води з порошком крейди, борошном, глиною, деякі лікарські препарати.

► Які переваги, на ваш погляд, має пінобетон як будівельний матеріал порівняно зі «звичайним» бетоном?

**Розчини.** У будь-якій однорідній суміші рівномірно розподілені найдрібніші частинки компонентів — атоми, молекули, йони.

## Однорідні суміші речовин називають *розчинами*.

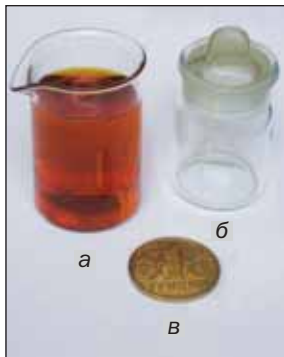
Розчини бувають не лише рідкими, а й твердими і газуватими (мал. 1).

Один із компонентів розчину називають *розчинником*, інші — *розчиненими речовинами*. За розчинник приймають речовину, яка перебуває в такому ж агрегатному стані, що й розчин.

► Назвіть розчинник і розчинену речовину в таких однорідних сумішах: а) водному розчині цукру; б) йодній настоянці; в) хлоридній кислоті.



**Мал. 1.**  
Розчини  
(однорідні  
суміші):  
а — водний  
розчин солі  
 $\text{FeCl}_3$ ;  
б — повітря  
в скляній  
посудині;  
в — сплав міді  
й алюмінію



Якщо агрегатний стан усіх речовин, що утворили розчин, однаковий, то розчинником вважають речовину, маса якої найбільша. Щодо розчинів, які містять воду, існує традиція саме її називати розчинником.

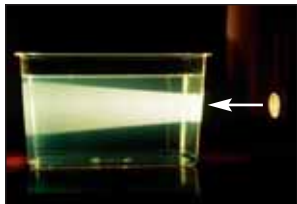
Вода розчиняє багато речовин; це — найкращий розчинник.

Розрізняють *концентровані* та *розбавлені розчини*. У розбавленому розчині міститься значно більше розчинника, ніж розчиненої речовини, а в концентрованому — навпаки.

Властивості розчину відрізняються від властивостей його компонентів. Наприклад, водний розчин кухонної солі замерзає за температури, нижчої від  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , закипає за температури, яка перевищує  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , і, на відміну від води і кристалів натрій хлориду, добре проводить електричний струм.

**Коліодні розчини.** Водні розчини крохмалю і натрій хлориду зовні нічим не відрізняються один від одного; вони безбарвні й прозорі. Однак якщо на кожний розчин спрямувати промінь світла, то його «шлях» можна побачити лише в розчині крохмалю (мал. 2). Світло розсіюють дуже великі молекули цієї речовини; кожна з них містить тисячі сполучених атомів<sup>1</sup>. Подібне явище спостерігається при проходженні сонячних променів крізь туман (мал. 3)

<sup>1</sup> Про крохмаль ітиметься в § 32.



**Мал. 2.**  
Прожонження променя  
світла крізь розчин  
крохмалю



**Мал. 3.**  
Сонячні промені  
в лісі

### Цікаво знати

Розмір  
молекули  
води —  
0,25 нм.

або запилене повітря. У першому випадку світло відбивають дрібні краплинки води, у другому — часточки пилу.

Розчини, які містять великі частинки розчинених речовин, скупчення багатьох атомів чи молекул, називають *колоїдними*, а ті, в яких перебувають найдрібніші частинки речовин — окремі атоми, молекули, йони, — *істинними*.

Розміри частинок розчинених речовин у колоїдних розчинах становлять від 1 до 100 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ), тоді як в істинних розчинах не перевищують 1 нм.

Колоїдні розчини досить стійкі; частинки розчинених речовин у них не осідають протягом тривалого часу. Одна із причин цього — наявність на їхній поверхні одноіменних електричних зарядів (тому частинки відштовхуються одна від одної і не «злипаються»). Викликати осадження частинок можна нагріванням колоїдного розчину або розчиненням у ньому будь-якої солі (наприклад, натрій хлориду).

Колоїдні розчини дуже поширені в живій природі. Серед них — кров, плазма крові, міжклітинні рідини, соки рослин тощо.

Загальна наукова назва неоднорідних сумішей і колоїдних розчинів — *дисперсні системи*.

**Значення розчинів.** Різні речовини, розчиняючись у воді річок, морів, океанів, «подоро-

жують» планетою, беруть участь у хімічних реакціях з утворенням мінералів, компонентів ґрунту. Розчини надходять у рослини через коріння і листя, а в організми тварин і людини — разом із харчовими продуктами, постачаючи необхідні елементи.

Хімічні реакції в живих організмах відбуваються лише у водних розчинах (переважно колоїдних). У процесах травлення беруть участь слина, шлунковий сік, жовч. Разом із сечею і потом з організму виводяться продукти життєдіяльності, а іноді й токсичні речовини.

Вода, яку ми п'ємо, насправді є дуже розбавленим розчином. У ній розчинені малі кількості різних речовин<sup>1</sup>, які надають воді ледь відчутного смаку. За наявності в природній воді певних речовин і йонів вона може мати лікувальні властивості, відновлювати сольовий баланс в організмі. Багато рідких ліків є водними розчинами.

Живі істоти дихають киснем, що входить до складу повітря — природного газового розчину. Якби ми дихали чистим киснем, то процеси окиснення в організмі відбувалися б дуже інтенсивно, а цього наш організм не витримав би.

Без води, водних розчинів не можуть працювати металургійні та хімічні заводи, підприємства легкої та харчової промисловості, побутового обслуговування, медичні установи.

## ВИСНОВКИ

**Суміші речовин бувають однорідними й неоднорідними. В однорідних сумішах, або розчинах, рівномірно розподілені між собою атоми, молекули чи йони речовин.**

---

<sup>1</sup> Пити лише чисту (дистильовану) воду не можна, оскільки організм не отримуватиме необхідні елементи в достатній кількості й з нього будуть «вимиватися» потрібні речовини.

Колоїдні розчини відрізняються від істинних розчинів тим, що містять дуже великі молекули або скупчення частинок розчиненої речовини.

Вода в природі розчиняє різні речовини і перерозподіляє їх на планеті. За участю водних розчинів відбуваються біологічні процеси в організмах. Розчини широко використовують у технологічних процесах, медицині, інших галузях людської діяльності.



1. Чим різняться розчини і неоднорідні суміші речовин?
2. Чи можна стверджувати, що соки полуниці, чорної смородини є розчинами і містять кілька розчинених речовин? Відповідь аргументуйте.
3. Які частинки містяться у водному розчині кухонної солі?
4. Розчин, що складається зі 100 г етилового спирту і 30 г води, один учень назвав концентрованим, а інший — розбавленим. Яку рідину кожний учень вважав розчинником?
5. У двох склянках без етикеток містяться вода і водний розчин кухонної солі. Як експериментально розрізнити ці рідини без застосування інших речовин або розчинів?
6. Які розчини називають колоїдними? Чим вони відрізняються від істинних розчинів?
7. Про що свідчить відсутність видимого шляху проходження світла крізь водні розчини глюкози, натрій гідроксиду?
8. Наведіть приклади застосування розчинів у побуті.

ДОМАШНІЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

### Виготовлення колоїдних розчинів

1. Виготовлення колоїдного розчину крохмалю<sup>1</sup>.

Помістіть у склянку 1/2 чайної ложки крохмалю, додайте 50 мл холодної води і перемішайте суміш.

---

<sup>1</sup> Колоїдний розчин можна виготовити із пшеничного або рисового борошна, змеленого гороху.

Налийте в невелику посудину приблизно 200 мл води і нагрійте до кипіння. При перемішуванні обережно вливайте в киплячу воду суміш води з крохмалем. Утворюватиметься колоїдний розчин. Тільки-но він закипить, припиніть нагрівання і залиште розчин охолоджуватися.

Спрямуйте промінь світла від ліхтарика на виготовлений розчин. Що спостерігаєте?

З'ясуйте, чи виділятиметься крохмаль із колоїдного розчину при додаванні концентрованого розчину кухонної солі. Для цього розчиніть чайну ложку солі у 50 мл води і влийте цей розчин у колоїдний розчин крохмалю. Які зміни відбуваються в рідині протягом 5—15 хв.?

## 2. Приготування киселю та ягідного желе.

Змішайте у склянці столову ложку крохмалю і 200 мл холодної води.

У посудину налейте 2 л води, закип'ятіть її, додайте ягоди і цукор (за смаком). Приблизно через 15 хв. у киплячу суміш<sup>1</sup> почніть додавати при перемішуванні суміш води з крохмалем. Прокип'ятіть приготовлений кисіль протягом 3—5 хв.

Ягідне желе готують так само, як і кисіль, але беруть більше крохмалю. Після припинення нагрівання желе одразу розливають у форми і залишають застигати при кімнатній температурі.

## 2 Будова молекули води. Поняття про водневий зв'язок

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати будову молекули води;
- зрозуміти суть водневого зв'язку.

**Будова молекули.** Хімічна формула води  $\text{H}_2\text{O}$  відома кожному з вас. Це — молекулярна

<sup>1</sup> Рідину можна відокремити від ягід.

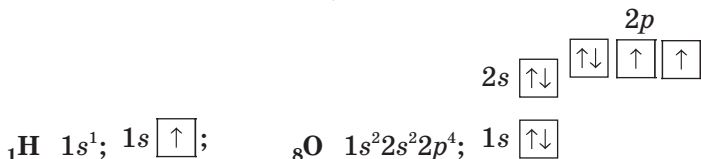
речовина. Електронна і графічна формули молекули води



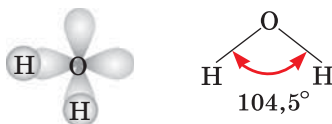
вказують на те, що два атоми Гідрогену сполучені з атомом Оксигену простим ковалентним зв'язком.

► Який зв'язок називають ковалентним? Яка особливість електронної будови атома дає змогу йому утворювати такий зв'язок з іншим атомом?

Звернемо увагу на будову атомів Гідрогену та Оксигену (їхні електронні формули ви склали у 8 класі):



Кожний зв'язок у молекулі води утворений  $s$ -електроном атома Гідрогену і  $p$ -електроном атома Оксигену. Два  $p$ -електрони атома Оксигену, які беруть участь у цих зв'язках, є неспареними й перебувають у різних орбіталах. Оскільки  $p$ -орбіталі зорієнтовані перпендикулярно одна до одної, то молекула води має кутову будову<sup>1</sup>. Щоправда, кут між прямими, що з'єднують центри атомів Гідрогену й Оксигену, становить не  $90^\circ$ , а  $104,5^\circ$ :



На малюнку 4 зображено дві моделі молекули води. У кулестержневій моделі стержні імітують ковалентний зв'язок між атомами

<sup>1</sup> Таке пояснення будови молекули води є спрощеним.

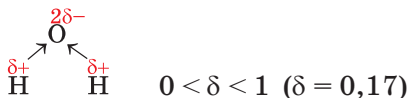
**Мал. 4.**

Моделі молекули води:  
 а — куле-стержнева;  
 б — масштабна.  
 Білі кульки — атоми Гідрогену,  
 червоні — атоми Оксигену



Гідрогену та Оксигену, а в масштабній моделі дотримано співвідношення розмірів цих атомів і молекули води.

Оскільки Оксиген електронегативніший за Гідроген, спільні електронні пари в молекулі води зміщені від атомів Гідрогену до атома Оксигену; зв'язок О–Н є полярним. На атомі Оксигену зосереджений невеликий негативний заряд, а на кожному з двох атомів Гідрогену — позитивний:



Молекула води з боку атома Оксигену заряджена негативно, а з протилежного боку, де перебувають атоми Гідрогену, — позитивно. Таку молекулу називають полярною; вона є диполем<sup>1</sup>, тобто має два різнойменно заряджені полюси. Її умовно зображають еліпсом зі вписаними знаками «+» і «-» без зазначення величин зарядів:



Полярність молекули води істотно впливає на властивості цієї речовини.

**Водневий зв'язок.** Молекули-диполі води можуть притягуватися одна до одної, а саме атом  $\delta^+$  Н однієї молекули — до атома  $2\delta^-$  О іншої. Крім того, до позитивно зарядженого атома Гідрогену притягуються також «неподілені» електронні пари атома Оксигену іншої молекули води.

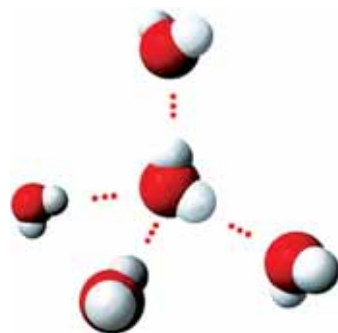
<sup>1</sup> Термін походить від грецького префікса di(s) — двічі і слова polos — полюс.

## Електростатичну взаємодію між молекулами за участю атомів Гідрогену називають *водневим зв'язком*.

Водневий зв'язок прийнято позначати трьома крапками:  $\text{H} \cdots \text{O}$ . Цей зв'язок значно слабший за ковалентний. Обов'язкова умова його утворення — наявність у молекулі атома Гідрогену, сполученого з атомом більш електронегативного елемента (Флуору, Оксигену, Нітрогену).

Водневі зв'язки існують у воді, неорганічних кислотах, етиловому спирті (§ 26), гліцерині (§ 27), оцтовій кислоті (§ 28), білках, а також між молекулами цих речовин і води в розчинах. Щомиті частина водневих зв'язків руйнується, але водночас утворюються нові зв'язки.

У воді кожна молекула сполучена водневими зв'язками із чотирма іншими молекулами (мал. 5); цим зумовлена характерна форма сніжинок (мал. 6).



**Мал. 5.**  
Водневі зв'язки  
між молекулами води



**Мал. 6.**  
Сніжинка

### ВИСНОВКИ

Молекула води містить ковалентні полярні зв'язки  $\text{O}-\text{H}$ , має кутову форму і є полярною. На кожному атомі Гідрогену молекули води зосе-



реджений невеликий позитивний заряд, а на атомі Оксигену — невеликий негативний заряд.

Молекули води притягуються одна до одної внаслідок електростатичної взаємодії між атомами Гідрогену й Оксигену різних молекул. Таку взаємодію називають водневим зв'язком. Водневі зв'язки також існують у кислотах, деяких органічних сполуках.



9. Поясніть, чому молекула води має кутову форму.
10. Які відмінності між кулестержневою і масштабною моделями молекули?
11. Що таке водневий зв'язок? Завдяки чому він утворюється між частинками?
12. Обчисліть кількість атомів Гідрогену й атомів Оксигену в 1 мг води.
13. Дейтерій D — природний нуклід Гідрогену. Ядро атома цього нукліда складається з одного протона й одного нейтрона. Знайдіть масову частку Дейтерію у так званій важкій воді D<sub>2</sub>O.
14. Обчисліть масу молекули H<sub>2</sub>O у грамах.
15. Молекули яких сполук мають електронні формули, що є подібними до електронної формули молекули води?

---

## 3 Утворення розчину

---

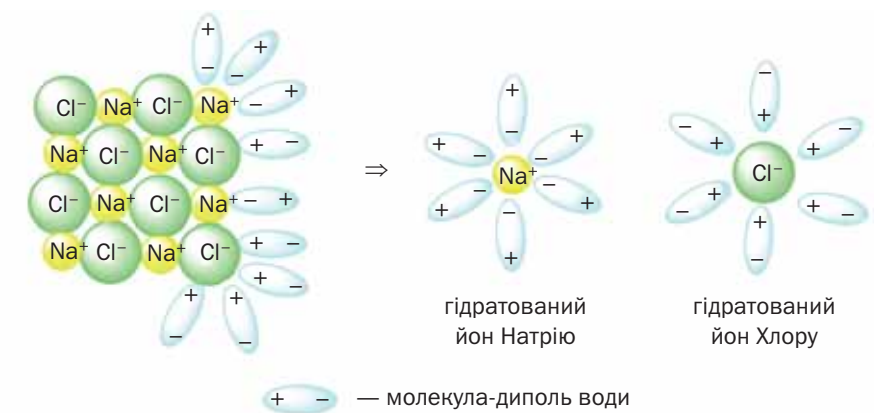
**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- зрозуміти, що відбувається при утворенні розчину;
- пояснювати теплові ефекти, які спостерігаються під час розчинення речовин.

**Утворення розчину.** Процес утворення розчину є складним; крім фізичних явищ, він часто включає й хімічні.

Розглянемо, як відбувається розчинення у воді *йонної речовини*. При потраплянні

кристала речовини у воду молекули води притягуються своїми протилежно зарядженими частинами до кожного йона, розміщеного на поверхні кристала (мал. 7). Якщо сили такої взаємодії переважають над силами притягання між катіонами й аніонами в кристалі, йони поступово відокремлюються один від одного й переходять у воду. Кристал розчиняється. У розчині, що утворився, містяться йони розчиненої речовини, сполучені з молекулами води. Такі частинки називають *гідратованими*<sup>1</sup>.



**Мал. 7.**  
Розчинення  
йонного  
кристала  
у воді

► Зобразіть у зошиті гідратовані катіон Барію і гідроксид-іон.

Утворення гідратованих йонів зумовлює існування кристалогідратів (§ 4).

Розчинення *молекулярних речовин* у воді може відбуватися по-різному. Якщо, наприклад, молекули кисню, спирту, цукру, потрапляючи у воду, не зазнають змін, то молекули хлороводню, сульфатної кислоти розпадаються на йони (§ 7). Розчинення вуглекислого газу у воді супроводжується хімічною реакцією —

<sup>1</sup> Розчинення натрій хлориду у воді можна проілюструвати схемою  $\text{NaCl} + (m + n)\text{H}_2\text{O} = \text{Na}^+ \cdot m\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

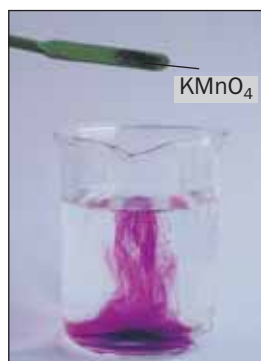
утворенням карбонатної кислоти. Щоправда, з водою реагує лише незначна частина карбон(IV) оксиду.

Процес утворення водного розчину можна поділити на три стадії:

1. Взаємодія частинок речовини і молекул води.

2. Відокремлення частинок речовини (молекул, йонів) одна від одної під впливом молекул води.

3. Дифузія речовини і води, тобто проникнення частинок однієї речовини між частинками іншої (мал. 8).



**Мал. 8.**  
Дифузія забарвлених йонів  $MnO_4^-$  у воді при розчиненні калій перманганату

При розчиненні газу у воді другої стадії немає.

Для того щоб тверда речовина розчинялася швидше, її подрібнюють, збільшуючи в такий спосіб поверхню контакту частинок речовини з розчинником. Крім того, розчинення здійснюють при перемішуванні, а іноді й при нагріванні.

**Тепловий ефект при розчиненні.** Утворення розчину супроводжується виділенням або поглинанням теплоти.

Виникнення теплового ефекту під час розчинення можна пояснити так. Взаємодія частинок речовини і молекул води (перша стадія розчинення) відбувається з виділенням теплоти. Роз'єднання молекул або йонів

речовини (друга стадія розчинення) потребує витрати енергії; при цьому теплота поглинається. Якщо на першій стадії розчинення виділяється більше теплоти, ніж поглинається на другій стадії, то розчин розігрівається, а якщо навпаки — розчин охолоджується.

Змішавши спирт або сульфатну кислоту з водою, ми виявляємо розігрівання розчину (у другому випадку — досить сильне). Причина полягає в тому, що на другій стадії розчинення цих речовин поглинається мало теплоти, оскільки молекули спирту або кислоти притягуються одна до одної дуже слабо.

*Розбавлений розчин сульфатної кислоти готують так. Концентрований розчин кислоти доливають у воду (мал. 9), причому повільно, невеликими порціями, постійно перемішуючи й охолоджуючи посудину водопровідною водою. Якщо ж додавати воду в концентровану кислоту, то утворюваний розчин може навіть закипіти, а бризки кислоти — потрапити на шкіру й спричинити сильні опіки.*

**Мал. 9.**  
Приготування розбавленого розчину сульфатної кислоти



Іноді при утворенні розчину виявити тепловий ефект не вдається (наприклад, при розчиненні кухонної солі у воді). Насправді він є, але незначний.

## ВИСНОВКИ

Утворення розчину — складний фізико-хімічний процес. Він складається з кількох стадій, під час яких відбувається взаємодія молекул води з речовиною, відокремлення частинок речовини (молекул, йонів) одна від одної та перехід їх у розчинник.

При руйнуванні кристала речовини, яка розчиняється, теплота поглинається, а при гідратації йонів або молекул речовини теплота виділяється.



16. Опишіть явища, які відбуваються при розчиненні речовини у воді.
17. Чим різняться процеси розчинення цукру у воді та цинку в хлоридній кислоті?
18. У якому випадку при розчиненні речовини відбувається:
  - а) виділення теплоти;
  - б) поглинання теплоти?
19. Чи має залежати тепловий ефект розчинення речовини від її агрегатного стану? Відповідь аргументуйте.
20. Як можна досягти швидкого розчинення твердої речовини в рідкому розчиннику?
21. Чому, на вашу думку, під час утворення водного розчину натрій нітрату температура рідини знижується, а при розчиненні натрій гідроксиду — підвищується?

---

## 4 Кристалогідрати

---

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- з'ясувати, які сполуки називають кристалогідратами;
- розв'язувати задачі, в яких ідеться про кристалогідрати або їхні розчини.

Вода може не лише розчиняти речовини, а й реагувати з ними. Під час взаємодії води

з деякими солями утворюються сполуки (також — солі), які, крім відповідних катіонів і аніонів, містять молекули води. Це можна підтвердити за допомогою експерименту. Якщо до білого порошку купрум(II) сульфату додавати воду, то тверда речовина набуватиме блакитного кольору (мал. 10) і згодом розчиниться. При нагріванні добутого розчину вода випаровуватиметься і через якийсь час у рідині з'являться дрібні блакитні кристали.

**Мал. 10.**  
Взаємодія  
солі  $\text{CuSO}_4$   
з водою

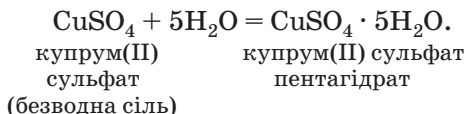


У цьому досліді купрум(II) сульфат перетворюється на нову речовину. Її формула —  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (читається: купрум-ес-о-чотирина-п'ять-аш-два-о). Тривіальна назва сполуки — мідний купорос<sup>1</sup>, а хімічна — купрум(II) сульфат пентагідрат. У назвах таких речовин до слова «гідрат» додають префікс, що походить від грецьких числівників: моно- (1), ди- (2), три- (3), тетра- (4), пента- (5), гекса- (6), гепта- (7), окта- (8), нона- (9)<sup>2</sup>, дека- (10) і т. д. Крапка в хімічній формулі означає, що мідний купорос — це сполука купрум(II) сульфату і води, а не суміш цих речовин чи водний розчин купрум(II) сульфату. У сполуці на кожну пару йонів —  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  — припадає 5 молекул води.

<sup>1</sup> Сполуку використовують у сільському господарстві для боротьби зі шкідниками та хворобами рослин.

<sup>2</sup> Цей префікс походить від латинської назви числа.

Рівняння реакції утворення мідного купоросу:



**Кристалічні речовини, що містять у своєму складі молекули води, називають кристалогідратами.**

Кристалогідрат  
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Відомо багато кристалогідратів. Серед них — гіпс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (мал. 11), залізний купорос  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , гірка сіль  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , кристалічна сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

► Дайте хімічні назви цим кристалогідратам.



**Мал. 11.**  
Природні кристали гіпсу

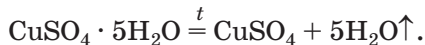
Воду, яка входить до складу кристалогідратів, називають *кристалізаційною*.

Часто кристалогідрати і відповідні безводні сполуки мають різне забарвлення (мал. 12).



**Мал. 12.**  
Деякі кристалогідрати і безводні солі

При нагріванні кристалогідрати розкладаються з виділенням води:

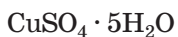


**Розв'язування задач.** Чимало солей, які виготовляють на хімічних заводах і постачають у хімічні лабораторії, є кристалогідратами. Тому серед реактивів, що зберігаються в шкільному хімічному кабінеті, ви не знайдете безводних барій хлориду, магній сульфату, алюміній нітрату та багатьох інших розчинних солей. На етикетках упаковок з речовинами побачите формули  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ .

Кристалогідрати використовують для приготування розчинів, здійснення хімічних реакцій. Попередньо проводять розрахунки, за якими визначають масу або кількість речовини кристалогідрату, що відповідають певній масі або кількості речовини безводної сполуки.

**ЗАДАЧА 1. Знайти масову частку води в мідному купоросі.**

**Дано:**



$w(\text{H}_2\text{O})$  — ?

**Розв'язання**

*1-й спосіб*

1. Обчислюємо молярну масу мідного купоросу:

$$\begin{aligned} M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) &= M(\text{CuSO}_4) + 5M(\text{H}_2\text{O}) = \\ &= 160 + 5 \cdot 18 = 160 + 90 = 250 \text{ (г/моль)}. \end{aligned}$$

2. Складаємо пропорцію і знаходимо масову частку води в кристалогідраті:

250 г (маса 1 моль  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) — 1 (або 100 %),  
90 г (маса 5 моль води) —  $x$ ;

$$x = w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{90 \cdot 1}{250} = 0,36, \text{ або } 36 \%.$$

*2-й спосіб*

Обчисливши молярну масу мідного купоросу (див. спосіб 1, п. 1), знаходимо масову частку води в кристалогідраті за відповідною формулою:



$$w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{5M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} =$$

$$= \frac{90}{250} = 0,36, \text{ або } 36 \%.$$

**Відповідь:**  $w(\text{H}_2\text{O}) = 0,36$ , або 36 %.

**ЗАДАЧА 2.** Які маси кристалізаційної води та безводної солі містяться у 25 г мідного купоросу?

**Дано:**

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 25 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) \text{ — ?}$$

$$m(\text{CuSO}_4) \text{ — ?}$$

**Розв'язання**

*1-й спосіб*

1. Обчисливши молярну масу мідного купоросу (див. задачу 1), знаходимо масу кристалізаційної води:

$$\begin{aligned} \text{у } 250 \text{ г } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \text{ міститься } 90 \text{ г } \text{H}_2\text{O}, \\ \text{у } 25 \text{ г } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \quad \text{—} \quad x \text{ г } \text{H}_2\text{O}; \end{aligned}$$

$$x = m(\text{H}_2\text{O}) = 9 \text{ г}.$$

2. Розраховуємо масу безводної солі:

$$\begin{aligned} m(\text{CuSO}_4) &= m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) - m(\text{H}_2\text{O}) = \\ &= 25 - 9 = 16 \text{ (г)}. \end{aligned}$$

*2-й спосіб*

1. Обчислюємо кількість речовини кристалогідрату:

$$\begin{aligned} n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) &= \\ &= \frac{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{25}{250} = 0,1 \text{ (моль)}. \end{aligned}$$

2. Знаходимо кількість речовини кристалізаційної води в 0,1 моль кристалогідрату:

$$\begin{aligned} n(\text{H}_2\text{O}) &= 5 \cdot n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \\ &= 5 \cdot 0,1 = 0,5 \text{ (моль)}. \end{aligned}$$

3. Розраховуємо масу кристалізаційної води:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 0,5 \cdot 18 = 9 \text{ (г)}.$$

4. Обчислюємо масу безводної солі:

$$\begin{aligned} m(\text{CuSO}_4) &= m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) - m(\text{H}_2\text{O}) = \\ &= 25 - 9 = 16 \text{ (г)}. \end{aligned}$$

**Відповідь:**  $m(\text{H}_2\text{O}) = 9 \text{ г}$ ;  $m(\text{CuSO}_4) = 16 \text{ г}$ .

**ЗАДАЧА 3.** Яку масу мідного купоросу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  і води необхідно взяти для приготування 200 г розчину з масовою часткою купрум(II) сульфату 5 %?

**Дано:**

$$m(\text{р-ну}) = 200 \text{ г}$$
$$w(\text{CuSO}_4) = 5 \%$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = ?$$
$$m(\text{води}) = ?$$

**Розв'язання**

1. Обчислюємо масу купрум(II) сульфату, що міститиметься в 200 г 5 %-го розчину:

$$m(\text{CuSO}_4) = w(\text{CuSO}_4) \cdot m(\text{р-ну}) =$$
$$= 0,05 \cdot 200 \text{ г} = 10 \text{ г.}$$

2. Знаходимо масу мідного купоросу, в якій міститься 10 г  $\text{CuSO}_4$ :

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль};$$

у 250 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  міститься 160 г  $\text{CuSO}_4$ ,  
в  $x$  г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  — 10 г  $\text{CuSO}_4$ ;

$$x = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{250 \text{ г} \cdot 10 \text{ г}}{160 \text{ г}} = 15,6 \text{ г.}$$

3. Розраховуємо масу води:

$$m(\text{води}) = m(\text{р-ну}) - m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) =$$
$$= 200 \text{ г} - 15,6 \text{ г} = 184,4 \text{ г.}$$

**Відповідь:**  $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 15,6 \text{ г};$   
 $m(\text{води}) = 184,4 \text{ г.}$

## ВИСНОВКИ

Кристалічні речовини, що містять у своєму складі молекули води, називають кристалогідратами. При нагріванні вони розкладаються з утворенням безводних сполук.

Перед використанням кристалогідрату для виготовлення розчину або здійснення хімічної реакції обчислюють масу кристалогідрату, в якій міститься певна маса безводної сполуки.



22. Що таке кристалогідрат? Наведіть приклади таких сполук.
23. Запишіть формулу кристалогідрату, формульна одиниця якого складається з одного йона  $\text{Be}^{2+}$ , двох йонів  $\text{Cl}^-$  та чотирьох молекул води.

24. Виконайте обчислення для кристалогідрату  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  і заповніть таблицю:

$M(\text{CuCl}_2)$	$2M(\text{H}_2\text{O})$	$M(\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$	$w(\text{CuCl}_2)$	$w(\text{H}_2\text{O})$

25. Яка маса барій гідроксиду міститься в його кристалогідраті масою 6,3 г? Візьміть до уваги, що у формульній одиниці цього кристалогідрату — вісім молекул води.
26. Кристалічна сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  при нагріванні розкладається на кальциновану соду  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і водяну пару. Яка маса кристалічної соди розклалася, якщо маса твердої речовини в результаті реакції зменшилася на 9 г?
27. Кристалогідрат  $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  масою 16 г розчинили у 94 г води. Обчисліть масову частку літій сульфату  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  у виготовленому розчині.
28. Як із 5 г мідного купоросу приготувати розчин, у якому масова частка купрум(II) сульфату становить 8 %?
29. У якій масі води необхідно розчинити 14,6 г сполуки  $\text{MgBr}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , щоб утворився розчин із масовою часткою безводної солі 10 %?
30. Яку масу кристалогідрату  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  потрібно розчинити в 1 л води, щоб приготувати 20 %-й розчин безводної солі?
31. Обчисліть масу кристалогідрату  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , яку необхідно взяти для добування 5,35 г ферум(III) гідроксиду.

# 5

## Розчинність речовин

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

- зрозуміти зміст виразу «розчинність речовини»;
- з'ясувати, від яких чинників залежить розчинність різних речовин у воді.

**Розчинність.** Характеризуючи фізичні властивості будь-якої речовини, зазвичай вказують, чи розчиняється вона у воді, спирті, інших розчинниках.

**Здатність речовини утворювати з іншою речовиною розчин називають *розчинністю*.**

Сульфатна і нітратна кислоти, етиловий спирт, ацетон змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях з утворенням розчину. Ці речовини мають необмежену розчинність у воді. Однак для багатьох інших речовин існує межа розчинення.

Розчин, у якому за даних умов речовина більше не розчиняється, називають *насиченим* (мал. 13), а той, у якому ще можна розчинити певну порцію речовини, — *ненасиченим*.

**Мал. 13.**  
Насичений розчин калій бромату  $\text{KBrO}_3$  (над кристалами солі)



Розчинність більшості речовин можна оцінити кількісно. Для цього вказують максимальну масу речовини, яка може розчинитися в 100 г розчинника за певної температури<sup>1</sup>. Відповідну фізичну величину прийнято позначати латинською літерою *S* (перша літера в латинському слові *solvere* — розчиняти).

Відомості про розчинність багатьох сполук у воді наведено в таблиці, розміщеній на форзаці II.

*Речовин, абсолютно нерозчинних у воді, не існує. Якщо в срібну посудину налити води, то надзвичайно мала, непомітна кількість металу із часом розчиниться. Отримана «срібна» вода має антимікробні властивості й, на відміну від звичайної, може зберігатися протягом тривалого часу.*

<sup>1</sup> Для газу звичайно вказують його максимальний об'єм, який розчиняється в 100 г або 1 л розчинника за певних температури й тиску.

Здатність речовини розчинятися у воді залежить від будови речовини, тобто від типу частинок, з яких вона складається, а також від зовнішніх умов — температури, тиску.

**Залежність розчинності речовин від їхньої будови.** Багато йонних речовин добре розчиняється у воді. Таку властивість мають і речовини, які, подібно до води, складаються з полярних молекул, зокрема сполуки галогенів з Гідрогеном —  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ . Речовини з неполярними молекулами, наприклад азот  $\text{N}_2$ , кисень  $\text{O}_2$ , метан  $\text{CH}_4$ , мають незначну розчинність у воді або нерозчинні в ній. Із часів алхіміків існує правило: *подібне розчиняється в подібному*. Це правило використовують і нині, хоча воно має численні винятки.

**Залежність розчинності речовин від температури.** Вплив температури на розчинність речовини здебільшого визначається її агрегатним станом.

Якщо у склянку налити холодної водопровідної води й залишити її в теплому місці, то через деякий час на стінках посудини з'являться пухирці повітря, яке було розчинене у воді (мал. 14). У теплій воді розчинність газів менша, і «зайве» повітря виділяється з неї.

## Розчинність газів у воді з підвищенням температури зменшується.



**Мал. 14.**  
Виділення пухирців розчиненого повітря з нагрітої водопровідної води

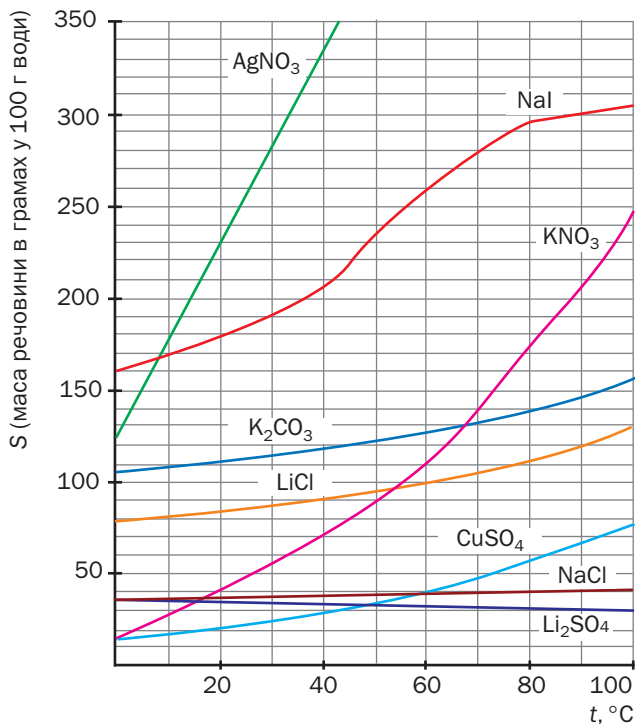
Залежність розчинності твердих речовин у воді від температури зазвичай є протилежною.

## Розчинність більшості твердих речовин у воді з підвищенням температури зростає.

Натрій гідроксид, магній нітрат, лимонна кислота і багато інших сполук краще розчиняються в гарячій воді, ніж у холодній. Наприклад, в 1 л води за температури 20 °С розчиняється приблизно 2 кг цукру, а за температури 80 °С — 3,6 кг.

Деякі сполуки, зокрема кальцій гідроксид  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , кальцій сульфат  $\text{CaSO}_4$ , літій сульфат  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ , при нагріванні зменшують свою розчинність у воді.

Залежність розчинності речовини від температури часто подають графічно — у вигляді *кривої розчинності* (мал. 15). На горизонталь-



**Мал. 15.**  
Криві розчинності деяких солей у воді

ній осі такого графіка позначають температуру, а на вертикальній — розчинність, тобто максимальну масу речовини, яка розчиняється за певної температури в 100 г води. Точки на кривій розчинності відповідають складу насичених розчинів, а ділянка під кривою — ненасиченим розчином.

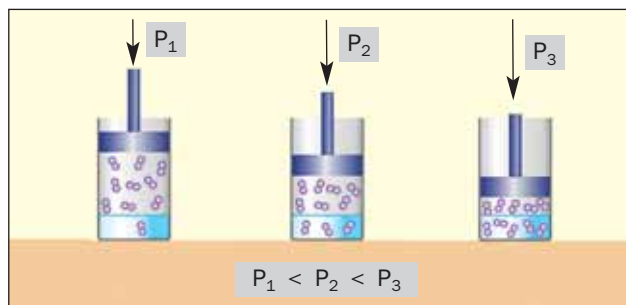
Згідно з кривими, наведеними на малюнку 15, у 100 г води за температури 90 °С розчиняється, наприклад, 300 г натрій йодиду, 120 г літій хлориду.

► Скориставшись малюнком 15, визначте розчинність калій нітрату у воді за температури 60 °С.

**Залежність розчинності газів від тиску.** Якщо відкрити пляшку з газованим напоєм, то вуглекислий газ, який був розчинений у рідині за підвищеного тиску, швидко з неї виділятиметься; рідина спіниться. Причина в тому, що розчин потрапляє в умови звичайного тиску, за якого розчинність газу менша.

## Розчинність газів у воді з підвищенням тиску збільшується.

Розчинність більшості газів у воді прямо пропорційна тиску; відповідний графік є прямою лінією. Якщо тиск збільшити в декілька разів, то розчинність газу у воді зросте в стільки ж разів (мал. 16).



**Мал. 16.**  
Вплив тиску  
на розчинність  
газу у воді

На розчинність у воді твердих і рідких речовин тиск не впливає.

## ВИСНОВКИ

Здатність речовини утворювати з іншою речовиною розчин називають розчинністю.

Більшість речовин має обмежену розчинність у воді. Її виражають максимальною масою речовини, яка може розчинитися за певної температури (для газів — ще й за певного тиску) у 100 г води. Розчин, у якому міститься максимально можлива кількість розчиненої речовини, називають насиченим.

Розчинність більшості твердих речовин у воді з підвищенням температури зростає, а від тиску не залежить. Гази збільшують розчинність у воді зі зниженням температури й підвищенням тиску.



32. Що розуміють під розчинністю речовини? Від яких чинників залежить розчинність речовин у воді?
33. Після поступового додавання у воду кількох порцій розчинної кристалічної речовини і тривалого перемішування утворилася неоднорідна суміш. Що являє собою рідина над кристалами речовини? Як перетворити цю суміш на однорідну, тобто на розчин?
34. Запропонуйте експеримент, за допомогою якого можна розрізнити насичений і ненасичений розчини натрій хлориду.
35. З огляду на будову речовин оцініть здатність сірки, графіту, калій нітрату, гелію, гідроген броміду розчинятися у воді.
36. Визначте розчинність калій карбонату у воді за температури 70 °С, скориставшись кривою розчинності сполуки (мал. 15).
37. У 10 мл води при 20 °С розчинили 20 г аргентум нітрату. Який розчин було приготовлено — розбавлений чи концентрований, насичений чи ненасичений? Для відповіді скористайтеся кривою розчинності сполуки (мал. 15).
38. У 100 г води за нормальних умов розчиняється 2,8 мг азоту. Який максимальний об'єм газу можна розчинити за цих умов в 1 л води?



для допитливих

### **Вода — найкращий розчинник для солей**

Якщо до концентрованого водного розчину кухонної солі повільно додавати спирт, постійно перемішуючи рідину, то через деякий час побачимо появу дрібних кристаликів натрій хлориду, які осідають на дно посудини. Ця сіль має меншу розчинність у водно-спиртових сумішах, ніж у воді, а в 100 г чистого спирту при 25 °С розчиняється лише 0,065 г натрій хлориду.

Подібне явище можна спостерігати для багатьох інших хлоридів, а також нітратів, сульфатів. Майже всі солі, які добре розчиняються у воді, мають дуже малу розчинність у спирті, а в бензині, гасі вони нерозчинні. Серед небагатьох винятків — ртутній(II) хлорид  $\text{HgCl}_2$ ; розчинність цієї солі у спирті в кілька разів вища, ніж у воді за тієї самої температури.

ПОЗАУРОЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

### **Вирощування кристалів мідного купоросу<sup>1</sup>**

Приготуйте насичений розчин мідного купоросу. Для цього насипте в хімічну склянку приблизно 20 г цієї речовини і доливайте невеликими порціями, постійно перемішуючи, гарячу воду до розчинення кристалів. У разі потреби гарячий розчин профільтруйте. Накрийте посудину аркушем паперу і залиште розчин охолоджуватися до кімнатної температури.

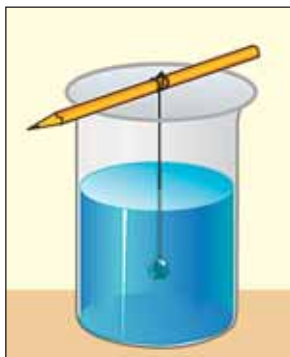
Наступного дня ви побачите на дні посудини кристали; над ними буде насичений розчин. Дістаньте пластмасовим пінцетом кристал правильної форми, без дефектів, і покладіть його на папір. Злийте насичений розчин із кристалів, що залишилися, в іншу посудину та обережно покладіть на її дно відібраний кристал. Його можна підвісити на тонкій нитці (мал. 17). Посудину нічим не накривайте і залиште на кілька днів.

Вода поступово випаровуватиметься з насиченого розчину, на дні посудини утворяться нові кристали речовини й виросте той, який помістили в розчин. Видаляючи дрібні кристали й перевертаючи відібраний на різні грані для рівномірного росту (робіть це з інтерва-

<sup>1</sup> Можна також вирощувати кристали алюмокалієвого галуну  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

лом у кілька днів), можна виростити красивий кристал завбільшки в кілька сантиметрів. Час від часу доливайте в посудину нові порції холодного насиченого розчину сполуки.

Якщо дрібні кристали з посудини не видаляти, утворяться друзи — групи кристалів, що зрослися один з одним (мал. 18).



**Мал. 17.**  
Вирощування кристала  
мідного купоросу  
з насиченого розчину  
купрум(II) сульфату



**Мал. 18.**  
Друзи кристалів солей

## 6 Електроліти та неелектроліти

Матеріал параграфу допоможе вам:

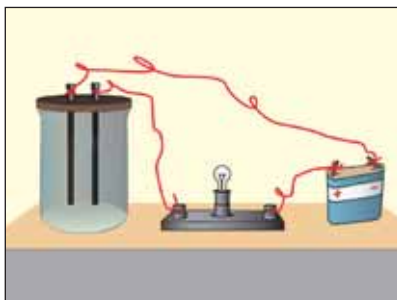
- зрозуміти, чому розчини і розплави деяких речовин проводять електричний струм;
- розрізнати електроліти і неелектроліти;
- дізнатися про те, як можна виявити йони в розчині.

Загальновідомо, що метали проводять електричний струм. Така властивість зумовлена наявністю в металах електронів, які не утри-

муються атомами і вільно переміщуються в речовині. Якщо з'єднати металеву дrottину або пластину з батарейкою (акумулятором), то ці електрони починають рухатися до позитивно зарядженого полюса батарейки, й виникає електричний струм.

Солі, основи, основні та амфотерні оксиди містять заряджені частинки іншого типу — йони. З'ясуємо за допомогою фізичного експерименту, чи здатні речовини йонної будови проводити електричний струм. Зберемо прилад, який складається зі склянки, двох електродів<sup>1</sup>, лампочки і батарейки (мал. 19).

**Мал. 19.**  
Прилад для дослідження електропровідності речовин, розчинів, розплавів



Будемо занурювати електроди у тверді речовини, їхні розплави, водні розчини. Виявимо, що лампочка горітиме лише тоді, коли електроди перебувають у рідині — розплаві або розчині йонної речовини (мал. 20).

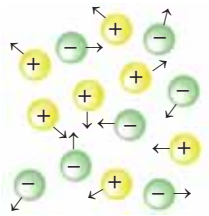
**Мал. 20.**  
Виявлення здатності водних розчинів і води проводити електричний струм



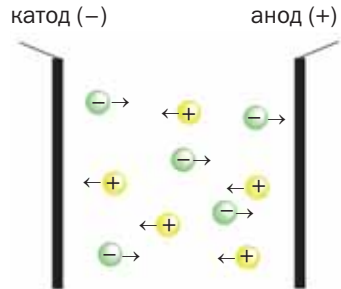
<sup>1</sup> Електродом може слугувати стержень або пластина з електропровідного матеріалу — металу або графіту.

Пояснимо результати дослідів.

У твердій речовині йони сполучені один з одним, тому речовина не проводить електричний струм. У рідині (розплаві, розчині) йони рухаються хаотично (мал. 21). Якщо в неї занурити електроди, з'єднані із джерелом постійного струму, рух йонів стає спрямованим. Позитивно заряджені йони (катіони) прямуватимуть до негативно зарядженого електрода (катода), а негативно заряджені (аніони) — до позитивно зарядженого електрода (анода) (мал. 22).



**Мал. 21.**  
Хаотичний рух йонів  
у розплаві  
або розчині



**Мал. 22.**  
Спрямований рух  
йонів до електродів  
у розплаві або розчині

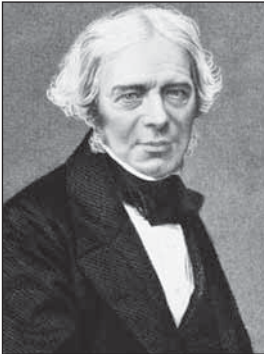
Електропровідними є не лише розплави і водні розчини йонних речовин, а й водні розчини деяких молекулярних речовин — кислот. Причина полягає в тому, що під час розчинення кислоти у воді частина її молекул руйнується з утворенням йонів. Цей процес розглядати-мо в наступному параграфі.

**Сполуки, водні розчини і розплави яких проводять електричний струм, називають *електролітами*<sup>1</sup>.**

Загальна назва речовин, розчини і розплави яких не проводять струму, — *неелектроліти*.

<sup>1</sup> Термін походить від грецького слова *lytos* — той, що розкладається.

**Майкл Фарадей**  
(1791—1867)



*Видатний англійський фізик і хімік, член Лондонського королівського товариства (Англійської академії наук), почесний член Петербурзької академії наук. Відкрив закони, що встановлюють залежність між кількістю електрики і масами речовин, які розкладаються або утворюються за дії електричного струму (1833—1834). Удосконалив спосіб скраплення газів і добув у рідкому стані хлор, сірководень, амоніак, нітроген(IV) оксид. Одним із перших розпочав вивчати реакції, які відбуваються за наявності каталізаторів. Здійснив фундаментальні дослідження з електрики, магнетизму, зробив чимало відкриттів у фізиці. Не мав вищої освіти.*

**Електроліти**  
(у водному розчині):  
**солі, луги, кислоти**

**Електроліти**  
(у розплавленому стані):  
**солі, луги, йонні оксиди**

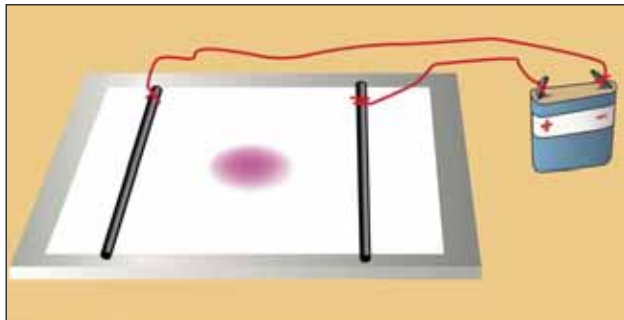
До них належать багато молекулярних речовин, а також речовини атомної будови.

Значний внесок у дослідження електропровідності водних розчинів зробив на початку XIX ст. англійський учений Майкл Фарадей.

Рух йонів у розчині можна виявити за допомогою простого досліду. На скляну або полімерну пластину кладуть аркуш фільтрувального паперу і змочують його безбарвним розчином електроліту (наприклад, натрій хлориду). Потім у центр аркуша наносять кілька крапель розчину солі, що містить забарвлені катіони (купрум(II) сульфату  $\text{CuSO}_4$ , нікель(II) сульфату  $\text{NiSO}_4$ , ферум(III) хлориду  $\text{FeCl}_3$ ) або аніони (калій перманганату  $\text{KMnO}_4$ , калій дихромату  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). На папір по обидва боки від центра кладуть два електроди і з'єднують їх дротинками з батарейкою (мал. 23). Кольорова пляма починає зміщуватися до одного з електродів.

► До якого електрода — позитивно чи негативно зарядженого — рухатимуться катіони  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , аніони  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ?

**Мал. 23.**  
Дослід із  
виявлення руху  
забарвлених  
йонів  
у розчині  
до електродів



## ВИСНОВКИ

Сполуки, водні розчини і розплави яких проводять електричний струм, називають електролітами. До електролітів належать усі йонні речовини — луги, солі, основні й амфотерні оксиди, а також частина молекулярних речовин — кислоти (вони проводять струм лише у водному розчині). Інші речовини є неелектролітами.



39. Які речовини проводять електричний струм у твердому стані? Назвіть частинки, що зумовлюють електропровідність цих речовин.
40. Які речовини називають електролітами? Наведіть кілька прикладів.
41. Поясніть, чому водний розчин натрій хлориду проводить електричний струм.
42. Водопровідна вода, на відміну від дистильованої, проводить електричний струм. Як це пояснити?
43. Електропровідність якої води вища — морської чи річкової? Чому?
44. Назвіть класи сполук, що є електролітами:
  - а) лише у водних розчинах;
  - б) у водних розчинах і в рідкому (розплавленому) стані.
45. У переліку речовин укажіть ті, що проводять електричний струм у рідкому (розплавленому) стані: барій оксид, сірка, хлороводень, магній хлорид, калій гідроксид, сульфур(VI) оксид. Поясніть свій вибір.
46. Обчисліть сумарну кількість йонів:
  - а) у 20,0 г літій оксиду;
  - б) в 11,7 г натрій хлориду;
  - в) у 20,4 г алюміній оксиду;
  - г) у 41,0 г кальцій нітрату.

# 7 Електролітична дисоціація

Матеріал параграфа допоможе вам:

- довідатись, який процес називають електролітичною дисоціацією;
- зрозуміти, як утворюються йони в розчинах кислот;
- з'ясувати причину зміни забарвлення індикаторів у водних розчинах кислот і лугів;
- дізнатися про ступінчасту дисоціацію деяких кислот.

Здатність розчинів чи розплавів деяких речовин проводити електричний струм зумовлена наявністю йонів у цих рідинах.

**Розпад речовини на йони під час її розчинення або плавлення називають *електролітичною дисоціацією*<sup>1</sup>.**

Теорію електролітичної дисоціації речовин у розчинах створив шведський учений Сванте Август Арреніус у 1887 році.

Ви вже знаєте, що речовини, які розпадаються у розчині чи розплаві на йони, називають електролітами. Серед них є сполуки йонної та молекулярної будови.

**Електролітична дисоціація йонних речовин.** Про суть процесу розчинення йонної речовини у воді йшлося в § 3. Молекули води завдяки електростатичній взаємодії з йонами, розміщеними на поверхні кристалів, поступово вилучають їх із речовини (мал. 7). Кристали руйнуються, речовина розчиняється. Залишаючись сполученими з молекулами води, катіони й аніони електроліту разом з іншими молекулами води утворюють розчин.

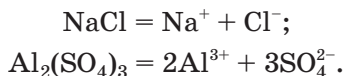
<sup>1</sup> Термін походить від латинського слова dissociatio — роз'єднання.

**Сванте-Август Арреніус**  
(1859—1927)



*Видатний шведський учений, академік Королівської академії наук Швеції, почесний член Петербурзької академії, академії наук СРСР і багатьох інших країн. Один із засновників фізичної хімії. Зробив вагомий внесок у дослідження розчинів і хімічних реакцій. Автор теорії електролітичної дисоціації (1887), за створення якої вченому було присуджено Нобелівську премію (1903). Пояснив залежність швидкості реакції від температури, сформулювавши уявлення про «активні молекули» (1889). Математичну формулу цієї залежності названо рівнянням Арреніуса. Автор багатьох наукових праць із хімії, біології, геології, фізики.*

Електролітичну дисоціацію речовини, як і хімічну реакцію, можна відобразити за допомогою хімічного рівняння. Запишемо рівняння електролітичної дисоціації натрій хлориду й алюміній сульфату у водному розчині:

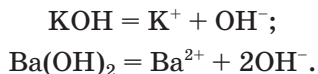


(Молекули води, з якими сполучені йони, в таких рівняннях не вказують.)

Водні розчини солей, крім молекул води, містять йони, з яких складаються ці речовини.

**Солі — електроліти, які дисоціюють у водних розчинах або розплавах на катіони металічних елементів та аніони кислотних залишків.**

У водних розчинах лугів містяться катіони металічних елементів і гідроксид-іони  $\text{OH}^-$ . Рівняння електролітичної дисоціації калій гідроксиду і барій гідроксиду:





## Основи — електроліти, які дисоціюють у водних розчинах або розплавах з утворенням аніонів одного типу — гідроксид-іонів $\text{OH}^-$ .

Наявність гідроксид-іонів у водних розчинах лугів зумовлює спільні хімічні властивості цих сполук. Так, луги однаково діють на певний індикатор: фенолфталеїн забарвлюється в малиновий колір, метилоранж — у жовтий, лакмус — у синій, універсальний індикатор — у синьо-зелений. Отже, за допомогою індикатора можна виявити у водному розчині лугу йони  $\text{OH}^-$ , а не певну сполуку.

Нерозчинні основи на індикатори не діють.

У хімії часто використовують словосполучення «лужне середовище». Воно вказує на те, що в розчині наявні гідроксид-іони.

**Електролітична дисоціація молекулярних речовин.** В електролітах молекулярної будови — кислотах — йони відсутні. Вони утворюються лише під час розчинення речовин у воді.

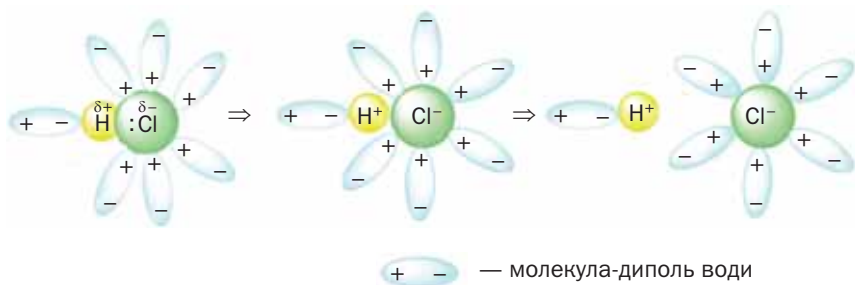
Розглянемо, як відбувається цей процес у хлоридній кислоті — водному розчині хлороводню  $\text{HCl}$ .

### Цікаво знати

Заряд на атомі Гідрогену в молекулі  $\text{HCl}$  становить  $+0,2$ , а на атомі Хлору  $-0,2$ .

У молекулі  $\text{HCl}$  існує полярний ковалентний зв'язок. Спільна електронна пара зміщена до більш електронегативного атома Хлору ( $\text{H}:\text{Cl}$ ). На цьому атомі зосереджується невеликий негативний заряд ( $\delta^-$ ), а на атомі Гідрогену — позитивний заряд ( $\delta^+$ ). Отже, молекула хлороводню є диполем:  $\overset{\delta^+}{\text{H}}-\overset{\delta^-}{\text{Cl}}$ .

Під час розчинення хлороводню у воді молекули  $\text{HCl}$  і  $\text{H}_2\text{O}$  притягуються одна до одної своїми протилежно зарядженими частинами. Унаслідок цього ковалентні зв'язки в багатьох молекулах  $\text{HCl}$  розриваються і молекули розпадаються, але не на атоми, а на йони (мал. 24). Спільна електронна пара, що була зміщена до атома Хлору, під час руйнування молекули переходить у його «власність»; атом Хлору перетворюється на йон  $\text{Cl}^-$ .



**Мал. 24.**  
Утворення  
йонів із  
молекули HCl  
у водному  
розчині

Атом Гідрогену втрачає свій єдиний електрон і стає йоном  $\text{H}^+$ . Утворені йони, як і молекули HCl, є гідратованими, тобто сполученими з молекулами води.

Деякі йони  $\text{H}^+$  і  $\text{Cl}^-$  унаслідок електростатичного притягання знову сполучаються в молекули. Тому рівняння електролітичної дисоціації хлороводню у водному розчині записують зі знаком оборотності:



Цей знак свідчить про одночасний перебіг двох процесів — прямого (зліва направо) і зворотного (справа наліво). Обидва процеси за незмінних концентрації розчину і температури відбуваються з однаковою швидкістю. Тому кількість молекул і йонів у розчині з часом не змінюється.

У хлоридній кислоті та водних розчинах інших кислот, крім молекул води, містяться катіони Гідрогену  $\text{H}^+$ , аніони кислотних залишків, а також молекули кислот.

**Кислоти — електроліти, які дисоціюють у водних розчинах з утворенням катіонів одного типу — йонів Гідрогену  $\text{H}^+$ .**

Наявність йонів  $\text{H}^+$  у водних розчинах кислот зумовлює спільні хімічні властивості цих сполук, наприклад однакову дію на індикатор. За його допомогою виявляємо у водному розчині кислоти йони  $\text{H}^+$ , а не певну кисло-

ту. Вираз «кисле середовище» означає, що розчин містить катіони Гідрогену.

Нерозчинні кислоти не діють на індикатори.

Дисоціація багатоосновних кислот має ступінчастий характер; вона відбувається в кілька стадій. Розглянемо цей процес на прикладі трьохосновної ортофосфатної кислоти  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Молекула цієї кислоти містить три атоми Гідрогену. Спочатку від молекули відокремлюється один із них, перетворюючись на йон  $\text{H}^+$



потім, уже від йона  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , — другий



і, нарешті, — третій (від йона  $\text{HPO}_4^{2-}$ ):



Зверніть увагу: заряд йона в лівій частині другого (або третього) рівняння дорівнює сумі зарядів двох йонів у правій частині.

На кожній стадії дисоціює лише частина молекул або йонів. Водний розчин ортофосфатної кислоти, крім молекул води, містить молекули  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , катіони Гідрогену і різну кількість аніонів трьох видів.

► Зі скількох стадій складається процес дисоціації сульфатної кислоти? Напишіть відповідні рівняння.

Луги та солі, на відміну від кислот, дисоціюють не ступінчасто  $[\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{BaOH}^+ + \text{OH}^-; \text{BaOH}^+ \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + \text{OH}^-]$ , а в одну стадію і повністю:



У розчин переходять йони, з яких складаються ці сполуки.

## ВИСНОВКИ

Розпад речовини на йони під час її розчинення або плавлення називають електролітичною дисоціацією. У разі розчинення йонної речовини (лугу, солі) цей процес полягає в переході йонів із речовини в розчин. Електролітична дисоціація молекулярної речовини (кислоти) відбувається внаслідок розпаду її молекул на йони.

Солі дисоціюють на катіони металічних елементів і аніони кислотних залишків, основи — з утворенням гідроксид-іонів, а кислоти — з утворенням катіонів Гідрогену.

Не всі молекули кислоти розпадаються в розчині на йони. Електролітична дисоціація багатосновних кислот відбувається в кілька стадій.

За допомогою індикаторів виявляють у розчині йони  $\text{OH}^-$  і  $\text{H}^+$ , але не конкретну сполуку — луг чи кислоту.



47. Дайте означення солі, лугу і кислоти як електролітів.
48. Чи можуть бути електролітами прості речовини? Відповідь обґрунтуйте.
49. Складіть формулу солі та запишіть рівняння її електролітичної дисоціації, якщо в розчині сполуки містяться йони:
  - а)  $\text{K}^+$  та  $\text{CO}_3^{2-}$ ;
  - б)  $\text{Fe}^{3+}$  та  $\text{NO}_3^-$ ;
  - в)  $\text{Mg}^{2+}$  та  $\text{Cl}^-$ .
50. Напишіть рівняння електролітичної дисоціації у водному розчині сполук із такими формулами:  $\text{LiOH}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ . Яка сполука дисоціює ступінчасто?
51. Чому, на вашу думку, кальцій хлорид дисоціює в одну стадію і повністю ( $\text{CaCl}_2 = \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ ), а не ступінчасто — у дві стадії?
52. Обчисліть кількість катіонів і кількість аніонів у розчині, що містить:
  - а) 2,4 г літій гідроксиду;
  - б) 2,9 г калій сульфату.
53. Яка масова частка гідроксид-іонів у розчині, який виготовили із 4 г натрій гідроксиду і 36 г води? (Усно.)
54. Газ хлороводень об'ємом 560 мл (н. у.) розчинили в 100 мл води. Припустивши, що сполука дисоціює повністю, обчисліть масові частки йонів у розчині.
55. У 800 г води розчинили 1 моль натрій сульфату і 2 моль натрій гідроксиду. Обчисліть масову частку кожного йона, що міститься в розчині.

56. В 1 л води деякого джерела міститься 60 мг іонів  $\text{Ca}^{2+}$  та 36 мг іонів  $\text{Mg}^{2+}$ . Зіставте кількості цих іонів (спробуйте це зробити на підставі усних обчислень) і виберіть правильну відповідь:

- а) іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  — однакова кількість;
- б) іонів  $\text{Ca}^{2+}$  більше, ніж іонів  $\text{Mg}^{2+}$ ;
- в) іонів  $\text{Mg}^{2+}$  більше, ніж іонів  $\text{Ca}^{2+}$ .

## 8

## Ступінь електролітичної дисоціації. Слабкі та сильні електроліти

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати, що називають ступенем електролітичної дисоціації сполуки;
- характеризувати електроліти за ступенем їх дисоціації.

**Ступінь електролітичної дисоціації.** Йонні речовини дисоціюють у водному розчині повністю, а молекулярні — частково. У другому випадку для кількісної характеристики цього процесу використовують величину, яку називають *ступенем електролітичної дисоціації*. (Для спрощення друге слово в назві терміна далі не вказуватимемо.)

**Ступінь дисоціації — це відношення кількості молекул електроліту, які розпалися на йони, до кількості його молекул перед дисоціацією.**

Ступінь дисоціації позначають грецькою літерою  $\alpha$  (альфа). Цю фізичну величину виражають часткою від одиниці або у відсотках:

$$\alpha = \frac{N(\text{дис.})}{N(\text{заг.})}, \quad \alpha = \frac{N(\text{дис.})}{N(\text{заг.})} \cdot 100 \%$$

У наведених формулах  $N(\text{дис.})$  — кількість молекул електроліту, що розпалися на йони;

$N(\text{заг.})$  — кількість молекул електроліту до дисоціації.

Інтервали значень ступеня дисоціації:

$$0 < \alpha < 1,$$

або  $0 \% < \alpha < 100 \%.$

У поданих вище формулах кількість молекул, які зазнали дисоціації, можна замінити на кількість катіонів або аніонів, що утворилися. Врахувавши, наприклад, що кожна молекула нітратної кислоти при дисоціації утворює один катіон  $\text{H}^+$  і один аніон  $\text{NO}_3^-$



отримуємо:

$$\alpha(\text{HNO}_3) = \frac{N(\text{дис.})}{N(\text{заг.})} = \frac{N(\text{H}^+)}{N(\text{HNO}_3)} = \frac{N(\text{NO}_3^-)}{N(\text{HNO}_3)}.$$

У вираз для ступеня дисоціації можна записати і кількості речовини електроліту — ту, яка продисоціювала (в чисельнику), і загальну, тобто до дисоціації (у знаменнику):

$$\alpha = \frac{n(\text{дис.})}{n(\text{заг.})} (\cdot 100 \%).$$

► Обґрунтуйте цю формулу.

**ЗАДАЧА.** У розчині кислоти  $\text{HA}$  на кожну пару йонів  $\text{H}^+$  і  $\text{A}^-$  припадає чотири молекули сполуки. Обчислити ступінь дисоціації кислоти.

Дано:

$$N(\text{H}^+) = N(\text{A}^-) = 1$$

$$N(\text{HA}) = 4$$

$$\alpha(\text{HA}) = ?$$

Розв'язання

Пара йонів ( $\text{H}^+$  і  $\text{A}^-$ ) утворилася з однієї молекули кислоти:



Отже, до дисоціації було  $4 + 1 = 5$  молекул сполуки  $\text{HA}$ .

Обчислюємо ступінь дисоціації кислоти:

$$\alpha(\text{HA}) = \frac{N(\text{дис.})}{N(\text{заг.})} = \frac{1}{5} = 0,2,$$

$$\text{або } 0,2 \cdot 100 \% = 20 \%.$$

Відповідь:  $\alpha(\text{HA}) = 0,2$ , або  $20 \%.$

**Слабкі та сильні електроліти.** Якщо значення ступеня дисоціації дорівнює, наприклад, 0,01 чи 0,001 (1 % чи 0,1 %), то сполука незначною мірою розпадається на йони в розчині. Її називають *слабким електролітом*. Якщо ж значення  $\alpha$  наближається до одиниці, або до 100 % (становить, наприклад, 90 % чи 99 %), то сполука майже повністю дисоціює. Це — *сильний електроліт*.

Вам відомо, що йонні речовини — луги і солі — містяться в розчинах лише у вигляді відповідних йонів. Для цих речовин  $\alpha = 1$  (100 %), і всі вони належать до сильних електролітів.

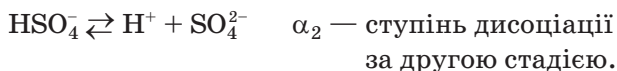
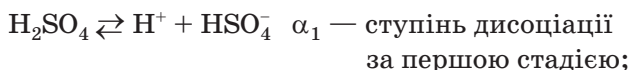
Щодо кислот (молекулярних речовин), то деякі з них розпадаються в розчинах на йони майже повністю, а деякі — незначною мірою. Перші називають *сильними кислотами*, другі — *слабкими кислотами*. Існують також *кислоти середньої сили*.

Наводимо приклади найважливіших кислот кожного типу; їх формули записано в порядку зменшення ступеня дисоціації сполук у розчинах (форзац II):



У 8 класі ми назвали сильними кислотами ті, які активно реагують із багатьма речовинами. Тепер ви знаєте, що в розчинах таких кислот міститься найбільше катіонів Гідрогену. Отже, *хімічна активність кислоти залежить від кількості йонів  $\text{H}^+$  у її розчині*.

У попередньому параграфі зазначалося, що багатоосновні кислоти дисоціюють у кілька стадій. Кожну стадію можна охарактеризувати відповідним ступенем дисоціації:



Кислота дисоціює за першою стадією повніше, ніж за другою:  $\alpha_1 > \alpha_2$ . Це зумовлено двома причинами:

- йону  $H^+$  легше відокремитися від електро-нейтральної частинки — молекули  $H_2SO_4$  (перша стадія дисоціації), ніж від протилежно зарядженої — йона  $HSO_4^-$  (друга стадія);
- двозарядний йон  $SO_4^{2-}$  міцніше сполучається з катіоном  $H^+$  (це зменшує дисоціацію за другою стадією), ніж однозарядний йон  $HSO_4^-$ .

## ВИСНОВКИ

Ступінь дисоціації — це відношення кількості молекул електроліту, які розпалися на йони, до загальної (початкової) кількості його молекул. Ступінь дисоціації також виражають у відсотках.

Якщо електроліт розпадається на йони незначною мірою, його називають слабким, а якщо повністю або майже повністю — сильним. Серед кислот є електроліти обох типів, а луги і солі належать до сильних електролітів, оскільки складаються з йонів.



57. Що таке ступінь електролітичної дисоціації? На які групи поділяють електроліти залежно від значень цієї фізичної величини?
58. Серед наведених слів і словосполучень виберіть те, яке пропущено в реченні «Речовини, що складаються з йонів, виявляють властивості ... електролітів»:
  - а) сильних;
  - б) слабких;
  - в) як сильних, так і слабких.
59. Серед наведених слів і словосполучень виберіть те, яким треба закінчити речення «Речовини, що виявляють у водних розчинах властивості сильних електролітів, складаються з ... »:
  - а) йонів;
  - б) молекул;
  - в) йонів, а іноді — з молекул;
  - г) молекул, а іноді — з йонів.



60. Запишіть різні математичні вирази для розрахунку ступеня дисоціації хлоридної кислоти.
61. Сильним чи слабким електролітом є кислота  $\text{HA}$ , якщо в її водному розчині:
- із кожних 20 молекул  $\text{HA}$  не розпалися на йони 17 молекул;
  - на кожну молекулу  $\text{HA}$  припадає шість йонів?
62. Яких частинок у водному розчині сульфатної кислоти найбільше, а яких — найменше: молекул  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , йонів  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{H}^+$ ? Відповідь поясніть.
63. Яка формула для розрахунку ступеня дисоціації сульфатної кислоти за другою стадією правильна і чому:
- а)  $\alpha_2 = \frac{N(\text{SO}_4^{2-})}{N(\text{HSO}_4^-)}$ ;                      в)  $\alpha_2 = \frac{N(\text{H}^+)}{N(\text{HSO}_4^-)}$  ?
- б)  $\alpha_2 = \frac{N(\text{SO}_4^{2-})}{N(\text{H}_2\text{SO}_4)}$ ;

---

## 9 Вода як електроліт. Водневий показник (рН)

---

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- характеризувати електролітичну дисоціацію води;
- з'ясувати, що таке водневий показник (рН);
- визначати приблизні значення рН розчинів за допомогою універсального індикатора.

**Вода як електроліт.** Результати дослідів свідчать про те, що чиста вода (наприклад, дистильована, в якій немає розчинених електролітів) має низьку електропровідність. Це зумовлено наявністю у воді дуже малої кількості йонів  $\text{H}^+$  та  $\text{OH}^-$ . Такі йони утворюються внаслідок розриву одного з полярних ковалентних зв'язків у молекулі  $\text{H}_2\text{O}$  (§ 2). Отже, вода — електроліт. Вона дисоціює згідно з рівнянням



Вода є дуже слабким електролітом. За температури 25 °С лише одна її молекула з кожних 555 мільйонів молекул розпадається на йони. Ступінь електролітичної дисоціації води становить:

$$\alpha(\text{H}_2\text{O}) \approx 1,8 \cdot 10^{-9} \quad \alpha(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1}{555\,000\,000} \approx 1,8 \cdot 10^{-9},$$

або  $1,8 \cdot 10^{-7} \%$ .

Обчислимо кількість речовини катіонів Гідрогену в 1 л чистої води. Для цього спочатку визначаємо кількість речовини води в 1 л (або в 1000 г) її:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1000 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 55,6 \text{ моль}.$$

Тепер скористаємося однією з формул для визначення ступеня дисоціації електроліту (§ 8):

$$\alpha(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}^+)}{n(\text{H}_2\text{O})} \Rightarrow n(\text{H}^+) = \alpha(\text{H}_2\text{O}) \cdot n(\text{H}_2\text{O});$$

$$n(\text{H}^+) = 1,8 \cdot 10^{-9} \cdot 55,6 \text{ моль} = 1,00 \cdot 10^{-7} \text{ моль}.$$

Отже, в 1 л води міститься  $10^{-7}$  моль йонів  $\text{H}^+$ . Інакше кажучи, *молярна концентрація катіонів Гідрогену у воді* становить  $10^{-7}$  моль/л. Оскільки молекула води дисоціює на один йон  $\text{H}^+$  і один йон  $\text{OH}^-$ , то молярна концентрація гідроксид-іонів також дорівнює  $10^{-7}$  моль/л.

Молярну концентрацію позначають латинською літерою  $c$ .

**Водневий показник.** Якщо значення молярної концентрації катіонів Гідрогену записати так:

$$c(\text{H}^+) = 10^{-m} \text{ моль/л},$$

то число  $m$  є *водневим показником*. Його скорочене позначення — рН (читається «пе-аш»).

Оскільки в чистій воді  $c(\text{H}^+) = 10^{-7}$  моль/л, то *рН води дорівнює 7*. Для води і будь-якого водного розчину з таким значенням рН використовують термін «нейтральне середовище».

У розчині кислоти міститься більше катіонів Гідрогену, ніж у воді, тобто  $c(\text{H}^+) > 10^{-7}$  моль/л. Значення молярної концентрації катіонів  $\text{H}^+$  у розчинах кислот можуть становити, наприклад,  $10^{-6}$ ;  $10^{-4}$ ;  $10^{-1}$  моль/л. Їм відповідають значення рН 6, 4, 1.

Розчини лугів містять менше катіонів Гідрогену, ніж чиста вода, але більше йонів  $\text{OH}^-$ . Можливими для цих розчинів є, наприклад, значення молярної концентрації йонів  $\text{H}^+$   $10^{-8}$ ;  $10^{-10}$ ;  $10^{-13}$  моль/л. Відповідні значення рН: 8, 10, 13.

Отже, для розчинів кислот  $\text{pH} < 7$ , а для розчинів лугів  $\text{pH} > 7$ . Такі розчини характеризують, використовуючи терміни «кисле середовище», «лужне середовище».

**Експериментальне визначення рН розчинів.** У 7 і 8 класах ви виявляли в розчині кислоту або луг за допомогою індикаторів — лакмусу, фенолфталеїну, метилоранжу, а також універсальними індикаторними папірцями. На відміну від перших трьох індикаторів універсальний індикатор дає змогу визначити приблизне значення рН розчину (мал. 25).



**Мал. 25.**  
Універсальні індикаторні папірці зі шкалою рН на упаковці

- Яким має бути колір універсального індикаторного папірця в чистій воді? Якого забарвлення може набувати цей індикатор у розчинах кислот, лугів?

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 1

**Виявлення йонів Гідрогену та гідроксид-іонів у розчині.**

**Встановлення приблизного значення рН води, лужних і кислих розчинів за допомогою універсального індикатора**

Вам видано штатив з пробірками, в яких містяться вода (водопровідна або дистильована), розбавлені хлоридна кислота і розчин натрій гідроксиду, а також розчини оцтової кислоти, господарського мила.

У вашому розпорядженні — універсальні індикаторні папірці, шкала рН, скляна паличка, склянка з водою, невеликі аркуші фільтрувального паперу.

Для встановлення значення рН кожної рідини занурте в неї скляну паличку і нанесіть за її допомогою краплю рідини на універсальний індикаторний папірець. Порівняйте забарвлення індикатора після дії на нього досліджуваної рідини з кольоровою шкалою рН і запишіть значення водневого показника цієї рідини.

Перед визначенням рН іншої рідини промийте скляну паличку водою і витріть її фільтрувальним папером.

Результати дослідів запишіть у таблицю.

Рідина	Значення рН
Вода	
Розчин натрій гідроксиду	
...	

У хімічних лабораторіях для вимірювання рН використовують прилади — рН-метри (мал. 26). Вони дають змогу визначити водневий показник із точністю до 0,01.

► На яке середовище — кисле, лужне чи нейтральне — вказує значення рН на екрані приладу (мал. 26)?

**Мал. 26.**  
рН-метр



Значення водневого показника для більшості розчинів, які трапляються в природі, менші за 7 або наближаються до цього числа (табл. 1).

*Таблиця 1*

**Середні значення водневого показника для деяких рідин**

Рідина	рН	Рідина	рН
Шлунковий сік	1,4	Сеча	6,4
Сік лимона	2,1	Слина	7,1
Сік яблук антонівка	2,5	Сльози	7,3
Томатний сік	4,1	Кров	7,4
Свіже молоко	6,5	Лімфа	7,4

Істотне відхилення значень рН деяких біологічних рідин в організмі людини від наведених у таблиці спричиняє захворювання або є його наслідком. Людям із підвищеною кислотністю шлункового соку рекомендують пити мінеральну воду з меншою концентрацією йонів  $H^+$  (тобто з вищим рН), а людям зі зниженою кислотністю — «більш кислу» воду (з нижчим рН). Багато рідких косметичних засобів має рН = 5,5. Відповідний вміст у них катіонів  $H^+$  є оптимальним для нашої шкіри.

На промислових підприємствах здійснюють контроль значень рН деяких харчових продуктів і косметичних засобів. Якщо, наприклад, свіже молоко має нижче значення

водневого показника, ніж передбачено стандартом, його не відправляють у торговельну мережу, а використовують для виробництва кисломолочної продукції.

У сільському господарстві кислотність ґрунтового розчину є одним із важливих чинників, які впливають на врожай. Так, картопля найкраще росте на слабкокислих ґрунтах ( $\text{pH} \approx 5$ ), а буряк — на нейтральних ( $\text{pH} \approx 7$ ).

## ВИСНОВКИ

Вода — дуже слабкий електроліт. Незначна частина її молекул дисоціює з утворенням катіонів Гідрогену і гідроксид-іонів. Концентрація кожного йона в чистій воді становить  $10^{-7}$  моль/л.

Вміст йонів  $\text{H}^+$  у воді та водних розчинах характеризують за допомогою водневого показника ( $\text{pH}$ ). Значення  $\text{pH}$  чистої води становить 7, розчину кислоти — менше 7, а розчину лугу — більше 7.

Приблизні значення водневого показника розчинів визначають за допомогою універсального індикатора.

Природні розчини та біологічні рідини мають різні значення  $\text{pH}$ .



64. Охарактеризуйте електролітичну дисоціацію води.
65. Скільки йонів  $\text{H}^+$  і йонів  $\text{OH}^-$  міститься в одній краплі води об'ємом 0,1 мл?
66. Обчисліть масові частки йонів  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$  у воді.
67. Що таке водневий показник?
68. Знайдіть відповідність.

1. Розчин натрій хлориду у воді	А. Кількість йонів $\text{H}^+$ більша, ніж йонів $\text{OH}^-$	а) $\text{pH} > 7$
2. Розчин вуглекислого газу у воді	Б. Кількості йонів $\text{H}^+$ і $\text{OH}^-$ однакові	б) $\text{pH} < 7$
3. Водний розчин вапна	В. Кількість йонів $\text{OH}^-$ більша, ніж йонів $\text{H}^+$	в) $\text{pH} = 7$
4. Оцет		



а розчин луѓу — катіони Натрію і гідроксид-іони:

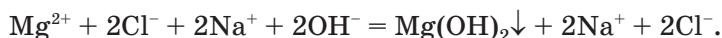


Під час реакції йони  $\text{Mg}^{2+}$  і  $\text{OH}^-$ , сполучаючись, утворюють осад малорозчинної основи  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , а йони  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$  залишаються в розчині.

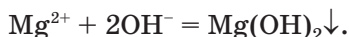
Змінимо наведене вище хімічне рівняння, взявши до уваги стан (дисоційований, недисоційований) кожного реагенту і продукту. Замість формул обох реагентів запишемо формули йонів, які були в розчинах сполук до реакції, разом із відповідними коефіцієнтами (враховуємо індекс 2 у формулі солі Магнію та коефіцієнт 2 перед формулою луѓу):



У правій частині рівняння залишаємо формулу  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , а замість формули натрій хлориду запишемо формули відповідних йонів з урахуванням коефіцієнта 2, який був у вихідному рівнянні:



В обох частинах нового рівняння є однакові йони —  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$ , причому кожний — в однаковій кількості. Вилучивши їх, отримуємо запис, який називають *йонно-молекулярним рівнянням*<sup>1</sup>:



**Йонно-молекулярне рівняння — це рівняння, яке містить формули речовин і формули йонів.**

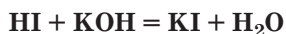
Йонно-молекулярне рівняння вказує на те, що саме відбувається під час хімічного перетворення, тобто які частинки взаємодіють або утворюються в розчині. Складаючи

---

<sup>1</sup> Іноді використовують скорочений термін «йонне рівняння».



Молекулярне рівняння



Йонно-молекулярне  
рівняння



таке рівняння, кожен речовину подають у тій формі (дисоційованій, недисоційованій), яка переважає в реакційній суміші чи є в ній єдиною можливою.

При складанні йонно-молекулярного рівняння дотримуються такої послідовності дій:

1. Записують «звичайне» хімічне рівняння (його називають молекулярним<sup>1</sup>).
2. За таблицею розчинності визначають, які реагенти і продукти реакції розчиняються у воді, а які — не розчиняються.
3. З'ясовують, які реагенти і продукти реакції є сильними електролітами, а які — слабкими електролітами або неелектролітами.
4. Формули розчинних сильних електролітів замінюють на формули відповідних йонів, урахувавши при цьому індекси та коефіцієнти. Спочатку записують катіони, потім — аніони.
5. З обох частин отриманого рівняння вилучають однакові йони (у разі їх наявності) в однакових кількостях.
6. Якщо всі коефіцієнти виявляються кратними, їх ділять на відповідне число.

► Складіть йонно-молекулярне рівняння реакції між барій нітратом і натрій карбонатом у розчині.

Тепер розглянемо, як виконують протилежне завдання. Складемо молекулярне рівняння, яке відповідає йонно-молекулярному рівнянню



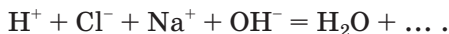
У лівій частині рівняння записано лише формули йонів. Отже, сполуки, які взаємо-

---

<sup>1</sup> Така назва є умовною, оскільки молекул основ і солей не існує; це — йонні речовини.

діють, мають бути сильними й розчинними електролітами.

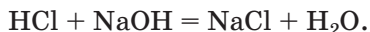
Йони  $\text{H}^+$  утворюються в розчині при дисоціації сильної кислоти (наприклад,  $\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ ), а йони  $\text{OH}^-$  — при дисоціації лугу (наприклад,  $\text{NaOH} = \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ ). Обравши реагентами хлоридну кислоту і натрій гідроксид, допишемо в ліву частину йонно-молекулярного рівняння йони  $\text{Cl}^-$  і  $\text{Na}^+$ :



Йони  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$  сполучаються в молекули слабкого електроліту — води, а йони  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$  залишаються в розчині. Допишемо їх у праву частину рівняння:

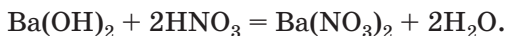
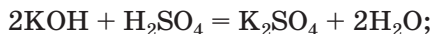


«З'єднавши» йони у формули відповідних сполук, отримаємо молекулярне рівняння



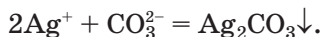
Отже, для того щоб скласти молекулярне рівняння за даним йонно-молекулярним рівнянням, потрібно замінити кожний йон на формулу відповідного сильного й розчинного електроліту, а потім дописати формули інших реагентів (продуктів) — розчинних сильних електролітів.

Зрозуміло, що йонно-молекулярному рівнянню  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$  відповідають багато молекулярних рівнянь, бо реагентами можуть бути інші луги та сильні кислоти. Приклади таких рівнянь:



Зазначимо, що пара реагентів  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$  не задовольняє умови завдання. Хоча барій гідроксид і сульфатна кислота — сильні й розчинні електроліти, однак при їх взаємодії утворюється нерозчинна сіль  $\text{BaSO}_4$ , формула якої мала бути в правій частині йонно-молекулярного рівняння.

- Запропонуйте молекулярне рівняння, яке відповідає йонно-молекулярному рівнянню



При складанні йонно-молекулярних рівнянь сильну двохосновну кислоту  $\text{H}_2\text{SO}_4$  прийнято подавати йонами  $\text{H}^+$  і  $\text{SO}_4^{2-}$ , а кислоти середньої сили — молекулами, тобто в недисоційованій формі.

## ВИСНОВКИ

Суть реакції, яка відбувається між електролітами в розчині, передає йонно-молекулярне рівняння; воно містить формули речовин і формули йонів.

При складанні йонно-молекулярних рівнянь лише сильні електроліти подають у дисоційованій формі.



73. Чим відрізняється йонно-молекулярне рівняння від молекулярного?
74. Складіть йонно-молекулярні рівняння реакцій, що відповідають таким молекулярним рівнянням:
- а)  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ;
  - б)  $\text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$ ;
  - в)  $2\text{KOH} + \text{CO}_2 = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - г)  $\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{NiCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .
75. Запропонуйте молекулярні рівняння, що відповідають таким йонно-молекулярним рівнянням:
- а)  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}\downarrow$ ;
  - б)  $3\text{Pb}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow$ ;
  - в)  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$ ;
  - г)  $\text{H}_2\text{S} + 2\text{OH}^- = \text{S}^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;
  - д)  $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - е)  $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ .
76. Складіть йонно-молекулярні рівняння реакцій, що відбуваються в розчині між такими електролітами:
- а) ферум(II) нітратом і барій гідроксидом;
  - б) натрій фторидом і хлоридною кислотою;
  - в) літій гідроксидом і сульфатною кислотою;
  - г) хром(III) сульфатом і калій ортофосфатом.

77. Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння реакції між розчинами лугу і солі, в результаті якої утворюються:
- нерозчинна основа і розчинна сіль;
  - луг і нерозчинна сіль;
  - нерозчинна основа і нерозчинна сіль.
78. Допишіть схеми перетворень, складіть йонно-молекулярні та відповідні молекулярні рівняння:
- $\text{H}_3\text{PO}_4 + \dots \rightarrow \text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \dots \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$ .

# 11

## Реакції обміну між електролітами в розчині

Матеріал параграфу допоможе вам:

- поповнити свої знання про реакції обміну за участю електролітів;
- передбачати можливість перебігу реакції обміну.

Розглянуті в попередньому параграфі реакції належать до реакцій обміну.

Не всі реакції обміну можливі. У 8 класі ви дізналися, що реакція такого типу відбувається, якщо її продукт є малорозчинним або нерозчинним (він виділяється у вигляді осаду), газом чи слабкою кислотою. Тепер додамо, що реакція відбувається і тоді, коли утворюється слабкий електроліт, у тому числі й вода.

Отже, для з'ясування можливості перебігу реакції обміну потрібно мати відомості про розчинність і силу електролітів. Нагадуємо, що ряд кислот, розміщених за їхньою здатністю до дисоціації, наведено на форзаці II. Необхідно також знати, що фторидна кислота HF, хлоридна HCl, йодидна HI, сульфідна H<sub>2</sub>S, нітратна HNO<sub>3</sub> — леткі кислоти, карбонатна H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> і сульфитна H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> — нестійкі, а силікатна кислота H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> — нерозчинна у воді.

### Цікаво знати

Деякі солі можуть взаємодіяти одна з одною і в розплавленому стані.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 2

### Реакція обміну з утворенням осаду

У пробірку налийте 1—2 мл розчину ферум(III) хлориду і додайте такий самий об'єм розчину натрій гідроксиду. Що спостерігаєте?

Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 3

### Реакція обміну з виділенням газу

У пробірку налийте 1—2 мл розчину натрій карбонату і додавайте до нього невеликими порціями розбавлену нітратну кислоту. Що відбувається?

Запишіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 4

### Реакція обміну з утворенням води

У пробірку налийте 1 мл розчину натрій гідроксиду, додайте одну краплю розчину фенолфталеїну і додавайте невеликими порціями за допомогою піпетки розбавлену нітратну кислоту, доки не зникне забарвлення індикатора. Вміст пробірки періодично перемішуйте скляною паличкою або струшуванням.

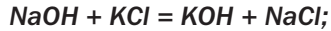
Поясніть результати спостережень.

Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння реакції.

Зверніть увагу на йонно-молекулярні рівняння, записані вами після виконання дослідів. Кожне з них указує на те, що *під час реакції обміну кількість йонів у розчині зменшується*.

*Розглянемо випадок, коли реакція обміну між електролітами не відбувається. Якщо злити, наприклад, розчини натрій гідроксиду (луг) і*

калій хлориду (сіль), то жодних змін або зовнішніх ефектів не помітимо. Розчин залишиться безбарвним; із нього не виділятимуться ні осад, ні газ. Склавши йонно-молекулярне рівняння, виявимо, що його ліва і права частини однакові:



Добутий розчин містить усі йони, які були в розчинах натрій гідроксиду і калій хлориду. Отже, ці сполуки не взаємодіють одна з одною.

Викладений вище матеріал стосується реакцій обміну, у яких обидва реагенти — розчинні й сильні електроліти. Якщо вихідна сполука не розчиняється у воді або є слабкою кислотою, то висновок про можливість реакції роблять після проведення відповідного хімічного експерименту.

## ВИСНОВКИ

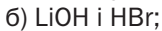
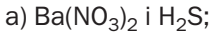
Реакція обміну між електролітами в розчині відбувається, якщо серед її можливих продуктів — нерозчинна або малорозчинна сполука, газ чи слабкий електроліт.

Під час реакції обміну кількість йонів у розчині зменшується.



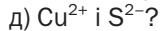
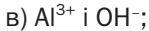
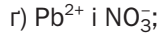
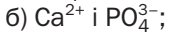
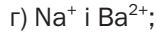
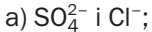
79. У яких випадках реакція обміну відбувається?
80. Дopiшіть формули продуктів реакцій і складіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння:
- а)  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + \text{KOH} \rightarrow \dots$ ;      в)  $\text{MnCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$
- б)  $\text{ZnCl}_2 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \dots$ ;
81. Дopiшіть схеми реакцій, складіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння:
- а)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \dots \rightarrow \text{HNO}_3 + \dots$ ;
- б)  $\text{K}_2\text{CO}_3 + \dots \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \dots$ ;
- в)  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \dots \rightarrow \dots + \text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

82. Чи можлива реакція у водному розчині між сполуками з такими формулами:

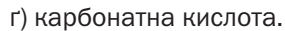


Відповіді аргументуйте. Напишіть молекулярні і йонно-молекулярні рівняння реакцій, які відбуваються.

83. Які йони не можуть одночасно перебувати у водному розчині:



84. Укажіть сполуки, з якими взаємодіє у водному розчині ферум(II) сульфат:



85. Доберіть по дві пари різних електролітів, які реагують у розчині з утворенням:

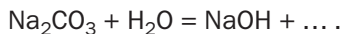


Зважте на те, що серед силікатів розчинні лише солі Натрію і Калію. Напишіть відповідні молекулярні і йонно-молекулярні рівняння.

для допитливих

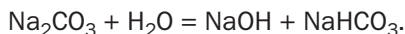
### Гідроліз солей

Якщо в розчин кальцинованої соди, або натрій карбонату,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  додати краплю розчину фенолфталеїну, то він набуває малинового забарвлення. Це вказує на наявність у розчині йонів  $\text{OH}^-$ . Оскільки в солі таких йонів немає, робимо висновок: натрій карбонат взаємодіє з водою, і одним із продуктів цієї реакції є натрій гідроксид:



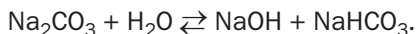
Можна припустити, що другий продукт — карбонатна кислота. Вам відомо, що вона нестійка і розкладається з утворенням вуглекислого газу. Однак виділення газу з розчину соди не спостерігаємо. Отже, другим продуктом реакції є інша речовина.

Зіставлення кількості атомів кожного елемента у формулах двох реагентів і натрій гідроксиду вказує на утворення разом із лугом кислої солі<sup>1</sup>  $\text{NaHCO}_3$ :



<sup>1</sup> Кисла сіль — продукт неповного заміщення атомів Гідрогену в молекулі кислоти на атоми (точніше — йони) металічного елемента.

Відомо, що з водою реагує лише незначна частина соди. Водночас відбувається зворотна реакція — між сполуками NaOH і NaHCO<sub>3</sub> (її продукти — Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> і вода). Зваживши на це, записуємо в хімічному рівнянні знак оборотності:



Розглянута реакція є реакцією обміну. Щоправда, обмін речовин своїми «складовими» неповний: лише половина йонів Натрію у вихідній солі обмінюється на атоми Гідрогену.

*Реакцію обміну між сіллю і водою називають реакцією гідролізу<sup>1</sup>.*

Установлено, що з водою взаємодіють солі, утворені слабкими основами або слабкими кислотами (сода утворена слабкою карбонатною кислотою). Середовище розчину солі зумовлює сильний електроліт, від якого походить сіль (у цьому випадку — натрій гідроксид); він утворюється при її гідролізі. Наприклад, розчини солей K<sub>2</sub>S, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> мають лужне середовище, а розчини солей ZnCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub> — кисле.

Тепер ми можемо пояснити, чому в клітинках таблиці розчинності, які відповідають деяким солям, є позначка #. Кожна із цих солей походить від слабкої основи й слабкої кислоти і тому зазнає повного гідролізу:



## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

### Реакції йонного обміну між електролітами у водних розчинах

Вам видано розчини магній хлориду, калій карбонату, натрій гідроксиду і розбавлену сульфатну кислоту.

Скориставшись таблицею розчинності та рядом кислот за силою (форзац II), з'ясуйте, чи відбудуться реакції в розчині (і які саме):

<sup>1</sup> Термін походить від грецьких слів *hydōr* — вода і *lysis* — розпад.



- а) між двома солями;
- б) між сіллю і лугом;
- в) між сіллю і кислотою.

Здійсніть ці реакції, а також реакцію між лугом і кислотою.

Запишіть у клітинках поданої нижче таблиці формули реагентів й одного з продуктів кожної реакції, властивості якого уможливають її перебіг. Після формул продуктів поставте стрілки ↓ (якщо під час реакції сполука випадає в осад), ↑ (якщо сполука виділяється у вигляді газу) або позначку «сл.» (якщо речовина — слабкий електроліт).

Реагенти	... (сіль 1)	... (сіль 2)	... (луг)	... (кислота)
... (сіль 1)				
... (сіль 2)				
... (луг)				

Напишіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння реакцій.

Поясніть, чому реакції обміну між деякими сполуками не відбуваються.



86. Яку реакцію, що в практичній роботі не відбувається, можна здійснити за інших умов? Укажіть ці умови, напишіть хімічне рівняння і дайте назви продуктам реакції.
87. Якими були б результати практичної роботи, якби замість розчину натрій гідроксиду було видано розчин барій гідроксиду? Заповніть відповідну таблицю і складіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння реакцій.

# 12 Якісні реакції на деякі йони

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати, які хімічні реакції називають якісними;
- виявляти деякі аніони за допомогою якісних реакцій;
- аналізувати можливість здійснення якісної реакції.

Часто виникає потреба з'ясувати, чи містить водний розчин певні катіони або аніони. Якщо для виявлення йонів  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$  використовують індикатори, то для інших йонів проводять хімічні реакції, що супроводжуються особливими зовнішніми ефектами (утворення характерного осаду, виділення газу з певними властивостями, поява чи зміна забарвлення розчину). Такі реакції називають *якісними*.

Пропонуємо вам здійснити реакції, за допомогою яких можна виявити в розчині йони деяких кислотних залишків.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 5

### Виявлення хлорид-іонів у розчині

Налийте в пробірку 1—2 мл розчину натрій хлориду і додайте 2—3 краплі розчину аргентум нітрату. Спостерігайте появу білого сирнистого осаду аргентум хлориду.

Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння проведеної якісної реакції.

У розчин з осадом налейте 1—2 мл розбавленої нітратної кислоти. Чи розчиняється аргентум хлорид у цій кислоті?

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 6

### Виявлення бромід-іонів у розчині

Налийте в пробірку 1—2 мл розчину калій броміду і додайте 2—3 краплі розчину аргентум нітрату. Спостерігайте появу жовтуватого сирнистого осаду аргентум броміду. З'ясуйте, чи розчиняється осад у розбавленій нітратній кислоті.

Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння проведеної якісної реакції.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 7

### Виявлення йодид-іонів у розчині

Налийте в пробірку 1—2 мл розчину калій йодиду і додайте 2—3 краплі розчину аргентум нітрату. Спостерігайте появу жовтого сирнистого осаду аргентум йодиду. З'ясуйте, чи розчиняється осад у розбавленій нітратній кислоті.

Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння проведеної якісної реакції.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 8

### Виявлення сульфат-іонів у розчині

Налийте в пробірку 1—2 мл розчину натрій сульфату або розбавленого розчину сульфатної кислоти і додайте кілька крапель розчину барій хлориду. Утворюється білий дрібнокристалічний осад барій сульфату. З'ясуйте, чи розчиняється осад у розбавленій нітратній кислоті.

Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння проведеної якісної реакції.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 9

### Виявлення ортофосфат-іонів у розчині

Налийте в пробірку 1—2 мл розчину натрій ортофосфату і додайте 2—3 краплі розчину аргентум нітрату.

Спостерігайте появу жовтого осаду аргентум ортофосфату. З'ясуйте, чи розчиняється осад у розбавленій нітратній кислоті.

Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння проведеної якісної реакції.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 10

### Виявлення карбонат-іонів у розчині

Налийте в пробірку 1—2 мл розчину натрій карбонату і додайте кілька крапель розчину барій хлориду. Утворюється білий осад барій карбонату. Додайте до вмісту пробірки 1 мл розбавленої нітратної кислоти. Що спостерігаєте? Чи має запах газ, який виділяється?

Піднесіть до отвору пробірки зволожений універсальний індикаторний папірець. Як змінюється його колір? Про що це свідчить?

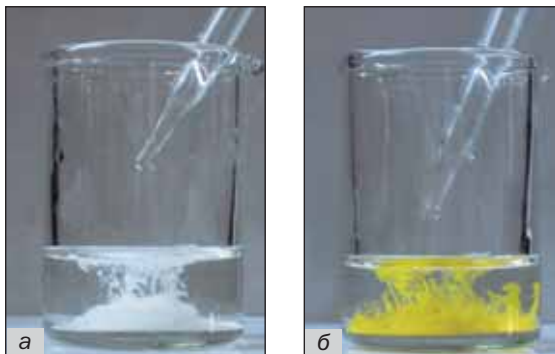
Складіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння проведених реакцій.

Карбонат-іони можна виявити в розчині, додавши до нього кислоту. Виділяється вуглекислий газ, який не має запаху. При пропусканні цього газу в розчин кальцій гідроксиду утворюється білий осад кальцій карбонату.

*Для виявлення в розчині деяких аніонів замість аргентум нітрату можна використати плюмбум(II) нітрат. Хлорид, бромід, сульфат, ортофосфат і карбонат Плюмбуму(II) — білі осади, а йодид — жовтий (мал. 27). Якщо досліджують дуже розбавлені розчини, то деякі реакції обміну можуть не відбутися, бо солі  $PbCl_2$ ,  $PbBr_2$ ,  $PbI_2$ ,  $PbSO_4$  є малорозчинними.*

Оскільки хлорид-іони виявляють у розчині додаванням до нього розчину аргентум нітрату, то катіони Аргентуму можна виявити, ско-

**Мал. 27.**  
Осадження  
броміду (а)  
і йодиду (б)  
Плюмбуму(II)



риставшись хлоридною кислотою чи розчином натрій хлориду.

Провести якісну реакцію з метою виявлення певних йонів часто неможливо через наявність у досліджуваному розчині інших йонів. Наприклад, виявити хлорид-іони в розчині за допомогою солі  $\text{AgNO}_3$  не вдасться, якщо розчин міститиме ще й бромід-, йодид-, сульфат-, карбонат- або ортофосфат-іони; усі ці йони сполучаються з йонами  $\text{Ag}^+$ , й утворюються осадки відповідних солей.

Якісні реакції використовують не лише для виявлення тих чи інших йонів, а й для розпізнавання сполук або їхніх розчинів. За допомогою таких реакцій виявляють токсичні катіони та аніони в промислових стоках. Якісні реакції на нітрат-іони дають змогу перевірити, чи містяться залишки добрив (нітратів) в овочах.

## ВИСНОВКИ

Реакції за участю певних йонів, які відбуваються з характерним зовнішнім ефектом (утворення осаду, виділення газу, поява чи зміна забарвлення розчину), називають якісними реакціями. Їх здійснюють з метою виявлення різних йонів у розчині, розпізнавання сполук.



88. Яку реакцію називають якісною?
89. Реакції якого типу відбувалися під час виконання вами лабораторних дослідів № 5—10?
90. Як можна розрізнити жовті осади аргентум йодиду і аргентум ортофосфату?
91. Як можна розрізнити білі осади барій сульфату і барій карбонату? Напишіть відповідне хімічне рівняння в молекулярній та йонно-молекулярній формах.
92. Чи можна виявити хлорид-, бромід-, йодид-, ортофосфат-іони в розчині за допомогою розчину солі Барію? Відповідь обґрунтуйте.
93. Чи можна виявити сульфат-іони, карбонат-іони в розчині, використавши розчин аргентум нітрату? Відповідь обґрунтуйте.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

### Розв'язування експериментальних задач

Вам видано деякі речовини та розчини. У вашому розпорядженні — розчин натрій гідроксиду, розбавлена сульфатна кислота, а також промивалка з водою і скляні палички. Для виконання завдання 3 вам необхідно замовити в учителя додатковий реактив.

#### ВАРІАНТ I

##### **Завдання 1. Розпізнавання твердих сполук.**

У трьох довільно пронумерованих пробірках містяться білі порошки калій нітрату, натрій карбонату і кальцій карбонату. Визначте вміст кожної пробірки.

##### **Завдання 2. Розпізнавання розчинів сполук.**

У трьох довільно пронумерованих пробірках містяться безбарвні розчини натрій хлориду, магній хлориду і цинк сульфату. Визначте вміст кожної пробірки.

##### **Завдання 3. Виявлення йонів у розчині.**

У виданому розчині містяться дві солі Натрію — карбонат і ортофосфат. Доведіть наявність у ньому аніонів  $\text{CO}_3^{2-}$  та  $\text{PO}_4^{3-}$ .

## ВАРІАНТ II

### **Завдання 1. Розпізнавання твердих сполук.**

У трьох довільно пронумерованих пробірках містяться білі порошки натрій нітрату, магній карбонату і барій сульфату. Визначте вміст кожної пробірки.

### **Завдання 2. Розпізнавання розчинів сполук.**

У трьох довільно пронумерованих пробірках містяться безбарвні розчини калій нітрату, барій хлориду, алюміній сульфату. Визначте вміст кожної пробірки.

### **Завдання 3. Виявлення йонів у розчині.**

У виданому розчині містяться дві солі Калію — карбонат і йодид. Доведіть наявність у ньому аніонів  $\text{CO}_3^{2-}$  та  $\text{I}^-$ .

Послідовність дій при виконанні кожного завдання, спостереження, висновки запишіть у зошит.

Складіть рівняння відповідних реакцій у молекулярній та йонно-молекулярній формах.



94. У вашому розпорядженні замість розбавленої сульфатної кислоти є хлоридна кислота. Чи можна в цьому разі виконати завдання:

- а) варіанта I;
- б) варіанта II?

Відповіді аргументуйте.

95. Чи можна розпізнати сполуки в завданні 1 кожного варіанта за допомогою нагрівання? У разі позитивної відповіді розкажіть, як ви виконаєте завдання. Складіть відповідні хімічні рівняння.

# 2 розділ

## Хімічні реакції

У цьому розділі узагальнено інформацію про відомі вам типи хімічних реакцій. Розглянуто також реакції, яких ви ще не вивчали, їхні характерні ознаки й особливості перебігу. Виконуючи запропоновані вправи, ви набудете нових навичок зі складання хімічних рівнянь.

---

# 13

## Класифікація хімічних реакцій

---

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- з'ясувати, за якими ознаками класифікують хімічні реакції;
- поповнити свої знання про типи хімічних реакцій;
- пригадати випадки, коли реакції розкладу, заміщення та обміну є можливими;
- дізнатися про оборотні й необоротні реакції.

**Ознаки, за якими класифікують хімічні реакції.** Перетворення одних речовин на інші постійно відбуваються в природі; без них неможливе існування живих організмів. Різноманітні реакції вивчають учені в лабораторіях, здійснюють інженери і технологи на



заводах, учні та студенти під час виконання практичних робіт.

Хімічні реакції відбуваються повільно або миттєво, за звичайних умов або при нагріванні, за наявності каталізатора чи без нього. Вони можуть супроводжуватися різними зовнішніми ефектами — утворенням осаду чи газу, зміною кольору речовин або розчинів, виділенням теплоти тощо.

Для встановлення порядку в розмаїтті хімічних реакцій здійснено їх класифікацію. При цьому було враховано певні ознаки й особливості реакцій. Найважливіші з них:

- кількість реагентів і продуктів реакції;
- можливі напрямки перебігу реакції;
- зміна чи збереження ступенів окиснення елементів унаслідок перетворень речовин;
- виділення або поглинання теплоти під час реакції.

У цьому параграфі узагальнено відомості про реакції сполучення, розкладу, заміщення та обміну, а також розглянуто реакції, які можуть відбуватися в різних напрямках.

**Реакції сполучення і розкладу.** У 7 класі ви дізналися про реакції, у кожній з яких кількість реагентів і продуктів неоднакова.

## **Реакцію, в якій із кількох речовин утворюється одна речовина, називають *реакцією сполучення*.**

Вам відомі реакції сполучення, в яких беруть участь:

- *дві прості речовини* (мал. 28)

**Реакція сполучення**  
 $A + B (+ \dots) \rightarrow C$

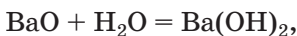


метал неметал



неметал неметал

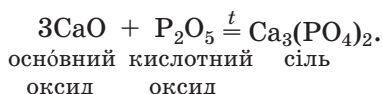
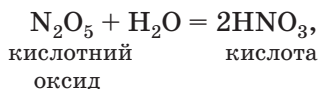
- *два оксиди*



основний луг

оксид

**Мал. 28.**  
Реакція  
алюмінію  
з бромом



Не всі реакції сполучення можливі. Наприклад, інертні гази гелій, неон і аргон не взаємодіють із жодною речовиною. Не відбуваються реакції кисню з хлором, бромом, йодом, а водню — з бором, силіцієм. Золото реагує лише з найактивнішими неметалами — галогенами, а також із деякими сполуками. Оксиди вступають між собою в реакції, якщо вони різняться за хімічними властивостями. Так, основні оксиди взаємодіють із кислотними й амфотерними оксидами.

- Складіть рівняння реакцій: а) між натрієм і воднем; б) між оксидами Літію і Сульфур(VI).

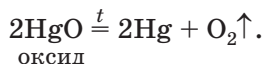
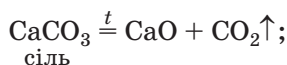
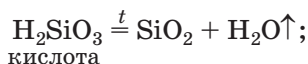
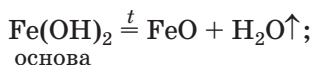
**Реакцію, в якій з однієї речовини утворюється кілька речовин, називають *реакцією розкладу*.**

Очевидним є те, що розкладатися здатні лише складні речовини. Серед них — основи, амфотерні гідроксиди, оксигеновмісні кислоти та їхні солі, деякі оксиди (мал. 29):

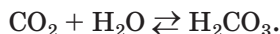
**Мал. 29.**  
Розклад  
меркурій(II)  
оксиду



Реакція розкладу  
 $A \rightarrow B + C (+ \dots)$



Реакції розкладу відбуваються, як правило, при нагріванні. Карбонатна і сульфідна кислоти розкладаються вже за звичайних умов під час утворення:



Продуктами розкладу основ, оксигеновмісних кислот і більшості їхніх солей є оксиди. Не розкладаються при нагріванні гідроксиди, карбонати й сульфати Натрію і Калію, а також оксигеновмісні солі, кожна з яких утворена двома нелеткими оксидами, — фосфати, силікати, цинкати, алюмінати тощо.

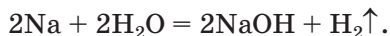
► Складіть рівняння реакцій розкладу: а) цинк карбонату; б) алюміній гідроксиду.

Реакції заміщення та обміну. Вивчаючи у 8 класі хімічні перетворення неорганічних сполук, ви дізналися про реакції, в кожній з яких — два реагенти і два продукти.

**Реакцію між простою і складною речовинами, в результаті якої утворюються інші проста і складна речовини, називають реакцією заміщення.**

**Реакція заміщення**  $A + BC \rightarrow B + AC$

Реакції заміщення за участю металів вам добре відомі. Лужні та лужноземельні метали взаємодіють з водою:

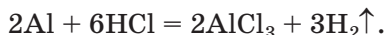


У цій реакції один із двох атомів Гідрогену в молекулі води заміщується на атом (точніше — на йон) металічного елемента.

*Відомі реакції, під час яких відбувається повне заміщення атомів Гідрогену в молекулах води. Приклад такого перетворення:*

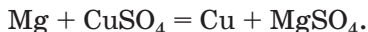


Майже всі метали взаємодіють із кислотами. Частина цих реакцій відбувається з виділенням водню:



Так взаємодіють із металами хлоридна і розбавлена сульфатна кислоти. Перебіг подібних реакцій можливий, якщо метал перебуває в ряду активності зліва від водню.

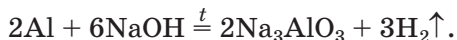
Метали можуть взаємодіяти з розчинами солей. Продуктами цих реакцій є інший метал і нова сіль:



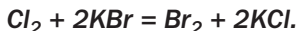
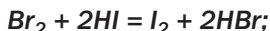
Такі перетворення відбуваються, якщо метал-реагент розміщений у ряду активності зліва від металу-продукту.

► Напишіть рівняння реакції міді з розчином аргентум нітрату.

Цинк, алюміній, олово, інші активні метали, яким відповідають елементи, що утворюють амфотерні оксиди та гідроксиди, взаємодіють із лугами. Під час реакції металу з розплавленим лугом атоми металічного елемента заміщують атоми Гідрогену в другому реагенті:



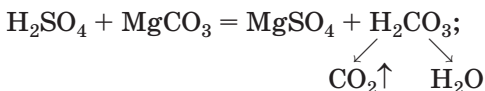
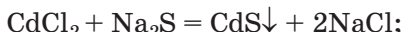
У реакціях заміщення можуть брати участь і неметали. Наприклад, більш активний галоген витісняє менш активний із водного розчину галогеноводню (безоксигенової кислоти) або солі (галогеніду):



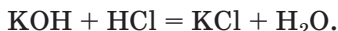
Нагадуємо, що хімічна активність галогенів зростає у групі періодичної системи знизу догори.

**Реакцію між двома складними речовинами, у результаті якої вони обмінюються своїми складовими частинами (атомами, групами атомів, йонами), називають реакцією обміну.**

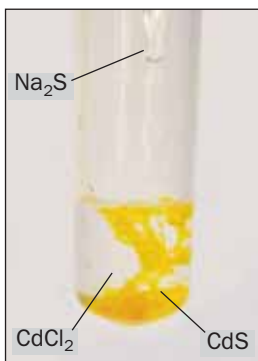
Реакції обміну відбуваються переважно у водному розчині. У них беруть участь електроліти — основи, кислоти, солі. Випадки, коли ці реакції можливі, вам відомі. Це — виділення осаду (мал. 30), утворення газу або слабкого електроліту (у тому числі води):



Реакція обміну  
 $AB + CD \rightarrow AD + CB$



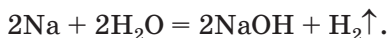
► Складіть йонно-молекулярні рівняння цих реакцій.



**Мал. 30.**  
Осадження кадмій сульфіду

**Оборотні та необоротні реакції.** Чимало хімічних реакцій відбувається лише «в одному напрямку». Їх продукти за будь-яких температури й тиску не взаємодіють з утворенням речовин, які раніше були реагентами. Такі реакції називають *необоротними*.

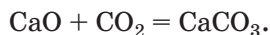
Натрій реагує з водою згідно з рівнянням



Це — необоротна реакція, оскільки протилежне перетворення неможливе:



Відомі й реакції іншого типу. Кальцій оксид за звичайних умов повільно взаємодіє з вуглекислим газом:



Якщо продукт цієї реакції — кальцій карбонат — сильно нагріти, він почне розкладатися на кальцій оксид і вуглекислий газ, тобто відбуватиметься протилежна реакція:

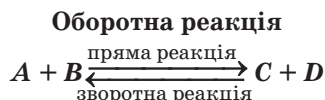


У певному температурному інтервалі одночасно можливі й утворення кальцій карбонату, і його розклад. За цих умов обидві реакції не відбуваються до кінця, і в закритій посудині виявляємо суміш трьох сполук — кальцій оксиду, карбон(IV) оксиду і кальцій карбонату.

**Хімічні реакції, які можуть відбуватися в протилежних напрямках, називають *оборотними*.**

Деякі реакції є оборотними за звичайних умов. Серед них — взаємодія вуглекислого і сірчастого газів з водою.

Реакцію, що відбувається між речовинами, записаними в лівій частині хімічного рівняння, називають *прямою*, а протилежну реакцію — *зворотною*. Одночасний пере-



біг цих реакцій показують у рівнянні за допомогою знака оборотності:



Оборотними бувають і фізичні явища, зокрема зміна агрегатного стану речовини. Якщо посудина, в якій кипить вода, накрита кришкою, то в ній одночасно відбуваються два протилежні процеси — перетворення води на пару і конденсація водяної пари з утворенням води.

## ВИСНОВКИ

Для класифікації хімічних реакцій використовують різні ознаки. Зіставляючи кількості реагентів і продуктів, а також враховуючи, простою чи складною є кожна речовина, розрізняють реакції сполучення, розкладу, заміщення та обміну.

Залежно від напрямку перебігу хімічні реакції поділяють на оборотні (вони можуть відбуватися в прямому і зворотному напрямках) і необоротні (можлива лише пряма реакція).



96. Назвіть ознаки, за якими класифікують хімічні реакції.

97. Дайте означення реакцій сполучення, розкладу, заміщення та обміну.

98. Знайдіть відповідність:

Рівняння реакції	Тип реакції
1) $2\text{NH}_3 + 3\text{Mg} \overset{t}{=} \text{Mg}_3\text{N}_2 + 3\text{H}_2$ ;	а) реакція обміну;
2) $\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4$ ;	б) реакція розкладу;
3) $4\text{Na}_2\text{SO}_3 \overset{t}{=} 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{S}$ ;	в) реакція заміщення;
4) $\text{MgI}_2 + 2\text{KOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{KI}$ ;	г) реакція сполучення.

99. Запишіть рівняння двох реакцій — сполучення і розкладу, під час яких утворюється алюміній оксид.

100. Складіть два молекулярні рівняння реакцій обміну, які відповідають йонно-молекулярному рівнянню  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}\downarrow$ .

101. Напишіть рівняння оборотної реакції утворення амоніаку  $\text{NH}_3$  із простих речовин. Укажіть пряму і зворотну реакції.
102. Обчисліть масу солі, яка утворилася в результаті нейтралізації барій гідроксидом 800 г розчину нітратної кислоти з масовою часткою кислоти 25,2 %.
103. Сульфур(VI) оксид при сильному нагріванні розкладається на сульфур(IV) оксид і кисень. Обчисліть:
- а) середню молярну масу суміші газів, яка утворюється;
  - б) відносну густину цієї суміші за повітрям.
104. Кальцій карбонат при нагріванні втратив 11 % своєї маси. Знайдіть масові частки речовин, що містяться у твердому залишку.

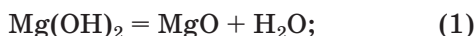
# 14

## Окисно-відновні реакції

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- з'ясувати, яку реакцію називають окисно-відновною;
- розрізнати процеси окиснення й відновлення, окисники та відновники;
- зрозуміти значення окисно-відновних реакцій.

**Окисно-відновні реакції.** Порівняємо два хімічних перетворення:



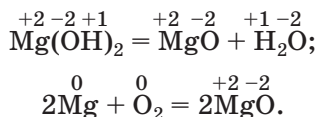
З огляду на кількість реагентів і продуктів у кожній реакції доходимо висновку: реакція (1) є реакцією розкладу, а реакція (2) — реакцією сполучення.

Ці реакції різняться й за іншою ознакою. Звернемо увагу на ступені окиснення елементів у реагентах і продуктах.

- Що називають ступенем окиснення елемента? Визначте ступені окиснення елементів у речовинах, формули яких записано в хімічних рівняннях (1) і (2).

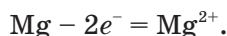


Указавши ступені окиснення елементів над формулами реагентів і продуктів, виявляємо, що вони змінюються лише при утворенні оксиду із простих речовин:



**Реакції, які відбуваються зі зміною ступенів окиснення елементів, називають окисно-відновними реакціями.**

**Процеси окиснення і відновлення.** З'ясуємо походження терміна «окисно-відновна реакція». Раніше, характеризуючи реакції за участю кисню, ми стверджували, що речовина, яка взаємодіє з киснем, зазнає окиснення. У реакції (2) такою речовиною є магній. Кожний атом металу втрачає 2 електрони і перетворюється на катіон:



Ступінь окиснення елемента Магнію підвищується від 0 до +2; він *окиснюється*.

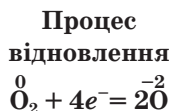
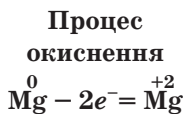
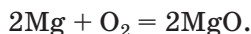
Із магнієм взаємодіє кисень. Кожний атом Оксигену молекули  $\text{O}_2$  приєднує 2 електрони й перетворюється на аніон:



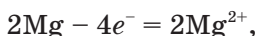
Ступінь окиснення Оксигену знижується від 0 до -2; цей елемент *відновлюється*.

*Окиснення — процес втрачання електронів частинкою речовини, а відновлення — процес приєднання нею електронів.*

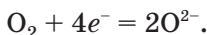
Процеси окиснення й відновлення завжди супроводжують один одного. Електрони не виникають із нічого й не накопичуються в пробірці. Скільки електронів втрачають одні частинки, стільки їх приєднують інші. Переконаємось у цьому на прикладі реакції



Два атоми Магнію втрачають 4 електрони



а два атоми Оксигену, які містяться в молекулі  $\text{O}_2$ , приєднують 4 електрони:



Теорію окисно-відновних реакцій, яку було названо електронно-іонною теорією, запропонував у 1914 р. вітчизняний учений Л. В. Писаржевський.

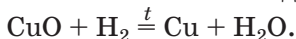
### Окисно-відновна реакція



**Окисники та відновники.** Для речовин, які беруть участь в окисно-відновній реакції, використовують терміни «окисник» і «відновник». Запам'ятайте: окисник отримує електрони й відновлюється (ним у реакції  $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$  є кисень), а відновник втрачає електрони й окиснюється (це — магній).

Окисниками та відновниками можуть бути як прості речовини, так і складні. Деякі речовини здатні виступати лише окисниками (наприклад, фтор), інші — лише відновниками (наприклад, метали). Більшість неметалів, а також сполуки елементів у проміжних ступенях окиснення в одних реакціях є окисниками, а в інших — відновниками.

► Назвіть окисник і відновник у реакції



На підставі викладеного матеріалу робимо висновок: *якщо в реакції бере участь або утворюється проста речовина, то така реакція є окисно-відновною.* Справді, ступінь окиснення елемента в простій речовині дорівнює нулю, а в сполуці є додатним або від'ємним числом.

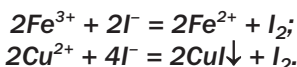
У клітинках таблиці розчинності, які відповідають солям  $\text{FeI}_3$  і  $\text{CuI}_2$ , бачимо риски. Вони свідчать про те, що цих сполук не існує. Йони  $\text{Fe}^{3+}$  і  $\text{Cu}^{2+}$  вступають в окисно-відновні реакції з

**Лев Володимирович Писаржевський  
(1874—1938)**



Український хімік, академік АН СРСР та АН УРСР. Розробив теорію окисно-відновних реакцій, в основі якої — уявлення про перехід електронів від одних частинок до інших (1914). Заклав основи електронної теорії каталізу. Професор Київського політехнічного інституту (1908—1911), катеринославських (нині — дніпровські) вищих навчальних закладів — гірничого інституту й університету. З 1927 р. — директор створеного за його ініціативою Українського інституту фізичної хімії (тепер — Інститут фізичної хімії НАН України ім. Л. В. Писаржевського).

йонами  $I^-$  (мал. 31). Відповідні йонно-молекулярні рівняння:



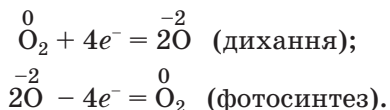
Катіони металічних елементів є окисниками, а аніон Йоду — відновником.

**Мал. 31.**  
Реакція купрум(II) сульфату з калій йодидом у розчині



**Значення окисно-відновних реакцій.** Окисно-відновні реакції постійно відбуваються в природі. Вони становлять основу таких найважливіших процесів, як дихання і фотосинтез. У цих процесах одним з елементів, які змінюють ступінь окиснення, є Оксиген. Під

час дихання його атоми (з них складаються молекули кисню) відновлюються, а при фотосинтезі (вони містяться в молекулах оксигеновмісних сполук) — окиснюються:



Окисно-відновні реакції використовують у багатьох галузях промисловості. Здійснюючи хімічні перетворення цього типу, з руд добувають метали. На теплоелектростанціях спалюють різні види палива, у двигунах автомобілів згоряють бензин, дизельне паливо, природний газ.

Деякі окисно-відновні реакції відіграють негативну роль. Вони спричиняють пожежі, ржавіння заліза (мал. 32), псування харчових продуктів тощо.



**Мал. 32.**  
Корпус судна,  
вкритий іржею

## ВИСНОВКИ

Реакції, які відбуваються зі зміною ступенів окиснення елементів, називають окисно-відновними. Окиснення — процес втрачання електронів частинками речовини, а відновлення — процес приєднання електронів.

Речовину, яка окиснюється, називають відновником, а речовину, яка відновлюється, — окисником. Окисник отримує стільки електронів, скільки їх втрачає відновник.

**Окисно-відновні реакції відбуваються в природі; їх використовують у промисловості, теплоенергетиці, транспортних засобах.**



105. Які реакції називають окисно-відновними?
106. Дайте означення термінам «окиснення», «відновлення», «окисник», «відновник». Використовуючи ці терміни, прокоментуйте реакцію натрію з хлором.
107. Чому реакції, за допомогою яких із металічних руд добувають метали, є окисно-відновними?
108. Виберіть серед наведених схем ті, які відповідають окисно-відновним реакціям, і поясніть свій вибір:
- а)  $\text{Li} + \text{H}_2 \xrightarrow{t} \text{LiH}$ ;                      в)  $\text{KOH} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$ ;  
б)  $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$ ;              г)  $\text{NaClO}_3 \xrightarrow{t, k} \text{NaCl} + \text{O}_2$ .
109. Запишіть у порожні клітинки таблиці по одному хімічному рівнянню (не використовуйте наведених у параграфі та попередній вправі):

Тип реакції	Ступені окиснення елементів	
	змінюються	не змінюються
Реакція сполучення		
Реакція розкладу		

110. Укажіть речовину-окисник і речовину-відновник у кожній реакції:
- а)  $\text{Ba} + \text{N}_2 \xrightarrow{t} \text{Ba}_3\text{N}_2$ ;                      в)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \xrightarrow{t} \text{Fe} + \text{CO}_2$ ;  
б)  $\text{Li}_2\text{O} + \text{Si} \xrightarrow{t} \text{Li} + \text{SiO}_2$ ;              г)  $\text{NH}_3 + \text{CuO} \xrightarrow{t} \text{Cu} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .
111. Знайдіть відповідність і зазначте, в якій речовині Хлор може бути в хімічних реакціях лише окисником, а в якій речовині — лише відновником:

<i>Формула речовини</i>	<i>Ступінь окиснення Хлору</i>
1) $\text{Cl}_2\text{O}$ ;	а) 0;
2) $\text{FeCl}_2$ ;	б) +2;
3) $\text{HClO}_4$ ;	в) +1;
4) $\text{Cl}_2$ ;	г) -1;
	г) +7.

112. Які частинки — атом К, йон  $\text{S}^{2-}$ , атом С, йон  $\text{Ca}^{2+}$ , йон  $\text{Fe}^{2+}$ , атом Fe, атом F — можуть бути в хімічних реакціях:
- а) лише окисниками;  
б) лише відновниками;  
в) і окисниками, і відновниками?

Відповіді обґрунтуйте.



характерних ступенів окиснення елементів, хімічних властивостей їхніх сполук, іншої важливої інформації.

У цьому параграфі обмежимося розглядом того, як «готові» схеми окисно-відновних реакцій перетворюють на хімічні рівняння.

Добір коефіцієнтів у схемах таких реакцій можна здійснювати звичайним способом.

► Перетворіть дві щойно складені вами схеми реакцій на хімічні рівняння.

У багатьох випадках (наприклад, коли взаємодіють або утворюються три речовини) традиційний добір коефіцієнтів потребує чимало часу. Переконайтесь у цьому, спробувавши перетворити схему реакції

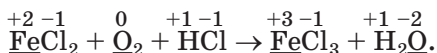


на хімічне рівняння.

Існує універсальний та ефективний метод добору коефіцієнтів у схемах окисно-відновних реакцій. Його назва — *метод електронного балансу*. Він ґрунтується на тому, що кількість електронів, які втрачають одні частинки й приєднують інші, завжди однакова.

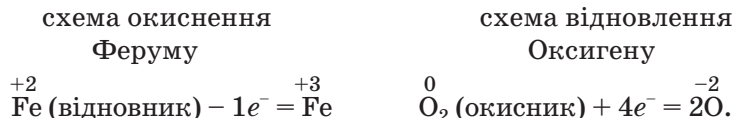
Доберемо коефіцієнти методом електронного балансу в останній схемі окисно-відновної реакції, виконавши такі дії.

1. *Визначаємо ступені окиснення елементів у реагентах і продуктах реакції й підкреслюємо елементи, які змінили свої ступені окиснення:*



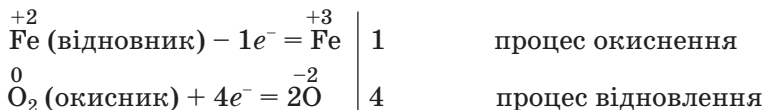
2. *З'ясовуємо, який з елементів є окисником, а який — відновником.* Ферум підвищив ступінь окиснення від +2 до +3, отже, виступив відновником і окиснився, а Оксиген знизив ступінь окиснення від 0 до -2, виконав роль окисника і відновився.

### 3. Записуємо схеми окиснення і відновлення:

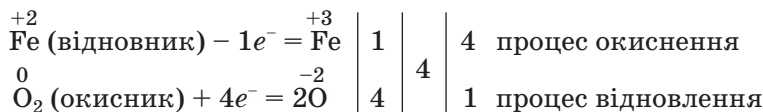


Зверніть увагу: у схемі відновлення перед атомом Оксигену записано коефіцієнт 2, бо з однієї молекули кисню утворюються два атоми. Указано також, що молекула кисню приєднує 4 електрони, оскільки кожний атом Оксигену в ній приєднує 2 електрони. Отже, у схемах окиснення й відновлення зазначають, скільки електронів втрачають або приєднують відповідні частинки і за потреби добирають коефіцієнти.

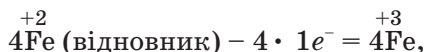
4. Готуємо запис для визначення коефіцієнтів. Розміщуємо схему відновлення під схемою окиснення, а після вертикальної лінії записуємо вказані в схемах кількості електронів:



5. Визначаємо коефіцієнти. Знаходимо найменше спільне кратне для чисел 1 і 4. Це — число 4, яке записуємо після другої вертикальної лінії. Поділивши його на кількість електронів, які втрачаються (1) і приєднуються (4), отримуємо числа 4 і 1 для схем окиснення і відновлення відповідно. Вказуємо їх за третьою вертикальною лінією:



Числа в останньому стовпчику — 4 і 1 — це коефіцієнти в схемах відповідних процесів і майбутньому рівнянні. Записавши коефіцієнти 4 в схему окиснення



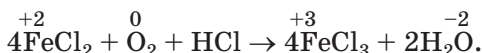


бачимо, що кожні 4 атоми  $\overset{+2}{\text{Fe}}$  втрачають 4 електрони. Стільки ж електронів отримує кожна молекула  $\overset{0}{\text{O}_2}$ .

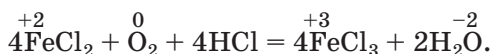
6. *Перетворюємо схему реакції на хімічне рівняння.* Записуємо коефіцієнт 4 перед формулами двох сполук Феруму, а коефіцієнт 1 перед формулою кисню не вказуємо:



Для того щоб у правій частині схеми, як і в лівій, було два атоми Оксигену, перед формулою води має бути коефіцієнт 2:



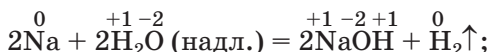
Визначаємо коефіцієнт перед формулою хлороводню — сполуки, в якій містяться елементи, що не змінили ступенів окиснення (це — число 4), і замінюємо стрілку на знак рівності:



► Перевірте, чи однакові кількості атомів кожного елемента містяться в лівій і правій частинах рівняння.

Складаючи рівняння окисно-відновних реакцій, візьміть до уваги такі поради:

- знайдені з урахуванням балансу електронів коефіцієнти перед формулами окисника і відновника змінювати не можна — вони є остаточними;
- у деяких реакціях окиснюється або відновлюється лише частина атомів певного елемента, тому що відповідний реагент наявний у надлишку:



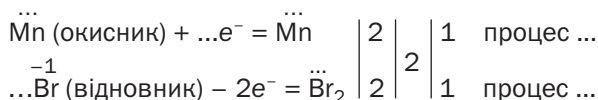
коефіцієнт перед формулою цієї сполуки добирають останнім.

## ВИСНОВКИ

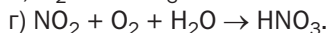
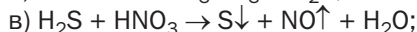
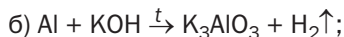
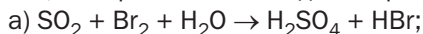
**Рівняння окисно-відновних реакцій складають, використовуючи метод електронного балансу. Цей метод ґрунтується на тому, що кількості електронів, які віддають частинки відновника і приєднують частинки окисника, є однаковими.**



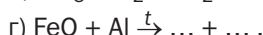
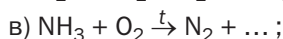
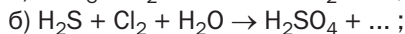
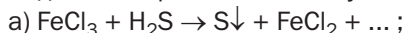
117. Запишіть замість крапок відповідні цифри і слова:



118. Складіть рівняння окисно-відновних реакцій за наведеними схемами, використавши метод електронного балансу:



119. Допишіть схеми реакцій та перетворіть їх на хімічні рівняння за методом електронного балансу:



120. Реакція між ферум(III) оксидом і карбон(II) оксидом може відбуватися з утворенням двох інших оксидів. Укажіть тип реакції й складіть відповідне хімічне рівняння.

121. Сірка і фосфор взаємодіють із концентрованою нітратною кислотою з утворенням кислот, які відповідають вищим оксидам Сульфуру і Фосфору, а також нітроген(IV) оксиду і води. Складіть рівняння цих реакцій.

122. Яку кількість електронів під час реакції кальцію з киснем:

а) втрачає 1 моль металу;

б) втрачає 1 г металу;

в) приєднує 1 л кисню (н. у.);

г) приєднує 1 г кисню?

123. Обчисліть масу цинку, яку потрібно взяти для реакції з надлишком хлоридної кислоти, щоб за допомогою добутого водню перетворити 2 г купрум(II) оксиду на метал.

для допитливих

### Окисно-відновні реакції в батарейках

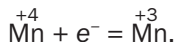
Наприкінці XVIII ст. італійський фізик А. Вольта, а пізніше англійський хімік Ф. Даніел винайшли оригінальні пристрої, які називають *хімічними джерелами струму*. Електричний струм виникав у них унаслідок перебігу окисно-відновних реакцій між речовинами.

Перші такі пристрої містили розчини деяких солей, були громіздкими й незручними у використанні. У 1865 р. французький хімік Ж. Лекланше замінив розчин на вологу пасту з манган(IV) оксиду  $MnO_2$ , амоній хлориду  $NH_4Cl$ <sup>1</sup> і графітового порошку. Він помістив пасту в невеликий цинковий резервуар і занурив у неї графітовий стержень. Зібрані пристрої вчений герметизував смолою або воском.

Винахід Ж. Лекланше використовують і нині в деяких батарейках. Їх цинковий корпус є негативним полюсом джерела постійного струму, а графітовий стержень — позитивним полюсом. Атоми Цинку втрачають електрони, залишаючи їх у металі, зазнають окиснення й перетворюються на катіони:

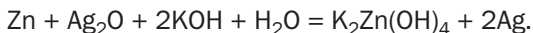


Тому корпус батарейки зсередини поступово руйнується. На графіті відновлюється Манган за спрощеною схемою:



Робота такого джерела струму пов'язана з перетворенням різних видів енергії. Частина внутрішньої енергії<sup>2</sup> речовин перетворюється на електричну енергію (продукти окисно-відновної реакції мають меншу внутрішню енергію, ніж реагенти).

Нині значний попит мають компактні хімічні джерела струму з тривалим періодом роботи. Одне з таких джерел струму містить, крім цинку, аргентум(I) оксид  $Ag_2O$  і калій гідроксид. Під час його роботи відбувається окисно-відновна реакція:



<sup>1</sup> Сполука належить до солей і складається з катіонів амонію  $NH_4^+$  та аніонів  $Cl^-$ .

<sup>2</sup> Про цей вид енергії йдеться в § 16.

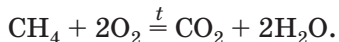
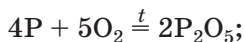
# 16 Тепловий ефект хімічної реакції

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- з'ясувати, як класифікують реакції за їхнім тепловим ефектом;
- зрозуміти причину теплового ефекту реакції;
- складати термохімічні рівняння.

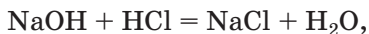
**Екзотермічні та ендотермічні реакції.** Вам відомі реакції, які відбуваються з виділенням значної кількості теплоти. Це — реакції горіння. Їх використовували люди ще в далекі часи, обігрівали свої домівки, готуючи їжу, спалюючи деревину, рослинні залишки, вугілля. Нині сфера застосування реакцій горіння значно розширилася. Їх здійснюють на теплоенергетичних підприємствах, металургійних заводах, у двигунах внутрішнього згорання, при використанні вогнепальної зброї, під час запусків ракет і космічних кораблів, при створенні феєрверків (мал. 33).

Приклади реакцій горіння:

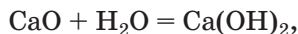


**Мал. 33.**  
Використання  
реакцій  
горіння

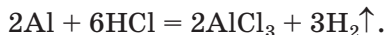
Теплота виділяється не лише при горінні речовин, а й при змішуванні розчинів лугу та сильної кислоти (внаслідок реакції нейтралізації)



гасінні вапна

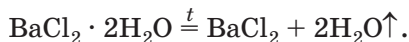


взаємодії металів з кислотами:



Реакції, під час яких теплота виділяється, часто відбуваються мимовільно. Щоправда, у деяких випадках їх треба ініціювати (наприклад, підпалити речовину).

Існують реакції, під час яких теплота поглинається. Серед них — реакції розкладу багатьох сполук (оксидів, гідроксидів, оксигеновмісних солей, кристалогідратів):



Для того щоб такі реакції відбувалися, речовини нагрівають. Якщо нагрівання припинити, то припиняється й хімічне перетворення.

**Реакції, під час яких теплота виділяється, називають екзотермічними<sup>1</sup>, а реакції, під час яких теплота поглинається, — ендотермічними<sup>2</sup>.**

**Тепловий ефект реакції.** Виділення або поглинання теплоти під час хімічної реакції

---

<sup>1</sup> Термін походить від грецького слова echo — ззовні.

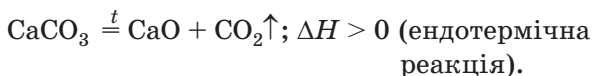
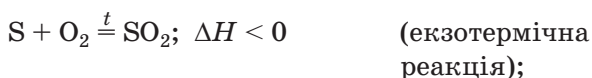
<sup>2</sup> Термін походить від грецького слова endon — всередині.

називають *тепловим ефектом реакції*. З'ясуємо причину його виникнення.

Кожна речовина має власну внутрішню енергію. Вона складається з енергій усіх частинок речовини (атомів, молекул, йонів) й енергій хімічних зв'язків між ними. Виміряти внутрішню енергію речовини неможливо.

Під час реакції хімічні зв'язки між атомами або йонами в кожному реагенті руйнуються (на це енергія витрачається, вона поглинається речовиною) й утворюються нові хімічні зв'язки в продуктах реакції (при цьому енергія виділяється). Якщо виділяється більше енергії, ніж поглинається, то реакція є екзотермічною, а якщо навпаки — реакція є ендотермічною.

Для теплового ефекту реакції використовують позначення  $\Delta H$  (читається «дельта-аш»). У разі екзотермічної реакції  $\Delta H < 0$ , а ендотермічної реакції —  $\Delta H > 0$ . За необхідності тепловий ефект указують разом із хімічним рівнянням:



► Запишіть у зошит хімічні рівняння, наведені на с. 90—91, і додайте до кожного рівняння позначення теплового ефекту.

**Екзотермічна реакція**  
 $A + \dots = B + \dots; \Delta H < 0$

**Ендотермічна реакція**  
 $C + \dots = D + \dots; \Delta H > 0$

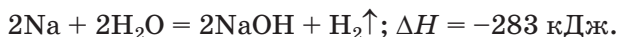
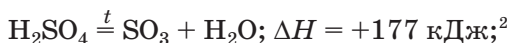
Явище виділення або поглинання теплоти під час хімічної реакції узгоджується з принципом збереження енергії: *енергія не виникає з нічого і не зникає безслідно, а лише перетворюється з одного виду на інший.*

**Термохімічне рівняння.** Кількість теплоти, яка виділяється або поглинається внаслідок реакції, можна визначити експериментально,

наприклад за допомогою калориметра<sup>1</sup> — пристрою, відомого вам з уроків фізики у 8 класі.

**Хімічне рівняння із записом числового значення теплового ефекту реакції називають *термохімічним рівнянням*.**

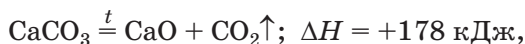
Приклади термохімічних рівнянь:



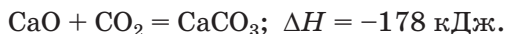
Перше рівняння свідчить про те, що під час розкладу 1 моль сульфатної кислоти з утворенням 1 моль сульфур(VI) оксиду та 1 моль води поглинається 177 кДж теплоти.

► Прокоментуйте друге термохімічне рівняння.

Чимало реакцій є оборотними. Так, кальцій карбонат під час нагрівання розкладається на кальцій оксид і вуглекислий газ (ендотермічна реакція)



а за звичайних умов ця сіль повільно утворюється при взаємодії оксидів (екзотермічна реакція):



Відповідну закономірність формулюють так: *тепловий ефект хімічної реакції дорівнює тепловому ефекту зворотної реакції, але має протилежний знак.*

Значення теплових ефектів багатьох хімічних реакцій наведені в довідниках.

---

<sup>1</sup> Слово походить від назви старої одиниці вимірювання кількості теплоти — калорії (1 калорія = 4,18 Дж).

<sup>2</sup> Знак «плюс» перед значенням теплового ефекту не опускають.

## ВИСНОВКИ

Усі хімічні перетворення відбуваються з певним тепловим ефектом. Реакції, під час яких виділяється теплота, називають екзотермічними, а реакції, під час яких поглинається теплота, — ендотермічними.

Хімічне рівняння із записом числового значення теплового ефекту реакції називають термохімічним рівнянням.



124. Що розуміють під тепловим ефектом хімічної реакції?
125. Як класифікують реакції залежно від їх теплового ефекту?
126. За дуже високої температури водяна пара розкладається на прості речовини. Як можна пояснити те, що відповідна хімічна реакція є ендотермічною?
127. При утворенні 1 моль хлороводню з простих речовин виділяється 92,2 кДж теплоти. Напишіть відповідне термохімічне рівняння.
128. Скориставшись термохімічним рівнянням  $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ ;  $\Delta H = -92,4$  кДж, напишіть термохімічне рівняння реакції розкладу амоніаку на прості речовини.

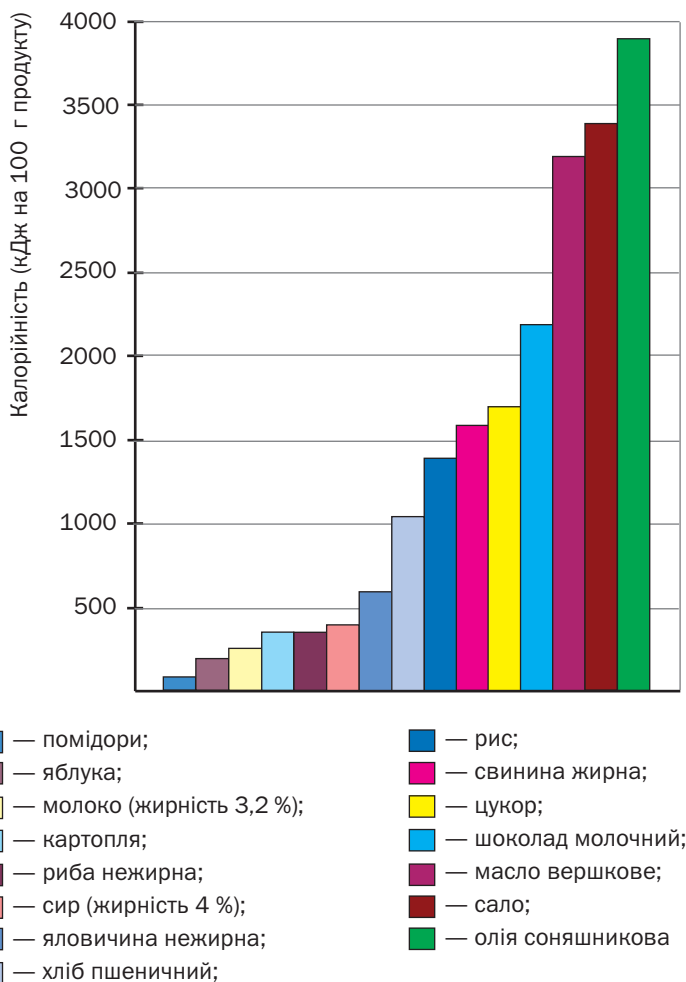
для допитливих

### Калорійність харчових продуктів

Відомо, що їжа є джерелом речовин та елементів, необхідних для життя тварин і людини. Крім того, це — джерело енергії для живих істот. Реакції в організмі за участю речовин, спожитих із їжею, переважно екзотермічні; вони відбуваються з виділенням теплоти. Кількість енергії, що виділяється під час повного окиснення харчового продукту (умовно — його реакції з киснем, у результаті якої утворюються вуглекислий газ, вода, азот, деякі інші речовини), визначає *калорійність продукту* (мал. 34). Вивільнена тепла енергія потрібна живому організму для здійснення в ньому реакцій, що відбуваються з поглинанням теплоти, а також для підтримання постійної температури тіла.

Існують три основні групи поживних речовин у харчових продуктах: *білки, жири та вуглеводи*.





**Мал. 34.**  
Середня калорійність харчових продуктів

Найважливішими жирами є рослинні олії (соняшникова, кукурудзяна, оливкова та ін.), тваринні жири (сало, вершкове масло тощо), а вуглеводами — цукор і крохмаль. Найбільше теплоти виділяється під час окиснення жирів — у середньому 3900 кДж у перерахунку на 100 г жиру.

Білки і вуглеводи мають нижчу і майже однакову калорійність — приблизно 1700 кДж на 100 г речовини. Якщо олія складається

практично лише із жирів, цукор — чистий вуглевод (сахароза), то 100 %-ї білкової їжі не існує. Найбільше білків міститься в м'ясі, рибі, яйцях, сирі, горіхах (10—25 % від маси продукту). Білки — найцінніший «будівельний» матеріал для організму, а вуглеводи й особливо жири важливі як джерела енергії.

Добова енергетична потреба людини становить у середньому 12 000 кДж і залежить від її віку, статі, фізичного та розумового навантаження. Визначити, скільки людині потрібно споживати білків, жирів, вуглеводів, певних харчових продуктів, щоб забезпечити свій організм необхідною кількістю енергії, неважко. Складніше обрати необхідне для організму співвідношення, наприклад, тваринних і рослинних жирів. Відповідні рекомендації розробляють біологи, лікарі, дієтологи.

## 17 Швидкість хімічної реакції

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- пояснити залежність швидкості реакції від різних чинників;
- зрозуміти роль каталізатора в хімічній реакції.

**Швидкість хімічної реакції.** Виконавши чимало лабораторних дослідів, ви переконалися в тому, що одні хімічні реакції відбуваються миттєво (наприклад, реакції обміну з утворенням осаду), інші — досить швидко (горіння речовин), деякі — повільно (реакції розкладу). Хімічні перетворення мінералів у природних умовах взагалі не вдається помітити, навіть спостерігаючи за речовинами протягом багатьох років.

Кожна реакція має певну швидкість. Інформація про швидкість реакції, а також про чинники, від яких вона залежить, уміння її перед-

бачати та обчислювати необхідні інженерам, технологам для того, щоб регулювати перебіг реакцій — уповільнювати небажані й прискорювати ті, які потрібно здійснити.

*Швидкість реакції, яка відбувається в однорідній суміші, визначають за зміною кількості речовини реагенту (продукту) в одиниці об'єму суміші за одиницю часу:*

$$v = \frac{\Delta n}{V \cdot \tau}.$$

*У цій формулі  $v$  — швидкість реакції,  $\Delta n$  — зміна кількості речовини,  $V$  — об'єм суміші,  $\tau$  — проміжок часу.*

**Залежність швидкості реакції від різних чинників.** На швидкість реакції впливають:

- хімічна природа реагуючих речовин (те, які саме речовини взаємодіють);
- концентрації реагентів (якщо взаємодіють гази або розчинені речовини);
- площа поверхні контакту речовин (у неоднорідних сумішах);
- температура;
- наявність сторонніх речовин (каталізаторів).

Сподіваємося, що ви погодитесь із таким твердженням: *швидкість реакції визначається хімічною активністю реагентів.* Відомо, що метали виявляють різну здатність до хімічних перетворень. Про це свідчить їх ряд активності. Так, реакції лужних металів з водою відбуваються досить швидко, іноді — з вибухом, лужноземельні метали взаємодіють із нею повільніше, а більшість інших металів інертні щодо води. Найактивнішим серед неметалів є фтор. Йому поступаються за активністю інші галогени, кисень, а найпасивнішими неметалами, крім інертних газів, є бор і прості речовини Карбону — графіт, алмаз.

► Однакову чи різну хімічну активність виявляють кислоти? Відповідь аргументуйте.

З'ясуємо за допомогою експерименту, як впливають інші чинники на швидкість хімічної реакції.

### ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 11

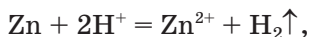
#### Вплив площі поверхні контакту реагентів, концентрації і температури на швидкість реакції цинку з хлоридною кислотою

1. В одну пробірку помістіть гранулу цинку, а в іншу — приблизно 1 г цинкового порошку. У кожную пробірку налийте по 2 мл хлоридної кислоти з масовою часткою хлороводню 10 %. Що спостерігаєте? У якій пробірці газ виділяється більш інтенсивно?

2. У дві пробірки помістіть по гранулі цинку. В одну пробірку налийте 2 мл хлоридної кислоти з масовою часткою хлороводню 10 %, а в іншу — такий самий об'єм хлоридної кислоти з масовою часткою хлороводню 5 %. У якій пробірці реакція проходить із більшою швидкістю?

3. У дві пробірки помістіть по гранулі цинку і налийте по 2 мл хлоридної кислоти з масовою часткою хлороводню 5 %. Вміст однієї пробірки нагрійте, але не до кипіння. Порівняйте швидкості реакції в обох пробірках.

Виконавши лабораторний дослід, ви з'ясували, що реакція кислоти з подрібненим металом (порошком) відбувається швидше, ніж із металом у компактному стані (гранулою). Згідно з йонно-молекулярним рівнянням

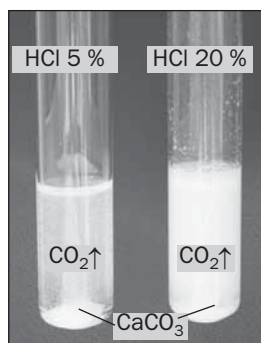


у реакції беруть участь атоми Цинку і катіони Гідрогену. Взаємодіяти з йонами  $\text{H}^+$  можуть лише атоми Цинку, які перебувають на поверхні металу. Оскільки загальна площа поверхні

часточок порошку значно перевищує площу поверхні гранули, подрібнений цинк швидше взаємодіє з кислотою.

### Швидкість реакції зі збільшенням площі поверхні контакту реагентів зростає.

Ви також виявили, що швидкість реакції цинку з хлоридною кислотою залежить від концентрації хлороводню в розчині. Зі збільшенням концентрації реагенту зростає кількість його частинок (атомів, молекул, йонів) у реакційній суміші та кількість їх зіткнень із частинками іншого реагенту, а це приводить до більш активної взаємодії речовин (мал. 35).



**Мал. 35.**  
Реакція кальцій карбонату (мармуру) з хлоридною кислотою

### Швидкість реакції зі збільшенням концентрації реагенту зростає.

Під час хімічної реакції вихідні речовини витрачаються; їхні концентрації зменшуються. Тому реакція з часом уповільнюється.

Із проведеного лабораторного дослідження випливає ще один висновок:

### швидкість реакції з підвищенням температури зростає.

Вплив температури на перебіг реакції можна пояснити так. При нагріванні рідини,

газу або розчину збільшується швидкість руху частинок речовин, а при нагріванні твердої речовини — інтенсивність коливань частинок у ній. Унаслідок цього кількість зіткнень частинок реагентів зростає, що приводить до збільшення швидкості реакції.

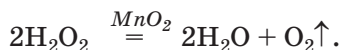
Швидкість деяких реакцій або можливість їх перебігу залежить від наявності каталізатора. Вам відомо, що *каталізатор — речовина, яка прискорює реакцію або спричиняє її перебіг, залишаючись після реакції незмінною.*

Гідроген пероксид  $\text{H}_2\text{O}_2$  в розбавленому водному розчині<sup>1</sup> дуже повільно й непомітно розкладається згідно з рівнянням



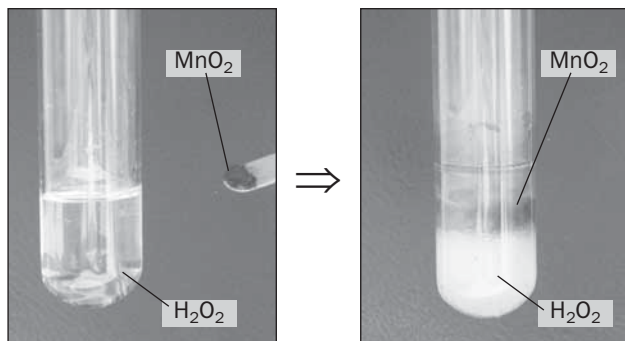
При додаванні в розчин цієї сполуки порошку манган(IV) оксиду відразу починається бурхливе виділення кисню (мал. 36). Ви це спостерігали, добуваючи кисень під час практичної роботи в 7 класі.

Формулу каталізатора записують у хімічному рівнянні над знаком рівності:



Прискорюють розклад гідроген пероксиду солі деяких елементів. У цьому можна переко-

**Мал. 36.**  
Розклад  
гідроген  
пероксиду  
в розчині  
за наявності  
каталізатора



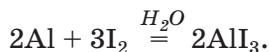
<sup>1</sup> Цей розчин під назвою «перекис водню» можна придбати в аптеці; його використовують як дезінфекційний засіб.

**Мал. 37.**  
Розклад  
гідроген  
пероксиду  
за наявності  
ферум(III)  
хлориду



натися, якщо додати бурій розчин ферум(III) хлориду до розчину гідроген пероксиду. Починається інтенсивне виділення газу, а забарвлення рідини не змінюється протягом усього досліду (мал. 37). Отже, сіль Феруму під час розкладу гідроген пероксиду не витрачається (як, до речі, і манган(IV) оксид).

Каталізатором у деяких реакціях є вода. Якщо змішати порошки алюмінію і йоду, то жодних змін не відбудеться. Додавання краплі води до суміші спричиняє бурхливу реакцію між простими речовинами (мал. 38):



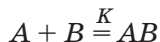
Вплив каталізатора на перебіг хімічних реакцій пояснюється тим, що він взаємодіє з одним із реагентів. При цьому витрачається менше енергії, ніж у реакції між реагентами. Нестійка



**Мал. 38.**  
Взаємодія  
алюмінію  
з йодом

сполука, яка утворюється, одразу взаємодіє з іншим реагентом, а каталізатор вивільнюється.

Участь каталізатора  $K$  у реакції між речовинами  $A$  і  $B$



можна умовно подати так:



Значення каталізаторів для сучасної промисловості й техніки вагоме. За участю цих речовин здійснюють майже 90 % усіх хімічних перетворень. Каталізатори використовують у транспортних засобах із двигунами внутрішнього згоряння. Завдяки цим речовинам токсичний чадний газ (продукт неповного окиснення бензину) швидко реагує з киснем і перетворюється на вуглекислий газ.

За участю каталізаторів відбуваються хімічні реакції в живих організмах. Ці каталізатори називають ферментами; їх виробляють живі клітини. Відсутність чи нестача якогось ферменту спричиняє захворювання, іноді досить тяжке. Докладніше про ферменти ви дізнаєтесь на уроках біології в старших класах.

*Існують речовини, які уповільнюють хімічні реакції. Їх називають інгібіторами. Додавання до бензину деяких сполук (антидетонаторів) запобігає надто швидкому його згорянню у двигуні, а також вибуху бензиново-повітряної суміші. У продукцію харчової промисловості часто додають невеликі кількості речовин-консервантів, що сприяє збільшенню терміну зберігання продуктів. Ці добавки мають бути безпечними для людини.*

## ВИСНОВКИ

Кожна реакція відбувається з певною швидкістю.



**Швидкість реакції залежить від хімічної природи реагентів, зростає зі збільшенням концентрації реагенту, площі поверхні контакту реагентів (у неоднорідних сумішах), із підвищенням температури.**

**Речовину, яка прискорює реакцію або спричиняє її перебіг, беручи в ній участь, але залишаючись після реакції незмінною, називають каталізатором. Каталізатори використовують у промисловості, в транспортних засобах. Природні каталізатори регулюють хімічні перетворення в живих організмах.**



129. Наведіть приклади хімічних реакцій у природі, які відбуваються:
- а) надзвичайно повільно;
  - б) із помітною швидкістю.
130. З якими реакціями, що мають різну швидкість, ви стикаєтесь у повсякденному житті?
131. Від яких чинників залежить швидкість хімічної реакції:
- а) в однорідній суміші речовин (рідкій, газуватій);
  - б) у неоднорідній суміші?
132. У якій суміші — однорідній чи неоднорідній — швидкість реакції залежить від площі поверхні контакту реагентів? Відповідь поясніть.
133. Назвіть чинники, які впливають на швидкість таких реакцій:
- а)  $S + O_2 = SO_2$ ;
  - б)  $2NO + O_2 = 2NO_2$ ;
  - в)  $Cu(OH)_2 + H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O$ .
134. Ви отримали завдання — добути кальцій оксид із крейди. Напишіть відповідне хімічне рівняння. Які умови потрібно створити, щоб швидкість цієї реакції була максимальною?
135. Які речовини називають каталізаторами?
136. Окиснення жирів у лабораторних умовах відбувається за температури понад  $450^\circ C$ , а в організмі людини — за температури тіла. Як це можна пояснити?
137. Каталізатором реакції чадного газу з киснем за підвищеної температури може слугувати водяна пара. Складіть рівняння реакції між цими газами, а також рівняння двох інших реакцій — за участю каталізатора та з його утворенням.

для допитливих

### Про умови зберігання харчових продуктів

Майже кожний харчовий продукт, особливо той, який перебуває на повітрі за звичайних умов, швидко псується. Причина — взаємодія речовин, що містяться в продукті, між собою і з речовинами довкілля — киснем, водою тощо. Таким реакціям бажано запобігати або хоча б уповільнювати їх.

Найпростіший шлях — ізолювати продукти від навколишнього середовища. Для цього їх загортають у папір, полімерну плівку, алюмінієву фольгу, герметично упаковують, а іноді з упаковки ще й видаляють повітря, створюючи вакуум (мал. 39, а).

Вам відомо, що швидкість хімічної реакції залежить від температури. У спеку вже за дві-три години їжа стає непридатною для вживання. Значно довше продукти зберігаються в охолодженому або замороженому стані. Останній спосіб зберігання найчастіше використовують для м'яса, риби (мал. 39, б), деяких фруктів і ягід.

Оскільки швидкість реакцій зростає зі збільшенням поверхні контакту речовин, чимало продуктів брикетують (мал. 39, в).

Більшість реакцій у неоднорідних сумішах відбувається значно повільніше, ніж в однорідних, тобто розчинах. Тому терміни зберігання сухого молока, твердих кулінарних сумішей у десятки і сотні разів перевищують терміни зберігання свіжого молока, рідких супів. Борошно і крупи зберігаються тим довше, чим менша їхня вологість.



**Мал. 39.**

Способи зберігання харчових продуктів: а — у вакуумній упаковці; б — у замороженому стані; в — у брикетах

# З розділ

## Найважливіші органічні сполуки

Розвиток людства нерозривно пов'язаний з органічними речовинами, їх добуванням і використанням. Ще в давнину люди вміли вилучати олію з насіння і плодів деяких рослин, пізніше навчилися виготовляти цукор із тростини і цукрового буряка, крохмаль із картоплі. Вони випікали хліб, варили пиво, виготовляли сир, вино, оцет, несвідомо здійснюючи хімічні реакції за участю органічних речовин.

У цьому розділі ви ознайомитеся з найбільш важливими й поширеними органічними сполуками, дізнаєтеся про завдання, які розв'язують учені-хіміки, і переконаєтеся, що без багатьох органічних речовин, які випускає хімічна промисловість, неможливо уявити життя сучасної людини.

---

# 18

## Органічні сполуки. Органічна хімія

---

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

- з'ясувати відмінності органічних речовин від неорганічних;
- зрозуміти причини численності органічних сполук;

- дізнатися про практичне значення досягнень у галузі органічної хімії.

**Органічні речовини.** На уроках хімії в 7 класі ви дізналися, що всі речовини поділяють на органічні й неорганічні.

Неорганічні речовини дуже поширені в природі. Вони входять до складу мінералів, металічних руд, гірських порід, ґрунту, містяться в повітрі, річках, морях, океанах. Багато сполук цього типу добуто в лабораторіях. Їх утворюють майже всі хімічні елементи.

Інша, численніша група речовин міститься в рослинах, організмах тварин і людини, продуктах їхньої життєдіяльності. Такі речовини назвали органічними. Серед них — білки, жири, цукор, глюкоза, крохмаль, вітаміни, ефірні олії, барвники (мал. 40).



**Мал. 40.**  
Органічні речовини, які добувають із рослин

Органічні сполуки містяться не тільки в живій природі. Вони становлять основу горючих копалин — нафти, природного газу, вугілля.

Разом з тим, відомо багато органічних сполук, яких у природі немає. Їх добувають учені в лабораторіях, інженери і технологи на заводах, здійснюючи різні хімічні реакції.

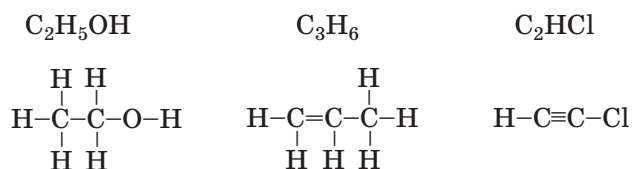
## Органічні речовини — це сполуки Карбону<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Чадний і вуглекислий гази, карбонатна кислота, її солі належать до неорганічних сполук.

До складу молекул органічних сполук, крім атомів Карбону, входять атоми Гідрогену, часто — ще й Оксигену, Нітрогену, іноді — атоми Сульфуру, Фосфору, галогенів.

Органічних речовин набагато більше, ніж неорганічних, — понад 20 мільйонів. Їх численність і різноманітність зумовлені здатністю чотиривалентних атомів Карбону сполучатися між собою простим ковалентним зв'язком (C–C) або кратними зв'язками — подвійним (C=C), потрійним (C≡C), а також іншими чинниками. Приклади хімічних і структурних формул<sup>1</sup> органічних сполук:



Майже всі органічні сполуки складаються з молекул і тому мають невисокі температури плавлення й кипіння; деякі є леткими. Не випадково квіти, фрукти, ягоди, овочі, харчові продукти мають різноманітні запахи.

Значна кількість органічних речовин розчиняється у спирті, ацетоні, гасі, бензині, але не розчиняється у воді (мал. 41). Це зумовлено наявністю в їхніх молекулах неполярних або малополярних ковалентних зв'язків.



**Мал. 41.**  
Олія  
не розчиняється  
у воді

<sup>1</sup> Так називають в органічній хімії графічні формули молекул.

При нагріванні багато органічних речовин загоряється або розкладається, а деякі — обвуглюються<sup>1</sup> (мал. 42).



**Мал. 42.**  
Обвуглення  
вати (целюлози)

Хімічні реакції за участю органічних речовин відбуваються доволі повільно, тоді як, наприклад, реакції обміну між неорганічними сполуками — лугами, кислотами, солями — миттєво. Склад продуктів реакцій між органічними речовинами часто залежить від умов — температури, каталізаторів, тиску, освітлення.

**Органічна хімія.** Довгий час вважали, що добути органічні речовини в лабораторії за допомогою хімічних реакцій неможливо. Однак у 1828 р. німецький хімік Ф. Велер довів, що це не так. Він уперше з неорганічної речовини добув органічну речовину — сечовину. Відкриття вченого започаткувало новий етап розвитку хімії. Вилучення органічних сполук із природної сировини перестало бути для хіміків головною метою. Нині вчені синтезують дедалі більше органічних речовин, «невдомих» природі, досліджують їхні властивості, надають рекомендації щодо їх практичного використання.

**Галузь хімії, предметом якої є вивчення органічних сполук та їх перетворень, називають *органічною хімією*.**

---

<sup>1</sup> Вугілля, як відомо, складається переважно з атомів Карбону.

Застосовуючи досягнення органічної хімії, промисловість випускає нові матеріали, різноманітні полімери і пластмаси, лікарські препарати, засоби захисту рослин, багато інших речовин, які ми використовуємо в нашій діяльності й повсякденному житті (схема 1).

*Схема 1*

### Органічна хімія — людині



ЦЕ ЗРОБЛЕНО З ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН



Дослідження в галузі органічної хімії сприяють розвитку хімічної технології, харчової та легкої промисловості, медицини. Знання можливостей взаємоперетворень органічних речовин допомагає розкривати таємниці, пов'язані з виникненням та існуванням життя на нашій планеті.

Перед ученими, які працюють у галузі органічної хімії, поставлено чимало практичних завдань. Серед них — пошук методів добування нових органічних сполук, створення на їх основі матеріалів із необхідними властивостями, синтетичних тканин і барвників, ефективних ліків, харчових добавок, розроблення різних технологічних процесів тощо.

Досягнення органічної хімії використовують для вирішення таких важливих екологічних проблем, як очищення водойм (мал. 43), зменшення забруднення повітря викидами промислових підприємств і транспортних засобів, утилізація хімічної зброї, перероблення побутових відходів.

**Мал. 43.**  
Наслідки  
забруднення  
води нафтою



## ВИСНОВКИ

Органічні речовини — це сполуки Карбону. До складу їхніх молекул, крім атомів Карбону, Гідрогену, можуть входити атоми Оксигену, Нітрогену, деяких інших елементів.

Органічні речовини плавляться й киплять за невисоких температур, є леткими, горючими, розчиняються в органічних розчинниках.

Галузь хімії, предметом якої є вивчення органічних сполук та їх перетворень, називають органічною хімією. Вона значною мірою забезпечує прогрес нашої цивілізації, допомагає у здійсненні природоохоронних заходів.



138. Які сполуки називають органічними? Які елементи можуть бути у складі органічних сполук?
139. Чому органічних речовин набагато більше, ніж неорганічних?
140. Серед наведених формул укажіть ті, які належать органічним речовинам:  $C$ ,  $CH_3NH_2$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $HCl$ ,  $CO_2$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_7Cl$ .



141. Порівняйте органічні й неорганічні речовини, записавши їхні характерні особливості в таблицю:

	Органічні речовини	Неорганічні речовини
Якісний склад		
Будова		
Фізичні властивості		
...		

142. Зобразіть структурні формули молекул органічних сполук із такими хімічними формулами:  $C_2H_2$ ,  $CH_3OH$ ,  $CHCl_3$ ,  $C_2H_3Br$ ,  $CH_3NH_2$ .

143. Назвіть нові матеріали, поява яких пов'язана, на вашу думку, з досягненнями органічної хімії.

144. Обчисліть масові частки елементів:

а) у мурашиній кислоті  $HCOOH$ ;

б) у метиловому спирті  $CH_3OH$ .

145. Яку хімічну формулу має галогеновмісна органічна сполука з відносною молекулярною масою 121, якщо її молекула містить два атоми Хлору і два атоми іншого галогену? Зобразіть структурну формулу молекули сполуки.

# 19

## Вуглеводні. Метан

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- з'ясувати, які сполуки називають вуглеводнями;
- дізнатися, чому атом Карбону може бути чотири-валентним;
- зрозуміти просторову будову молекули метану.

**Вуглеводні.** Таку загальну назву мають сполуки, від яких походять усі органічні речовини. Слово «вуглеводень» складається із частини загальної назви простих речовин Карбону — «вуглець» — і назви простої речовини Гідрогену — «водень».

## Вуглеводні — сполуки Карбону з Гідрогеном.

Вуглеводні  
 $C_nH_m$

Загальна формула вуглеводнів —  $C_nH_m$ .

Вуглеводні, в молекулах яких атоми Карбону сполучені між собою простим ковалентним зв'язком, називають *насиченими*. Таку назву речовинам надано тому, що кожний атом Карбону в їхніх молекулах сполучений із максимально можливою кількістю атомів Гідрогену.

► Складіть формули насичених вуглеводнів з одним і двома атомами Карбону в молекулах.

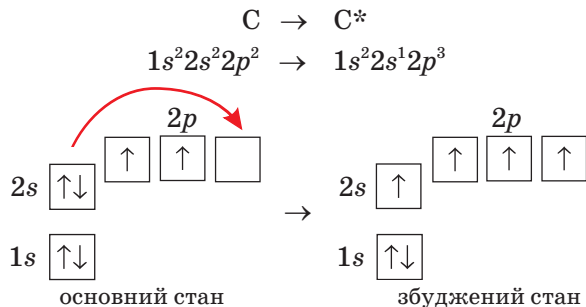
Крім насичених вуглеводнів, існують *ненасичені* вуглеводні. У молекулах цих сполук атоми Карбону сполучені між собою не лише простим, а й подвійним, потрійним ковалентними зв'язками.

► Складіть формули ненасичених вуглеводнів із двома атомами Карбону в молекулах.

Вуглеводні дуже поширені в природі; з них майже повністю складаються нафта і природний газ. Ці сполуки слугують паливом, завдяки якому люди забезпечують себе теплом і світлом. Їх використовують як пальне для автомобілів, літаків, кораблів, як сировину для виробництва полімерних матеріалів, засобів захисту рослин, товарів побутової хімії, ліків тощо.

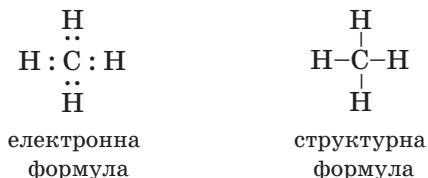
**Метан.** Найпростішим насиченим вуглеводнем є метан  $CH_4$ . Це — головний компонент природного газу.

У молекулі метану, як і в молекулах інших органічних сполук, атом Карбону чотиривалентний. Для того щоб виявляти таку валентність, він повинен мати чотири неспарені електрони. Це досягається внаслідок так званого збудження атома після отримання ним додаткової енергії й переходу одного електрона із  $2s$ -орбіталі у вільну  $2p$ -орбіталь:



У кожній зовнішній орбіталі збудженого атома Карбону розміщується один електрон.

За рахунок чотирьох неспарених електронів атома Карбону й електронів чотирьох атомів Гідрогену в молекулі  $\text{CH}_4$  утворюються чотири спільні електронні пари:

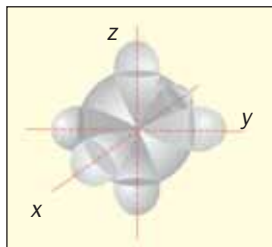


Наведені формули не відображають просторової будови молекули метану. Згідно з ними всі атоми в молекулі  $\text{CH}_4$  мають перебувати в одній площині, а кути між сусідніми ризками-зв'язками — дорівнювати  $90^\circ$ . Але насправді це не так.

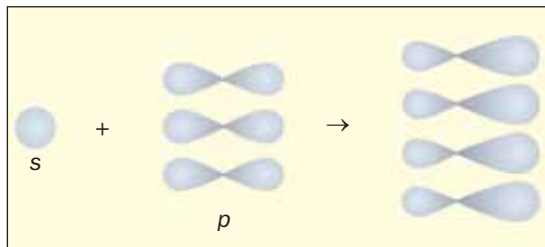
► Пригадайте, які форми мають  $s$ - і  $p$ -орбіталі. Як зорієнтовані в просторі три  $2p$ -орбіталі одного атома?

Розглянемо, як утворюються чотири прості ковалентні зв'язки  $\text{C}-\text{H}$  у молекулі  $\text{CH}_4$ .

При утворенні молекули метану з атомів  $2s$ -орбіталь і три  $2p$ -орбіталі атома Карбону (мал. 44) перетворюються на чотири однакові орбіталі, які мають вигляд об'ємних несиметричних вісімок (мал. 45). Вони розміщуються у тривимірному просторі й перебувають на однаковій віддалі одна від одної під кутами  $109,5^\circ$  (мал. 46).



**Мал. 44.**  
2s-орбіталь  
і три 2p-орбітали  
в атомі Карбону

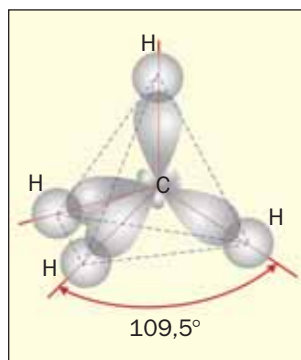


**Мал. 45.**  
Зміна форм  
зовнішніх орбіталей  
атома Карбону

Більша «пелюстка» кожної нової орбіталі атома Карбону перекривається зі сферичною орбіталлю атома Гідрогену. Крізь ділянку перекривання проходить лінія, яка з'єднує центри цих атомів.

Якщо з'єднати лініями центри всіх атомів Гідрогену, отримаємо геометричну фігуру — тетраедр<sup>1</sup> (мал. 46). Тому кажуть, що молекула метану має тетраедричну будову.

Моделі молекули<sup>2</sup> метану зображено на малюнку 47. (Особливості кулестержневої та масштабної моделей описано в § 2.)

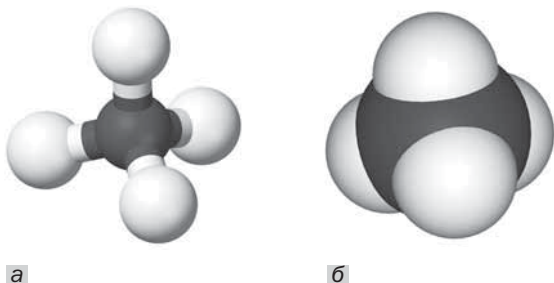


**Мал. 46.**  
Розміщення  
орбіталей  
у молекулі  
метану

<sup>1</sup> Слово походить від грецьких слів tetra — чотири і hedra — поверхня. Тетраедр має чотири однакові грані, які є правильними трикутниками.

<sup>2</sup> Існують комп'ютерні програми, за допомогою яких можна створити модель будь-якої молекули.

**Мал. 47.**  
Моделі молекули метану:  
а — куле-  
стержнева;  
б — масштабна.  
Білі кульки —  
атоми Гідрогену,  
чорні —  
атоми Карбону



Оскільки електронегативності Карбону й Гідрогену різняться мало, то ковалентний зв'язок С-Н є неполярним. Однак сама молекула  $\text{CH}_4$  неполярна, бо на її «поверхні» невеликий позитивний заряд розподілений рівномірно. Цим молекула метану відрізняється від полярної молекули води (§ 2).

## ВИСНОВКИ

Вуглеводні — сполуки Карбону з Гідрогеном. У молекулах насичених вуглеводнів атоми Карбону сполучені один з одним простим ковалентним зв'язком, а в молекулах ненасичених вуглеводнів — ще й кратними зв'язками (подвійним, потрійним).

Метан  $\text{CH}_4$  — найпростіший насичений вуглеводень. Він є головним компонентом природного газу.

Молекула метану має тетраедричну будову і є неполярною.



146. Які сполуки називають вуглеводнями? На які групи поділяють вуглеводні за особливостями хімічного зв'язку в їхніх молекулах?
147. Поясніть утворення атомом Карбону чотирьох простих ковалентних зв'язків з атомами Гідрогену.
148. Охарактеризуйте просторову будову молекули метану.

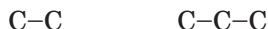
149. Знайдіть масові частки елементів у метані. (Усно.)  
 150. У скільки разів метан важчий за водень? (Усно.)  
 151. У природному газі одного з родовищ об'ємна частка метану становить 91 %. Обчисліть масу метану, яка міститься в 1 л такого газу (н. у.).

## 20 Гомологи метану

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

- з'ясувати, що таке гомологічний ряд сполук і які вуглеводні є гомологами метану;
- називати гомологи метану і складати їх формули;
- довідатись про фізичні властивості метану і його гомологів.

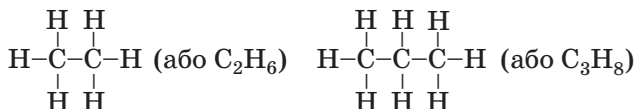
**Формули сполук.** У попередньому параграфі йшлося про найпростіший насичений вуглеводень — метан  $\text{CH}_4$ . Виведемо формули насичених вуглеводнів, молекули яких містять два і три атоми Карбону. Спочатку з'єднаємо атоми Карбону рисками (простими ковалентними зв'язками):



Потім від кожного атома Карбону проведемо стільки додаткових рисок, щоб їх у нього було чотири (атом Карбону чотиривалентний):



Після цього допишемо до кожної риски атом Гідрогену й отримаємо формули відповідних вуглеводнів:



У такий спосіб можна вивести структурні формули молекул лінійної будови інших вуглеводнів із простими ковалентними зв'язками.

Складені структурні формули молекул можна записати у скороченому вигляді, залишивши риси лише між атомами Карбону:



Вуглеводні  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$  належать до *гомологічного ряду* метану.

**Гомологічним рядом називають ряд органічних сполук, молекули яких подібні за будовою і різняться за складом на одну або кілька груп атомів  $\text{CH}_2$ .**

Група атомів  $\text{CH}_2$  має назву «гомологічна різниця». Сполуки  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$  та багато інших є *гомологами* метану.

Для того щоб скласти хімічну формулу гомолога метану із чотирма атомами Карбону в молекулі, достатньо додати до формули  $\text{C}_3\text{H}_8$  групу атомів  $\text{CH}_2$ . Отримуємо:  $\text{C}_3\text{H}_8\text{CH}_2 \Rightarrow \Rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}$ . Цю формулу можна також вивести з формули метану:  $\text{CH}_4(\text{CH}_2)_3 \Rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}$ .

Якщо вуглеводень гомологічного ряду метану містить  $n$  атомів Карбону в молекулі, то його формула —  $\text{CH}_4(\text{CH}_2)_{n-1}$ , або  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Друга формула є загальною для вуглеводнів цього типу.

Вуглеводні  
гомологічного  
ряду метану  
 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

► Скориставшись формулою  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ , складіть хімічні формули гомологів метану, молекули яких містять 5, 6 і 7 атомів Карбону.

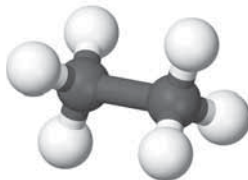
**Назви.** Для чотирьох найпростіших за складом вуглеводнів гомологічного ряду метану використовують назви *метан, етан, пропан, бутан*. Назви решти сполук цього типу походять від іншомовних числівників (с. 20), які відповідають кількості атомів Карбону в молекулах вуглеводнів (табл. 2). Назви метану і його гомологів мають суфікс *-ан*.

## Гомологи метану

Назва	Формула	
	хімічна	структурна (скорочена)
Метан	$\text{CH}_4$	$\text{CH}_4$
Етан	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{CH}_3\text{-CH}_3$
Пропан	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
Бутан	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
Пентан	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
Гексан	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
Гептан	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
Октан	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
Нонан	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
Декан	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$

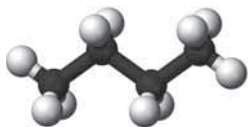
**Будова молекул.** Вам відомо, що молекула метану  $\text{CH}_4$  має форму тетраедра. З'ясуємо просторову будову молекул інших вуглеводнів гомологічного ряду метану.

Молекула етану  $\text{C}_2\text{H}_6$  складається з двох сполучених груп атомів  $\text{CH}_3$  — частин молекули метану. Легко дійти висновку, що всі атоми в молекулі етану розміщені не на площині, а в тривимірному просторі (мал. 48). У молекулах пропану, бутану (мал. 49), інших гомологів метану центри атомів Карбону перебувають на ламаній, зигзагоподібній, лінії. Тому скорочені структурні формули молекул пропану і бутану слід зображати так:

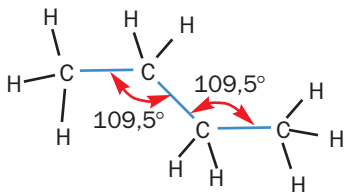


**Мал. 48.**  
Кулестержнева  
модель  
молекули  
етану





а



б

**Мал. 49.**  
Зигзагоподібна форма карбонового ланцюга в молекулах:  
а — пропану;  
б — бутану

У шкільному курсі хімії для спрощення використовують не зигзагоподібні, а лінійні структурні формули молекул вуглеводнів.

**Фізичні властивості.** Метан — газ, який не має запаху. Він легший за повітря. При охолодженні до температури  $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$  (за нормального тиску) цей газ перетворюється на рідину. Етан, пропан і бутан за звичайних умов також є газами, наступні дванадцять гомологів метану — рідини (вони мають характерний «бензиновий» запах), а решта — тверді речовини. Температури плавлення і кипіння гомологів метану зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулах зростають.

Оскільки молекули метану та його гомологів неполярні, ці сполуки нерозчинні у воді (мал. 50), але добре розчиняються (у багатьох випадках — необмежено) в органічних розчинниках і один в одному.

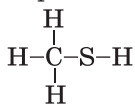
**Фізіологічна дія метану і його гомологів.** Метан при тривалому вдиханні спричиняє отруєння, яке іноді призводить до смерті.



**Мал. 50.**  
Суміш гексану (верхній шар) із водою

### Цікаво знати

Формула найпростішого меркаптану



Для виявлення його витoku з плити, негерметичного або пошкодженого трубопроводу в газову магістраль додають невелику кількість речовин із дуже неприємним запахом (їхня назва — меркаптани). Користуючись газом у побуті, потрібно частіше провітрювати приміщення.

Газуваті й рідкі гомологи метану негативно діють на центральну нервову систему. Тверді насичені вуглеводні не токсичні (парафін<sup>1</sup> використовують із лікувальною метою).

## ВИСНОВКИ

Ряд органічних сполук, молекули яких подібні за будовою і різняться за складом на одну або кілька груп атомів  $\text{CH}_2$ , називають гомологічним рядом.

Загальна формула метану і його гомологів —  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Назви більшості цих сполук походять від іншомовних числівників; назва кожної сполуки містить суфікс *-ан*.

Молекули пропану і наступних гомологів метану мають зигзагоподібний карбоновий ланцюг.

Метан, етан, пропан і бутан — гази, решта гомологів метану — рідини або тверді речовини. Усі ці сполуки не розчиняються у воді.

Метан, а також його газуваті й рідкі гомологи негативно впливають на організм.



152. Що таке гомологічний ряд? Які сполуки називають гомологами?  
153. Серед наведених формул укажіть ті, які належать сполукам гомологічного ряду метану:  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ ,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ .

<sup>1</sup> Парафін — суміш насичених вуглеводнів із кількістю атомів Карбону в молекулах від 18 до 35.

154. Установіть послідовність вуглеводнів за зменшенням кількості атомів Карбону в їхніх молекулах:
- а) гептан; г) пентан;  
 б) бутан; г) пропан.  
 в) гексан;
155. Зобразіть електронну формулу молекули: а) етану; б) пропану.
156. Укажіть правильне закінчення речення «Відношення кількості атомів Гідрогену до кількості атомів Карбону в молекулах гомологів метану зі зростанням молярної маси сполук ...»:
- а) зменшується; в) змінюється хаотично.  
 б) збільшується;
157. Яка відносна молекулярна маса гомолога метану, молекула якого містить 5 атомів Карбону? (Усно.)
158. У якій сполуці масова частка Карбону найбільша — в етані, пропані чи бутані? Спробуйте дати відповідь, не здійснюючи розрахунків.
159. Обчисліть кількість речовини, яка міститься (усно):
- а) у 15 г етану;  
 б) у 4,48 л бутану (н. у.).
160. Заповніть таблицю:

$C_nH_{2n+2}$	$M$ , г/моль	$D_{H_2}$	$w(C)$ , %
$C_3H_8$			
			80
		36	
	100		

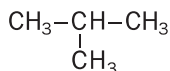
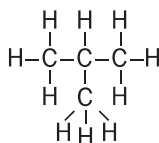
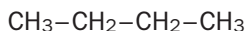
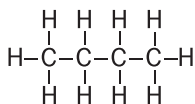
161. Запишіть формулу гомолога метану, молекула якого містить удвічі більше атомів Гідрогену, ніж молекула бутану.
162. Який вуглеводень має таку саму густину, що й вуглекислий газ?

для допитливих

### Два бутани, три пентани...

Для молекули  $C_4H_{10}$  можна запропонувати не лише «лінійний» карбоновий ланцюг  $\begin{array}{cccc} | & | & | & | \\ -C- & C- & C- & C- \\ | & | & | & | \end{array}$ , а й розгалужений:  $\begin{array}{ccc} | & | & | \\ -C- & C- & C- \\ | & & | \\ & & -C- \\ & & | \end{array}$ .

Відповідні структурні формули та їхні скорочені варіанти мають такий вигляд:



Кожна формула відповідає певній молекулі. Отже, мають існувати дві сполуки з однаковими хімічними формулами  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , але з молекулами різної будови — нерозгалуженої й розгалуженої. Ці вуглеводні відомі й добре вивчені.

*Сполуки, молекули яких мають однаковий склад, але різну будову, називають ізомерами.*

Зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулах вуглеводнів кількість ізомерів різко зростає. Одну й ту саму формулу  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  мають два вуглеводні,  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  — три,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  — п'ять,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  — дев'ять і т. д.

Існування ізомерів — одна із причин різноманітності й численності органічних сполук.

Якщо молекула вуглеводню має нерозгалужену («нормальну») будову, то перед його назвою записують літеру *n* і дефіс. Наприклад, сполуку з формулою  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  називають *n*-бутаном. Ізомер з формулою  $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3$  отримав назву «ізобутан».



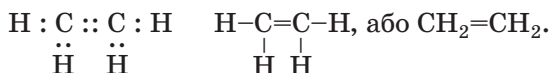
## 21 Етилен (етен) і ацетилен (етин)

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

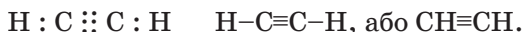
- зрозуміти будову молекул етилену та ацетилену;
- дізнатися про фізичні властивості етилену та ацетилену.

**Формули етилену та ацетилену.** Крім насичених вуглеводнів, існують ненасичені вуглеводні. У їхніх молекулах атоми Карбону сполучені не лише простими, а й кратними (подвійними, потрійними) зв'язками.

Найпростішим вуглеводнем із подвійним зв'язком у молекулі є *етилен*. Його хімічна формула —  $C_2H_4$ , електронна і структурні формули молекули —



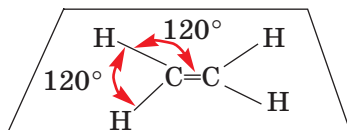
Найпростіший вуглеводень із потрійним зв'язком у молекулі — *ацетилен*  $C_2H_2$ . Електронна і структурні формули молекули цієї сполуки —



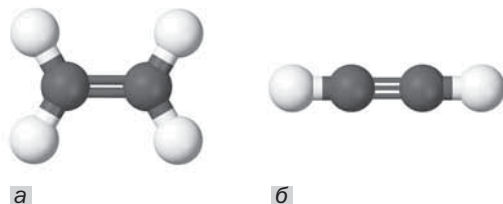
Назви вуглеводнів «етилен» і «ацетилен» є тривіальними (традиційними); їх використовують у промисловості, техніці. Хімічна назва сполуки  $C_2H_4$  — *етен*, а сполуки  $C_2H_2$  — *етин*. Ці назви мають однаковий корінь із назвою вуглеводню  $C_2H_6$  «етан», але різняться суфіксами.

**Будова молекул.** Ви вже знаєте, що при утворенні молекул органічних сполук атоми Карбону переходять у збуджений стан; чотири електрони зовнішнього енергетичного рівня атома стають неспареними.

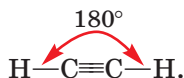
У молекулі етилену  $C_2H_4$  два неспарених електрони кожного атома Карбону беруть участь в утворенні двох спільних електронних пар; виникає подвійний зв'язок  $C=C$ . Інші два електрони кожного атома Карбону утворюють спільні електронні пари з двома атомами Гідрогену, внаслідок чого реалізуються прості ковалентні зв'язки  $C-H$ . Усі атоми молекули етилену  $C_2H_4$ , згідно з дослідженнями вчених, перебувають на одній площині (мал. 51, а), а кути між лініями, що з'єднують центри атомів, становлять  $120^\circ$ :



**Мал. 51.**  
Кулестержневі  
моделі  
молекул:  
а — етилену;  
б — ацетилену



У молекулі ацетилену  $C_2H_2$  потрібний зв'язок  $C\equiv C$  зумовлений трьома спільними електронними парами, утвореними за участю трьох електронів кожного атома Карбону, а простий ковалентний зв'язок  $C-H$  — електронною парою, спільною для атомів Карбону і Гідрогену. З'ясовано, що центри всіх атомів молекули  $C_2H_2$  перебувають на прямій лінії (мал. 51, б):



## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 12

### Виготовлення кулестержневих моделей молекул вуглеводнів

Вам видано набір для складання моделей молекул органічних сполук. У ньому є кульки різної величини і різних кольорів. Однакові кульки імітують атоми одного елемента.

Знайдіть у наборі кульки з одним отвором або виступом для атомів Гідрогену і більші кульки іншого кольору з отворами або виступами для атомів Карбону, а також стержні або трубочки. Отвори в кульках призначені для з'єднання кульок за допомогою стержнів, а виступи — для з'єднання трубочками.

Зберіть кулестержневі моделі молекул насичених вуглеводнів — метану, етану і пропану, а також молекул ненасичених вуглеводнів — етилену й ацетилену.

**Фізичні властивості.** Етилен за фізичними властивостями схожий на метан. Це безбарвний газ зі слабким запахом, трохи легший за повітря, дуже погано розчиняється у воді. При охолодженні за нормального тиску до температури  $-104\text{ }^{\circ}\text{C}$  етилен перетворюється на рідину.

Чистий ацетилен — безбарвний газ майже без запаху. Неприємний запах технічного ацетилену, який використовують при зварюванні металів, зумовлений домішками. Ацетилен, як і етилен, легший за повітря, погано розчиняється у воді. За температури  $-84\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нормального тиску він зріджується.

## ВИСНОВКИ

Етилен (етен)  $\text{C}_2\text{H}_4$  — найпростіший ненасичений вуглеводень із подвійним зв'язком у молекулі. Усі атоми молекули етилену перебувають на одній площині.

Ацетилен (етин)  $\text{C}_2\text{H}_2$  — найпростіший ненасичений вуглеводень із потрійним зв'язком у молекулі. Атоми в молекулі ацетилену розміщені на прямій лінії.

За звичайних умов етилен і ацетилен — безбарвні гази зі слабким запахом, трохи легші за повітря, погано розчинні у воді.



163. Які сполуки називають ненасиченими вуглеводнями?

164. Порівняйте етилен та ацетилен і заповніть таблицю:

	Етилен	Ацетилен
Хімічна, електронна і структурна формули молекули		
Фізичні властивості		

165. Охарактеризуйте будову молекули:

- етилену;
- ацетилену.

166. Який газ важчий — етилен чи ацетилен? У скільки разів?  
167. Обчисліть густину етилену (за н. у.) та його відносну густину за повітрям.  
168. Знайдіть масові частки елементів в ацетилені.  
169. Обчисліть об'ємні частки метану й етену в їх суміші, якщо середня молярна маса суміші становить 25,6 г/моль.

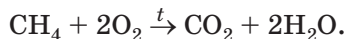
## 22 Горіння вуглеводнів

Матеріал параграфу допоможе вам:

- ознайомитися з реакціями горіння вуглеводнів;
- з'ясувати, як впливає нестача повітря (кисню) на склад продуктів горіння вуглеводнів.

Вуглеводні, як і більшість органічних сполук, є горючими речовинами. Продукти горіння вуглеводнів за достатнього доступу повітря — вуглекислий газ і водяна пара.

Метан горить у повітрі блакитним полум'ям (мал. 52):



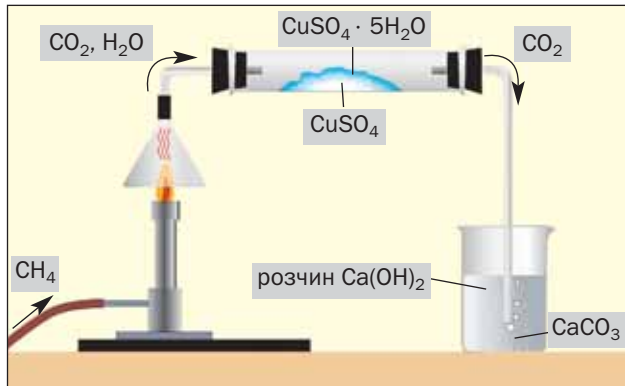
Зверніть увагу: у рівняннях реакцій за участю органічних сполук записують стрілки, а не знаки рівності.

**Мал. 52.**  
Горіння метану:  
а — в газовому пальнику;  
б — в побутовій плиті



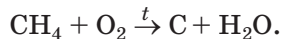
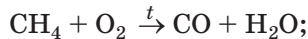


Виявити продукти реакції горіння метану можна за допомогою досліду, зображеного на малюнку 53. Зміна білого кольору безводного купрум(II) сульфату на блакитний свідчить про утворення при горінні метану водяної пари, яка взаємодіє із сіллю (продукт цієї реакції — мідний купорос). Помутніння вапняної води спричиняє нерозчинний кальцій карбонат, що утворюється під час реакції вуглекислого газу з розчином кальцій гідроксиду.



**Мал. 53.**  
Виявлення продуктів горіння метану

Якщо повітря (кисню) недостатньо, то при горінні метану може утворюватися чадний газ або вуглець:



► Перетворіть схеми цих реакцій на хімічні рівняння.

Про нестачу кисню під час горіння метану може свідчити збільшення яскравості полум'я (воно стає жовтим завдяки розжареним дрібним часточкам вуглецю) або поява кіптяви<sup>1</sup> на поверхні предмета (каструлі, чайника), який перебуває в полум'ї.

<sup>1</sup> Кіптява, або сажа, — речовина, яка майже повністю складається з атомів Карбону.

Суміші метану з повітрям (або киснем) є небезпечними. Достатньо іскри, щоб стався вибух. Тому потрібно бути дуже обережними, користуючись природним газом у побуті. Вибухи сумішей метану з повітрям, незважаючи на запобіжні заходи, час від часу трапляються у вугільних шахтах. Вони становлять загрозу життю шахтарів.

Усі гомологи метану також згорають з утворенням вуглекислого газу і водяної пари. Зі зростанням молекулярної маси вуглеводнів полум'я стає більш яскравим. Парафінова свічка, на відміну від природного газу, горить яскраво-жовтим полум'ям (мал. 54, а). Такий колір зумовлений світінням розжарених часточок вуглецю<sup>1</sup>; ці часточки швидко згорають. Якщо в полум'я свічки внести порцелянову чашку, обмеживши цим доступ повітря, то на поверхні чашки з'явиться кіптява (мал. 54, б).

**Мал. 54.**  
Горіння парафінової свічки:  
а — за звичайних умов;  
б — за нестачі повітря



Етилен і ацетилен горять на повітрі яскравішим полум'ям (мал. 55), ніж метан.

- Напишіть рівняння реакцій горіння етилену та ацетилену за достатнього доступу повітря.

<sup>1</sup> Вуглець утворюється при термічному розкладі вуглеводнів.

**Мал. 55.**  
Горіння  
ацетилену



При горінні ацетилену в чистому кисні температура сягає майже  $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Суміші цього газу, а також інших вуглеводнів з повітрям або киснем вибухонебезпечні.

Оскільки вуглеводні — горючі речовини, то під час їх застосування слід дотримуватися певних правил. Потрібно користуватися лише справними газовими приладами, балонами і періодично провітрювати приміщення, де вони розташовані. Не можна залишати без нагляду плиту чи опалювальний прилад, у яких горить газ. Забороняється ставити поблизу газової плити посудини з горючими рідинами, легкозаймисті предмети.

Якщо ви відчули запах газу, негайно перекрийте кран на газопроводі та добре провітріть приміщення. У цей час не можна запалювати сірники, вмикати світло та електроприлади, бо іскра може спричинити вибух газоповітряної суміші.

## ВИСНОВКИ

Усі вуглеводні — горючі речовини. Продуктами горіння вуглеводнів за достатньої кількості кисню (повітря) є вуглекислий газ і водяна пара. Якщо доступ повітря обмежений, можливе утворення карбон(II) оксиду і вуглецю.

Суміші вуглеводнів з повітрям є вибухонебезпечними. При роботі з газовими приладами дотримуються певних правил.



170. Розгляньте горіння метану як окисно-відновну реакцію: назвіть елемент-окисник і елемент-відновник, охарактеризуйте процеси окиснення і відновлення.
171. Допишіть хімічні рівняння:
- а)  $C_3H_8 + \dots O_2$  (надлишок)  $\rightarrow \dots$  ;
  - б)  $\dots$  (гомолог метану) +  $\dots O_2 \rightarrow 5CO_2 + \dots H_2O$ .
172. Напишіть рівняння реакцій горіння етилену та ацетилену за умови нестачі кисню (з утворенням карбон(II) оксиду і водяної пари).
173. Чи вистачить 100 л повітря для повного спалювання 5,6 л метану? Вважайте, що об'єми відповідають нормальним умовам, а об'ємна частка кисню в повітрі становить 20 %.
174. Який об'єм повітря витратиться на спалювання 1,4 м<sup>3</sup> суміші, яка складається із 60 % пропану і 40 % бутану (за об'ємом)?
175. Який об'єм вуглекислого газу утворився після повного згорання 560 мл суміші метану й етану, важчої за водень у 10,8 раза?

---

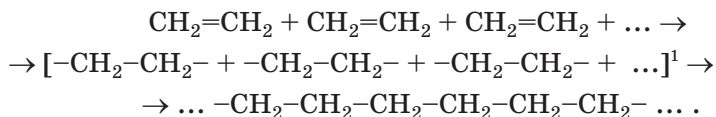
## 23 Поліетилен

---

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

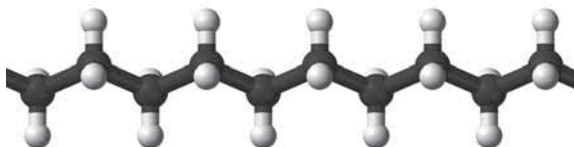
- з'ясувати, що таке полімер і реакція полімеризації;
- засвоїти властивості поліетилену;
- дізнатися про застосування поліетилену.

**Полімеризація етилену.** За певних умов молекули етилену сполучаються одна з одною внаслідок руйнування подвійних зв'язків між атомами Карбону і перетворення їх на прості зв'язки. Схематично це можна зобразити так:



Продуктом взаємодії великої кількості молекул етилену є *поліетилен*. Дуже довгі молекули цієї сполуки утворені з'єднаними між собою групами атомів  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$  (мал. 56).

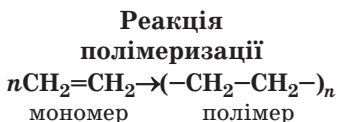
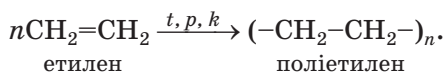
**Мал. 56.**  
Фрагмент  
кулестержневої  
моделі  
молекули  
поліетилену



Реакцію сполучення багатьох однакових молекул унаслідок руйнування кратних зв'язків називають *реакцією полімеризації*, вихідну речовину — *мономером*, а продукт — *полімером*<sup>2</sup>.

**Полімер — сполука, молекули якої складаються з великої кількості груп атомів однакової будови.**

Скорочений запис реакції полімеризації етилену:



У поліетилені існують молекули різної довжини, тобто з різними значеннями  $n$  (від 1500 до 6000). Інтервал значень  $n$  для зразка полімеру залежить від умов здійснення реакції полімеризації — температури, тиску, каталізатора.

**Властивості поліетилену.** Поліетилен — біла або безбарвна речовина (мал. 57), легша за воду й нерозчинна в ній. При нагріванні

<sup>1</sup> У квадратних дужках показано молекули зі зруйнованими подвійними зв'язками.

<sup>2</sup> Терміни походять від грецьких слів poly — багато, monos — один, єдиний, megos — частина, частка.

**Мал. 57.**  
Гранули  
поліетилену

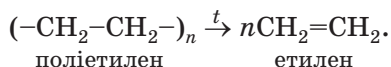


сполука плавиться з утворенням безбарвної рідини<sup>1</sup>.

Поліетилен хімічно інертний. Як і багато інших органічних речовин, ця сполука горить на повітрі.

Поліетилен не розчиняється в органічних розчинниках, тому для їх зберігання і транспортування використовують поліетиленову тару.

Вироби з поліетилену є морозостійкими, але не витримують нагрівання вище 60—100 °С. За високої температури полімер розкладається з утворенням етилену:

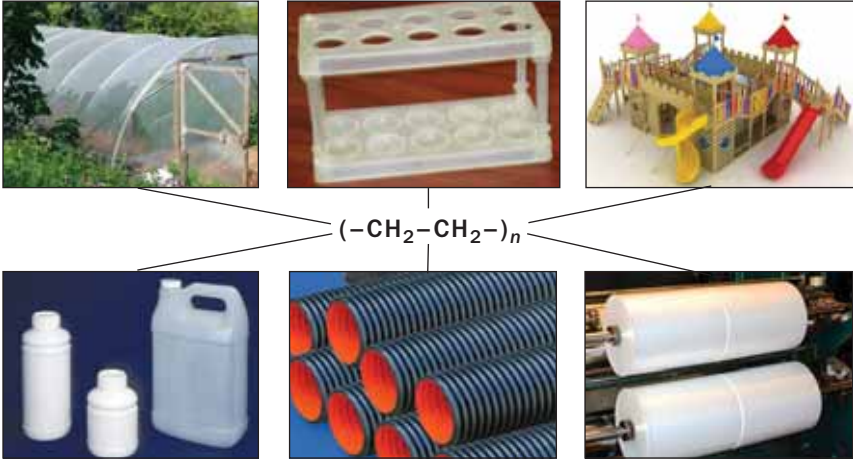


**Застосування поліетилену.** Поліетилен є найважливішим полімерним матеріалом. Виробами з нього ми постійно користуємося в повсякденному житті. Це — пакети, пакувальна плівка для харчових продуктів, різні резервуари, іграшки тощо (схема 2). Оскільки поліетиленова плівка добре пропускає світло, нею вкривають теплиці для вирощування ранніх овочів, квітів, тропічних рослин. Поліетилен використовують для виробництва тари, труб, конструкційних деталей, медичного

---

<sup>1</sup> Поліетилен не має певної температури плавлення. Залежно від умов утворення він плавиться в інтервалі температур 103—110 °С або 124—137 °С.

## Застосування поліетилену



устаткування, а також як електроізоляційний матеріал, антикорозійне покриття.

Поліетилен — дуже стійка речовина, яка розкладається в природних умовах надзвичайно повільно. Тому використані вироби з поліетилену, залишки плівки, пакети не можна викидати будь-де (мал. 58); їх потрібно складати в спеціальні контейнери. Відходи цього та інших полімерів направляють на переробку.



**Мал. 58.**  
«Полімерне»  
сміття в лісі

### ВИСНОВКИ

Молекули етилену за певних умов можуть сполучатися одна з одною. Продуктом такої

взаємодії є поліетилен. Перетворення етилену на поліетилен — приклад реакції полімеризації. Ця реакція відбувається внаслідок руйнування подвійних зв'язків між атомами Карбону в молекулах етилену й утворення простих зв'язків.

Сполуки, молекули яких складаються з великої кількості груп атомів однакової будови, називають полімерами.

Поліетилен — один із найважливіших полімерів. Він не розчиняється у воді, є хімічно інертним. Із поліетилену виготовляють плівку, тару, різноманітні вироби.

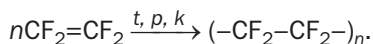


176. Дайте означення термінам «полімер», «реакція полімеризації».
177. Укажіть правильне закінчення речення «На кінцях молекул поліетилену розміщені групи атомів ...»:
  - а)  $\text{CH}$ ;
  - б)  $\text{CH}_2$ ;
  - в)  $\text{CH}_3$ ;
178. Одна з молекул у зразку поліетилену важча за молекулу води в 700 разів. Обчисліть значення  $n$  для формули цієї молекули.
179. Який об'єм етилену утворюється (в перерахунку на нормальні умови) в результаті термічного розкладу 3,5 г поліетилену?
180. Який об'єм повітря (н. у.) потрібний для спалювання 140 г поліетилену? Вважайте, що об'ємна частка кисню в повітрі становить 20 %.
181. Підготуйте повідомлення про утилізацію використаних виробів із поліетилену.

для допитливих

### Тефлон

Останнім часом широко застосовують полімер, який є похідним поліетилену; в його молекулах замість атомів Гідрогену містяться атоми Флуору. Цей полімер має формулу  $(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$ . Його назва — тефлон. Сполука утворюється внаслідок реакції полімеризації:



Тефлон зовні нагадує поліетилен. Він має високу хімічну й термічну стійкість, не горить, не розчиняється й не набухає в жодному роз-



чиннику. Вироби з тефлону можна використовувати в інтервалі температур від  $-260$  до  $+260$  °С.

Тефлон є основою хімічно і термічно стійких пластмас. Його використовують у протезуванні, для покриття поверхні посуду, призначеного для нагрівання (мал. 59). Із тефлону виготовляють деталі, різне обладнання для хімічної промисловості.



**Мал. 59.**  
Вироби  
з тефлоновим  
покриттям

## 24 Вуглеводні в природі. Застосування вуглеводнів

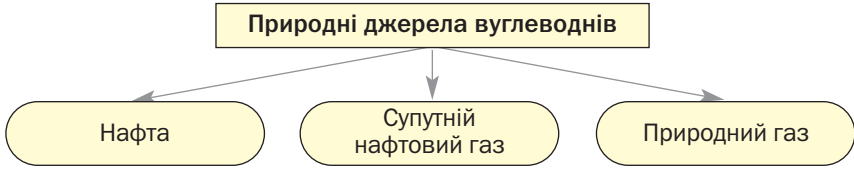
**Матеріал параграфу допоможе вам:**

- довідатися про природні джерела вуглеводнів і деякі їхні властивості;
- отримати уявлення про склад нафти, природного і супутнього нафтового газів, вугілля;
- поповнити свої знання про застосування вуглеводнів.

**Природні джерела вуглеводнів.** Існує кілька природних джерел вуглеводнів (схема 3). Їх запаси на нашій планеті поступово зменшуються.

**Нафта** є сумішшю вуглеводнів, переважно рідких, у яких розчинені невеликі кількості твердих і газуватих вуглеводнів, а також інших органічних сполук. У нафті містяться вода і деякі неорганічні речовини.

## Вуглеводні в природі



Нафта — темна оліїста рідина зі специфічним запахом (мал. 60). Вона легша за воду і нерозчинна в ній. У природних умовах нафта утворює з водою стійку неоднорідну суміш — емульсію. Нафта, як і інші суміші речовин, не має сталих густини, температури кипіння. Вона починає кипіти вже за слабого нагрівання (30—60 °С), а за високих температур цей процес супроводжується поступовим розкладом компонентів нафти.

Нафта — горюча рідина (мал. 61).

Україна має невеликі родовища нафти. Її щорічний видобуток становить у середньому 3 млн т (це приблизно 10 % від загальної потреби країни).

Запаси нафти у світі швидко витрачаються і можуть бути вичерпані вже в цьому столітті. Тому вчені розробляють технології виробництва рідкого пального з іншої сировини, зокрема з вугілля, якого на планеті значно більше.



**Мал. 60.**  
Нафта



**Мал. 61.**  
Горіння нафти

**Природний газ** відомий вам із повсякденного життя; його застосовують для опалення житла, приготування їжі.

Основний компонент природного газу — метан (об'ємна частка цього вуглеводню становить 85—99 %). Домішками є етан, кілька інших вуглеводнів, азот, вуглекислий газ, сірководень.

Властивості природного газу майже такі самі, що й метану. Він є горючим, а його суміші з повітрям вибухонебезпечні.

Покладів природного газу в Україні більше, ніж нафти. Щороку його видобувають у середньому 20 млрд м<sup>3</sup>, що становить 1/5 від кількості, необхідної для нашої промисловості, енергетики, побуту.

**Супутній нафтовий газ** — суміш газуватих вуглеводнів, які містяться разом із нафтою в її родовищі. За якісним складом супутній нафтовий газ нагадує природний, але метану в ньому менше (30—40 % за об'ємом), а етану та інших вуглеводнів — більше.

Частина цього газу розчинена в нафті. При просуванні нафти із земних надр на поверхню тиск спадає, розчинність газів зменшується, і вони виділяються з неї.

**Горючі копалини, з яких виробляють вуглеводні.** Вуглеводні різного складу добувають переробкою вугілля, горючих сланців.

**Вугілля** — тверда горюча копалина, що утворилася багато мільйонів років тому в надрах планети внаслідок розкладу величезних рослинних мас. Це суміш багатьох органічних речовин із високим вмістом Карбону, а також деяких неорганічних сполук. Вугілля використовують як паливо (в теплоенергетиці, промисловості, іноді — в побуті), а деякі його види — для виробництва коксу, горючих газових сумішей. Взаємодією вугілля з воднем при нагріванні за підвищеного тиску і наявності каталізаторів добувають суміші вуглеводнів (синтетичне рідке пальне).

### Цікаво знати

Серед органічних речовин, які входять до складу бджолиного воску й озокериту (гірський віск), є тверді вуглеводні.

### Цікаво знати

На вугілля припадає приблизно 80 % від маси усіх горючих копалин.

**Мал. 62.**  
Антрацит



Існують три види вугілля — антрацит (мал. 62), кам'яне і буре. Масова частка Карбону в антрациті найбільша (94—97 %), а в бурому вугіллі — найменша (після видалення з нього води вона становить 64—80 %).

Україна багата на поклади вугілля. Найбільше родовище кам'яного вугілля в Донецькій і Луганській областях. Значно менше його у Львівсько-Волинському басейні. Буре вугілля зосереджене переважно в Дніпровському басейні, а поклади антрациту — в Донецькому.

У вугільних пластах міститься і природний газ (метан). Невелику частину його використовують як паливо, а решта виходить в атмосферу. Незважаючи на контроль за вмістом метану в шахтах, іноді трапляються вибухи газу, які призводять до загибелі шахтарів.

«Вугільний» газ — важливий резерв для теплоенергетики України. Обсяг його щорічного видобутку може становити кілька мільярдів кубометрів.

*Горючі сланці* — гірська порода, в якій містяться органічні й неорганічні речовини (мал. 63). Органічний компонент є продуктом



**Мал. 63.**  
Горючий  
сланець

тривалого перетворення рослинних і тваринних залишків у надрах планети. Горючі сланці використовують як паливо. Крім того, їх піддають термообробці з метою добування горючих газів, рідкого пального, смоли.

За покладами горючих сланців Україна посідає третє місце в Європі.

**Застосування вуглеводнів.** Метан (природний газ) використовують як паливо — у теплоенергетиці, промисловості, побуті. Іноді він слугує заміником бензину в автомобільних двигунах. На транспортних засобах встановлюють балони з природним газом, який міститься в них під високим тиском (мал. 64). Метан також є цінною хімічною сировиною для виробництва органічних речовин.

Етан, пропан і бутан використовують значно менше, ніж метан. Сумішню зріджених пропану й бутану заповнюють балони різної місткості (мал. 65), які застосовують у побуті для газових плит. Якщо вентиль балона відкрити, то з нього виходитиме газ, а не рідина. Пропан-бутанова суміш — один із видів пального у двигунах внутрішнього згорання. Етан використовують у деяких країнах для виробництва етилену.

Гомологи метану з кількістю атомів Карбону в молекулах від 5 до 18 є компонентами бензину і гасу.

### Цікаво знати

Із бутану добувають значну кількість оцтової кислоти.



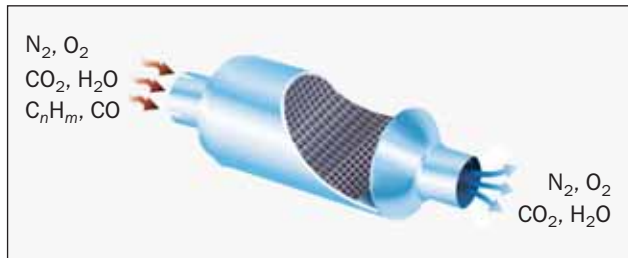
**Мал. 64.**  
Автобус, двигун якого працює на природному газі



**Мал. 65.**  
Балони із пропан-бутановою сумішню

Неповне згоряння автомобільного пального, а також виділення чадного газу із двигуна призводять до істотного забруднення повітря в містах і на автомагістралях. Для зменшення шкідливих викидів до вихлопної труби автомобіля приєднують насадку з каталізатором (мал. 66), який сприяє перетворенню чадного газу та решток пального на вуглекислий газ і водяну пару.

**Мал. 66.**  
Насадка  
з каталізатором  
у розрізі



Перегонкою нафти, а також її термічним розкладом добувають багато вуглеводнів та їх сумішей. Суміші рідких вуглеводнів — уайт-спірит, петролейний ефір — слугують розчинниками для лаків і фарб. Різноманітного застосування набули вазелін (суміш рідких і твердих насичених вуглеводнів) і парафін.

Етилен використовують як сировину для виробництва поліетилену, а також для добування етилового спирту, органічних розчинників, інших речовин. Додавання невеликої кількості етилену в повітря теплиць прискорює досягання овочів і фруктів.

Найбільше ацетилену витрачають на виробництво етилового спирту, оцтової кислоти, полімерів, органічних розчинників. Завдяки високій температурі, що досягається під час горіння ацетилену в атмосфері кисню, цей газ використовують при зварюванні й різанні металів. Його і кисень підводять у спеціальний пальник, а полум'я спрямовують на метал (мал. 67). Працюючи з ацетиленом, потрібно пам'ятати, що суміші цього газу з повітрям або киснем вибухонебезпечні.

**Мал. 67.**  
Різання металу  
за допомогою  
ацетиленового  
пальника



## ВИСНОВКИ

Джерелами вуглеводнів у природі є нафта, природний і супутній нафтовий газ.

Нафта — суміш переважно рідких вуглеводнів. Головним компонентом природного і супутнього нафтового газів є метан.

Вугілля і горючі сланці — копалини, в яких міститься багато органічних речовин. Їх використовують як паливо, переробляють на вуглеводні.

Вуглеводні слугують паливом, палим, розчинниками, сировиною для виробництва різних органічних сполук.



182. Охарактеризуйте склад нафти.
183. Чому нафта не має певної густини і температури кипіння?
184. Порівняйте склад природного і супутнього нафтового газів.
185. Назвіть основні сфери застосування вуглеводнів та їх природних джерел.
186. За матеріалами з інтернету з'ясуйте, які переваги і недоліки має застосування природного газу або пропан-бутанової суміші як пального в транспортних засобах порівняно з бензином.
187. Природний газ одного з родовищ містить 94 % метану, 2 % етану, 2 % пропану (частки об'ємні), а також азот і вуглекислий газ. Який об'єм повітря необхідний для повного згорання 1 м<sup>3</sup> цього газу? Вважайте, що об'ємна частка кисню в повітрі становить 20 %.
188. У результаті спалювання 10 г антрациту в надлишку кисню утворилося 18 л карбон(IV) оксиду (н. у.). Визначте масову частку Карбону в антрациті.

# 25

## Співвідношення об'ємів газів у хімічних реакціях

Матеріал параграфа допоможе вам:

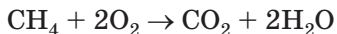
- з'ясувати, чому об'єми газів, що беруть участь у реакції, співвідносяться як невеликі цілі числа;
- визначати співвідношення об'ємів газів за хімічними рівняннями.

**Закон об'ємних співвідношень.** Найважливіші вуглеводні — метан, етан, етилен, ацетилен та інші — за звичайних умов перебувають у газуватому стані.

Гази відрізняються від рідин і твердих речовин тим, що відстані між їхніми частинками (молекулами, а у випадку інертних газів — атомами) дуже великі. Завдяки цьому *порції різних газів, що містять однакову кількість молекул, займають однаковий об'єм* (за одних і тих самих температури й тиску). Це засвідчує закон Авогадро, з яким ви ознайомились у 8 класі. Згідно з ним 1 л метану  $\text{CH}_4$  містить стільки молекул, скільки й 1 л етилену  $\text{C}_2\text{H}_4$  чи 1 л ацетилену  $\text{C}_2\text{H}_2$ . У 2 л метану (етилену, ацетилену) кількість молекул удвічі більша, у 3 л — утричі більша і т. д.

Розглянемо реакції, які відбуваються за участю газів.

При згорянні метану



кожна його молекула взаємодіє з двома молекулами кисню. На підставі закону Авогадро можна стверджувати, що певний об'єм метану має реагувати з удвічі більшим об'ємом кисню (наприклад, 1 л  $\text{CH}_4$  — із 2 л  $\text{O}_2$ ).

Метан за високої температури розкладається на ацетилен і водень:





Згідно з хімічним рівнянням, із кожних двох молекул метану утворюються одна молекула ацетилену і три молекули водню. Звідси співвідношення об'ємів продуктів реакції

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) : V(\text{H}_2) = 1 : 3.$$

Аналізуючи результати дослідів із газами, французький учений Ж. Гей-Люссак сформулював у 1808 р. *закон об'ємних співвідношень*:

**об'єми газів, що вступають у реакцію й утворюються внаслідок реакції, співвідносяться як невеликі цілі числа.**

Згодом з'ясувалося, що ці числа є відповідними коефіцієнтами в рівняннях хімічних реакцій.

Закон Гей-Люссака поширюється на всі речовини, що перебувають у газоподібному стані, — органічні й неорганічні.

► Складіть рівняння реакції водню з азотом, у результаті якої утворюється газ амоніак  $\text{NH}_3$ , і запишіть співвідношення об'ємів реагентів і продукту реакції.

Звертаємо вашу увагу на реакції між газами, під час яких утворюється вода. Ця речовина, наприклад, є одним із продуктів горіння будь-якого вуглеводню. При утворенні водяної пари закон об'ємних співвідношень газів поширюється і на неї. Якщо ж відбувається конденсація пари, то об'єм речовини зменшується приблизно в тисячу разів. У цьому разі закон Гей-Люссака щодо води не діє (як і щодо інших рідких і твердих речовин).

**Розв'язування задач.** Розглянемо, як розв'язують задачі з використанням закону об'ємних співвідношень.

**ЗАДАЧА 1.** Розрахувати об'єм ацетилену, який утворюється внаслідок термічного розкладу 0,8 л метану.

**Дано:**

$$V(\text{CH}_4) = 0,8 \text{ л}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = ?$$

**Розв'язання**

1. Складаємо рівняння реакції:



2. Розраховуємо об'єм ацетилену.

Згідно з хімічним рівнянням і законом об'ємних співвідношень, кожний об'єм ацетилену утворюється із двох об'ємів метану.

Міркуємо так:

із 2 л метану утворюється 1 л ацетилену,

із 0,8 л метану —  $x$  л ацетилену;

$$x = V(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,4 \text{ л.}$$

**Відповідь:**  $V(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,4 \text{ л.}$

**ЗАДАЧА 2.** Суміш зі 100 мл ацетилену і 400 мл кисню підпалили. Чи залишився після реакції один із реагентів? У разі позитивної відповіді обчислити об'єм залишку цієї речовини (вважати, що температура й тиск до і після реакції були однаковими).

**Дано:**

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = 100 \text{ мл}$$

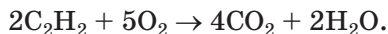
$$V(\text{O}_2) = 400 \text{ мл}$$

Залишок  
реагенту — ?

$V(\text{залишку}) = ?$

**Розв'язання**

1. Складаємо рівняння реакції:



2. З'ясовуємо, чи був один із газів у надлишку.

Співвідношення об'ємів реагуючих газів, згідно з хімічним рівнянням, становить

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) : V(\text{O}_2) = 2 : 5 = 1 : 2,5,$$

а за умовою задачі —

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) : V(\text{O}_2) = 100 : 400 = 1 : 4.$$

Отже, у надлишку був кисень і частина його залишилася після реакції.

3. Визначаємо, який об'єм кисню прореагує зі 100 мл ацетилену.

За законом об'ємних співвідношень,

із кожними 2 мл  $\text{C}_2\text{H}_2$  взаємодіють 5 мл  $\text{O}_2$ ,  
зі 100 мл  $\text{C}_2\text{H}_2$  —  $x$  мл  $\text{O}_2$ ;

$$x = V(\text{O}_2, \text{ прореаг.}) = 250 \text{ мл.}$$

4. Обчислюємо об'єм кисню, що залишився після реакції:

$$V(\text{O}_2, \text{ залишок}) = V(\text{O}_2, \text{ початк.}) - V(\text{O}_2, \text{ прореаг.}) = 400 - 250 = 150 \text{ (мл.)}$$

**Відповідь:**  $V(\text{O}_2, \text{ залишок}) = 150 \text{ мл.}$

**ЗАДАЧА 3.** Які об'єми пропану і кисню (в перерахунку на нормальні умови) вступили в реакцію горіння, якщо після охолодження продуктів реакції утворилося 36 мл води?

**Дано:**

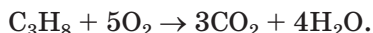
$$V(\text{H}_2\text{O, рідк.}) = 36 \text{ мл}$$

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) \text{ — ?}$$

$$V(\text{O}_2) \text{ — ?}$$

**Розв'язання**

1. Складаємо рівняння реакції:



2. Визначаємо кількість речовини води:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{36 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 2 \text{ моль.}$$

Об'єм водяної пари, яка утворилася б із 2 моль води за нормальних умов:

$$V(\text{H}_2\text{O, пара}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot V_M = 2 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 44,8 \text{ л.}$$

3. Знаходимо об'єми пропану і кисню, які вступили в реакцію горіння.

Згідно із законом об'ємних співвідношень газів,

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) : V(\text{O}_2) : V(\text{H}_2\text{O, пара}) = 1 : 5 : 4$$

Звідси

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{V(\text{H}_2\text{O, пара})}{4} = \frac{44,8 \text{ л}}{4} = 11,2 \text{ л;}$$

$$V(\text{O}_2) = \frac{V(\text{H}_2\text{O, пара}) \cdot 5}{4} = \frac{44,8 \text{ л} \cdot 5}{4} = 56 \text{ л.}$$

**Відповідь:**  $V(\text{C}_3\text{H}_8) = 11,2 \text{ л; } V(\text{O}_2) = 56 \text{ л.}$

## ВИСНОВКИ

Об'єми газів, що вступають у реакцію й утворюються внаслідок реакції, співвідносяться як невеликі цілі числа (закон об'ємних співвідношень газів). Ці числа є відповідними коефіцієнтами в хімічному рівнянні.



189. Збільшується, зменшується чи залишається постійним сумарний об'єм речовин унаслідок таких перетворень (вода утворюється у вигляді пари):
- а)  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - б)  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - в)  $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ?
190. Який об'єм кисню витрачається на згоряння 2 л етилену?
191. За нормальних умов змішали 1 л етану і 5 л кисню. Суміш газів підпалили. Які гази було виявлено після реакції і приведення умов до початкових? Обчисліть об'єм кожного із цих газів.
192. Після реакції в 40 мл суміші кисню і водню залишилося 10 мл кисню. Які об'єми кисню і водню були до реакції?
193. У якому об'ємному співвідношенні потрібно змішати вуглеводень і повітря, щоб їх було достатньо для перебігу реакції  $\text{C}_5\text{H}_{12} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ? Вважайте, що об'ємна частка кисню в повітрі становить 20 %.
194. Який об'єм кисню витратиться на спалювання 200 мл суміші водню та карбон(II) оксиду? Чи потрібно для розв'язання задачі знати кількісний склад суміші цих газів? Відповідь поясніть.
195. Під час згоряння в кисні одного об'єму вуглеводню утворюються два об'єми вуглекислого газу й один об'єм водяної пари. Знайдіть формулу вуглеводню. (Усно.)
196. При повному згорянні 10 мл газуватого вуглеводню утворилося 40 мл вуглекислого газу і 50 мл водяної пари. Об'єми газів виміряні за однакових умов. Виведіть формулу вуглеводню. (Усно.)
197. Яка формула газуватого вуглеводню, якщо внаслідок його спалювання утворюється вдвічі більший об'єм вуглекислого газу, а густина вуглеводню за нормальних умов становить 1,34 г/л?

## 26

## Спирти. Етанол

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

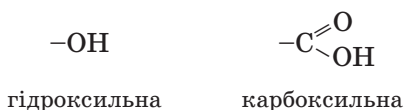
- отримати відомості про оксигеновмісні органічні речовини;

- з'ясувати, які сполуки називають спиртами;
- дізнатися про склад і будову молекули етанолу, властивості та застосування сполуки;
- усвідомити шкідливу дію етанолу на організм.

**Оксигеновмісні органічні речовини.** Існує багато органічних сполук, молекули яких містять, крім атомів Карбону та Гідрогену, ще й атоми Оксигену. Серед них — відомі вам етиловий спирт, цукор, крохмаль, оцтова кислота, жири.

Оксигеновмісні органічні сполуки поділяють на класи — клас спиртів, клас карбонових кислот та ін. Спільною ознакою для речовин кожного класу є наявність у їхніх молекулах певної групи атомів.

Приклади таких груп атомів та їхні назви:



Ці групи атомів зазвичай виокремлюють у хімічних формулах органічних сполук:  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (формули  $\text{CH}_4\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  не використовують).

«Вуглеводневу» частину молекули (групу атомів Карбону й Гідрогену) називають *вуглеводневим залишком*. У щойно наведених хімічних формулах цим залишком є група атомів  $-\text{CH}_3$ .

Ознайомлення з оксигеновмісними органічними сполуками розпочнемо зі спиртів.

**Спирти.** Слово «спирт» усім відоме. Так називають у побуті безбарвну рідину з характерним запахом. Спирт є компонентом лікарських засобів, різних настоянок, міститься в алкогольних напоях. Хімічна назва цієї сполуки — етанол, а традиційна — етиловий спирт.

Формула етанолу —  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Вона складається із двох частин — вуглеводневого залишку  $-\text{C}_2\text{H}_5$  (залишок від молекули етану  $\text{C}_2\text{H}_6$ )

і гідроксильної групи  $-\text{OH}$  (мал. 68). Існує багато органічних сполук, молекули яких мають аналогічний склад.

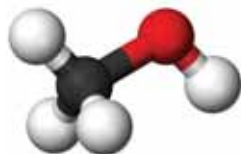
**Мал. 68.**  
Кулестержнева  
модель  
молекули  
етанолу.  
Червона  
кулька —  
атом Оксигену



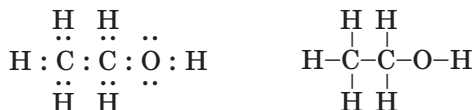
## Спирти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька гідроксильних груп.

З'ясуємо, який спирт походить від найпростішого насиченого вуглеводню — метану  $\text{CH}_4$ . Якщо від молекули метану «від'єднати» один атом Гідрогену і до вуглеводневого залишку  $-\text{CH}_3$  «приєднати» гідроксильну групу, отримаємо молекулу іншого спирту —  $\text{CH}_3\text{OH}$  (мал. 69). Назви цієї сполуки — метанол, метиловий спирт.

**Мал. 69.**  
Кулестержнева  
модель  
молекули  
метанолу



**Будова молекули етанолу.** Усі атоми в молекулі етанолу  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  сполучені простим ковалентним зв'язком. Електронна і структурна формули молекули цієї речовини:

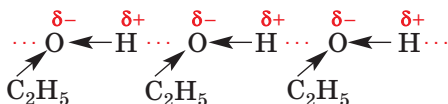


Атом Оксигену, як найбільш електронегативний серед усіх атомів у молекулі спирту, зміщує до себе спільні електронні пари від обох сусідніх атомів ( $\text{C} \rightarrow \text{O} \leftarrow \text{H}$ ), причому найбільше — від атома Гідрогену. Унаслідок

цього на атомі Оксигену виникає невеликий негативний заряд, а на атомі Гідрогену — позитивний заряд. Отже, зв'язок О–Н є полярним.

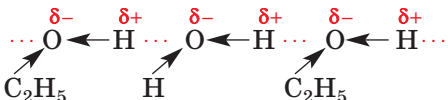
**Властивості етанолу.** За звичайних умов етанол — безбарвна рідина з характерним («спиртовим») запахом. Етанол легший за воду; його густина становить 0,79 г/см<sup>3</sup>. Температура кипіння цього спирту за нормального тиску +78,3 °С; вона значно вища, ніж етану (–89 °С) — вуглеводню, від якого походить етанол.

Істотна різниця температур кипіння вуглеводню і спирту зумовлена тим, що в спирті існують водневі зв'язки<sup>1</sup>:



Молекули спирту, маючи полярні зв'язки  $\delta^- \delta^+$  О←Н, притягуються одна до одної, а саме — атом Н однієї молекули до атома О іншої молекули.

Водневі зв'язки також утворюються між молекулами спирту і води:



Завдяки цьому етанол необмежено розчиняється у воді.

Етанол розчиняє луги (LiOH, NaOH, KOH), кислоти, деякі солі, багато органічних сполук різного складу.

Етанол — горюча рідина. Під час його горіння (мал. 70) утворюються вуглекислий газ і водяна пара.

► Напишіть рівняння відповідної реакції.

<sup>1</sup> Про цей тип хімічного зв'язку йшлося в § 2.

**Мал. 70.**  
Горіння  
етанолу



**Застосування етанолу.** Етанол використовують насамперед як розчинник, а також для добування органічних сполук. Етиловий спирт — поширений дезінфекційний засіб (мал. 71). Його застосовують для виготовлення розчинів медичних препаратів, екстрактів лікарських рослин. Етанол є сировиною для виробництва лікєро-горілочаних напоїв. Суміш бензину з етанолом іноді слугує паливом для міського транспорту (наприклад, у Бразилії). Двигун, який працює на такому пальному (мал. 72), викидає в повітря значно менше шкідливих речовин, ніж бензиновий. Оскільки етиловий спирт для пального можна добувати із зеленої маси рослин і деревини, це дає змогу переробляти менше нафти на бензин



**Мал. 71.**  
Аптечна пляшечка  
з етанолом



**Мал. 72.**  
«Спиртове» пальне



і ширше використовувати її як цінну хімічну сировину.

**Фізіологічна дія етанолу.** Потрапляння невеликої кількості етилового спирту в організм викликає сп'яніння. Цей стан характеризується порушенням мовлення і координації рухів, втратою пам'яті й контролю за своїми діями, запамороченням. Значні дози алкоголю спричиняють отруєння. У людей, які постійно вживають алкогольні напої, виникає хронічне захворювання — алкоголізм. Його наслідками є підвищений тиск, ураження нервової та серцево-судинної систем, печінки, підшлункової залози. (Так само діє етанол на організми тварин.)

*Найпростіший спирт — метанол (метиловий спирт)  $\text{CH}_3\text{OH}$  — є сильною отрутою. При потрапленні в організм навіть незначної кількості цієї сполуки людина повністю втрачає зір, а більшої кількості — гине.*

## ВИСНОВКИ

Серед органічних речовин є багато оксигеновмісних сполук. Їхні молекули складаються з атомів Карбону, Гідрогену й Оксигену.

Спирти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька гідроксильних груп.

Найважливішим спиртом є етанол  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Це — безбарвна рідина з характерним запахом, яка необмежено розчиняється у воді, горить на повітрі.

Етанол використовують у хімічній промисловості як реагент і розчинник, у медицині, для виготовлення лікєро-горілочаних напоїв, іноді — як компонент пального у двигунах внутрішнього згоряння.

Етанол, потрапляючи в організм, спричиняє сп'яніння. При постійному вживанні великої

## кількості спиртних напоїв у людини виникає алкогольна залежність.



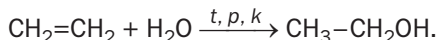
198. Які органічні сполуки називають спиртами? Охарактеризуйте склад молекул спиртів.
199. Як впливають водневі зв'язки, в яких беруть участь молекули етанолу, на фізичні властивості сполуки?
200. Чому, на вашу думку, етанол, маючи в молекулі гідроксильну групу, не виявляє основних властивостей, як, наприклад, натрій гідроксид?
201. Змішали однакові кількості речовини етанолу і води. Обчисліть масові частки обох сполук у розчині, який утворився.

для допитливих

### Як добувають етанол

Щорічний обсяг виробництва етанолу у світі перевищує 10 млн тонн. Лідерами в цій галузі хімічної промисловості є США і Бразилія.

Сучасний метод добування етанолу ґрунтується на взаємодії етилену з водяною паром за температури 300 °С, підвищеного тиску і наявності каталізатора (ортофосфатної кислоти):



Основу іншого методу становить хімічне перетворення глюкози, цукру або крохмалю за участю особливих білкових каталізаторів — ферментів дріжджів. Це — біохімічний процес, який називають спиртовим бродінням. Його використовували ще в давнину, виготовляючи вино з виноградного соку.

Етанол для потреб харчової промисловості виробляють із пшеничного або картопляного крохмалю, а технічний спирт — переважно з відходів переробки деревини.

Більша частина етанолу, яка надходить на ринок, містить невелику кількість води ( $w(\text{H}_2\text{O}) \approx 4\%$ ). Назва цього продукту — спирт-ректифікат.

Виявити воду в спирті можна, додавши кілька його крапель до білого порошку безводного купрум(II) сульфату  $\text{CuSO}_4$ . Унаслідок взаємодії цієї солі з водою (§ 4) утворюється кристалогідрат  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  і з'являється блакитне забарвлення.

# 27

## Гліцерин (гліцерол)

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

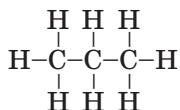
- дізнатися про склад молекули гліцерину (гліцеролу);
- з'ясувати властивості гліцерину;
- відрізнати гліцерин від етанолу;
- довідатися про застосування гліцерину.

**Гліцерин (гліцерол).** У повсякденному житті іноді використовують спирт, хімічна назва якого — гліцерол, а тривіальна — гліцерин<sup>1</sup>.

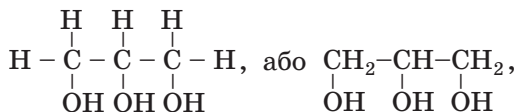
### Цікаво знати

Гліцерин було вперше добуто у 1779 р.

Молекула гліцерину, на відміну від молекули етилового спирту, містить три атоми Карбону і три гідроксильні групи. Для того щоб вивести формулу цієї сполуки, запишемо структурну формулу молекули пропану  $C_3H_8$



і замінимо в ній три атоми Гідрогену (по одному біля кожного атома Карбону) на три ОН-групи (мал. 73). Отримаємо структурну формулу молекули гліцерину

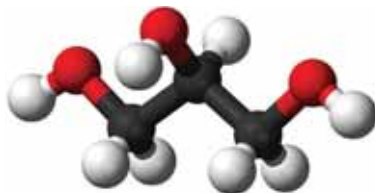


і хімічну формулу  $C_3H_5(OH)_3$ .

Гліцерину в природі немає, але похідні цього спирту — жири — дуже поширені в рослинному і тваринному світі.

<sup>1</sup> Назви походять від грецького слова *glykys* — солодкий.

**Мал. 73.**  
Кулестержнева  
модель  
молекули  
гліцерину



**Властивості.** Гліцерин — безбарвна в'язка рідина без запаху (мал. 74), солодка на смак. Сполука трохи важча за воду (густина гліцерину —  $1,26 \text{ г/см}^3$ ), змішується з нею в будь-яких співвідношеннях з утворенням розчину. Гліцерин може вбирати вологу (до 40 % від своєї маси). Таку властивість речовини називають гігроскопічністю<sup>1</sup>.

Гліцерин кипить, розкладаючись, при  $+290 \text{ }^\circ\text{C}$ , тобто за вищої температури, ніж етанол. Це й зрозуміло, бо водневих зв'язків у гліцерині значно більше: його молекула містить три гідроксильні групи, а молекула етанолу — лише одну.

Якщо невелику кількість гліцерину налити в порцелянову чашку, нагріти і підпалити, то він горітиме майже безбарвним полум'ям (мал. 75).



**Мал. 74.**  
Гліцерин



**Мал. 75.**  
Горіння гліцерину

<sup>1</sup> Термін походить від грецьких слів *hygros* — вологий, *skopeo* — спостерігаю.

► Напишіть рівняння реакції горіння гліцерину.

Виявити гліцерин у розчині можна за допомогою його реакції з купрум(II) гідроксидом (етанол не взаємодіє із цією сполукою). Спочатку змішують у склянці розчини купрум(II) сульфату і лугу, а потім добуту суміш з осадом купрум(II) гідроксиду додають у пробірку з розчином гліцерину. Купрум(II) гідроксид, взаємодіючи з гліцерином у лужному середовищі, розчиняється, й утворюється темно-синій розчин продукту реакції (мал. 76).



**Мал. 76.**  
Забарвлення розчину після взаємодії гліцерину з купрум(II) гідроксидом

**Добування і застосування.** Гліцерин добувають у промисловості переважно із жирів (§ 30).

Гліцерин є компонентом мила, зубних паст, косметичних засобів, лікарських препаратів (мал. 77). Його додають у деякі харчові продукти для надання їм солодкого смаку.



**Мал. 77.**  
Застосування гліцерину:  
а — у косметичних засобах;  
б — у лікарських препаратах



У значній кількості гліцерин використовують для виробництва нітрогліцерину — вибухової речовини, з якої виготовляють динаміт і порох.

## ВИСНОВКИ

Гліцерин  $C_3H_5(OH)_3$  — один із важливих спиртів. Це безбарвна в'язка рідина із солодким смаком, без запаху. Сполуку можна виявити за допомогою реакції з купрум(II) гідроксидом.

Гліцерин добувають із жирів. Його використовують у виробництві косметичних засобів, лікарських препаратів, нітрогліцерину, іноді — у харчовій промисловості.



202. Поясніть, чому гліцерин:
- має високу в'язкість;
  - необмежено розчиняється у воді.
203. За допомогою якого досліду можна відрізнити гліцерин від етилового спирту?
204. Обчисліть масову частку гліцерину у водному розчині, якщо молекул води в ньому у 8 разів більше, ніж молекул гліцерину.

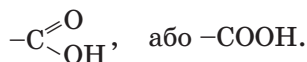
# 28

## Карбонові кислоти. Оцтова (етанова) кислота

Матеріал параграфу допоможе вам:

- вирізняти карбонові кислоти серед інших органічних сполук;
- з'ясувати будову молекули оцтової кислоти;
- засвоїти властивості оцтової кислоти;
- дізнатися про застосування оцтової кислоти.

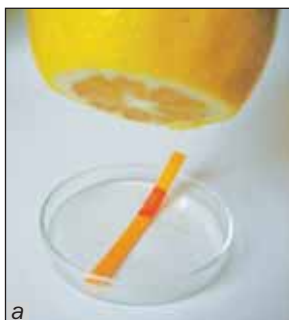
**Карбонові кислоти.** У цьому і наступному параграфах ітиметься про сполуки класу карбонових кислот. Вони відрізняються від спиртів наявністю в молекулах *карбоксильної* групи атомів



**Карбонові кислоти — це похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька карбоксильних груп.**

У рослинному світі трапляються різні карбонові кислоти — мурашина, оцтова, щавлева, яблучна, лимонна та ін. Тривіальні назви цих сполук здебільшого походять від назв рослин, у яких вони були знайдені (мал. 78, а). Карбонові кислоти виявлено і в організмах комах (мал. 78, б), ссавців, людини.

**Мал. 78.**  
Виявлення кислот за допомогою універсального індикатора:  
а — у соку лимона;  
б — у виділеннях мурашок



**Оцтова кислота.** Рідину, назва якої — оцет, виготовляли люди ще в давні часи. Її використовують для різних потреб у кожній родині, передусім для консервування, під час приготування їжі (мал. 79). Оцет — розбавлений водний розчин оцтової кислоти.

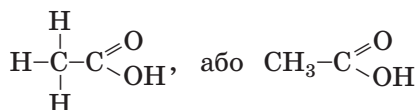
Оцтова кислота є найважливішою карбоновою кислотою. Її хімічна формула —  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Вона складається з двох частин — вуглеводневого залишку  $-\text{CH}_3$  (залишок від молекули метану  $\text{CH}_4$ ) і карбоксильної групи  $-\text{COOH}$ .

**Мал. 79.**  
Оцет



Хімічна назва оцтової кислоти — етанова кислота.

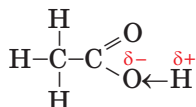
**Будова молекули оцтової кислоти.** Структурна формула молекули цієї сполуки (мал. 80):



**Мал. 80.**  
Кулестержнева  
модель  
молекули  
оцтової кислоти



Атом Оксигену, який сполучений з атомом Карбону подвійним зв'язком, спричиняє сильне зміщення спільної електронної пари в гідроксильній групі:



Зв'язок O—H у молекулі оцтової кислоти є більш полярним, ніж у молекулах етанолу чи гліцерину, тому сполука виявляє кислотні властивості.

**Фізичні властивості.** За звичайних умов оцтова кислота є безбарвною рідиною з різким



**Мал. 81.**

Чиста оцтова кислота, яка зберігається в прохолодному приміщенні



запахом і густиною  $1,05 \text{ г/см}^3$ . При зниженні температури до  $+16,7^\circ\text{C}$  вона кристалізується, немов замерзає (мал. 81). Тому чисту кислоту іноді називають льодяною оцтовою кислотою. Температура кипіння сполуки  $+118,1^\circ\text{C}$ . Вона вища, ніж температура кипіння етанолу  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  ( $+78,3^\circ\text{C}$ ). Це зумовлено утворенням у кислоті більшої кількості водневих зв'язків (її молекула містить два атоми Оксигену, тоді як молекула спирту — один атом).

Оцтова кислота змішується з водою в будь-яких співвідношеннях з утворенням розчину.

**Хімічні властивості.** Оцтова кислота, як і неорганічні кислоти, дисоціює у водному розчині на катіони Гідрогену та аніони кислотного залишку:

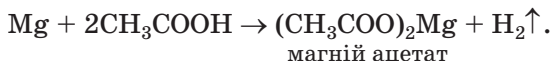


Цей процес відбувається внаслідок розриву ковалентних полярних зв'язків  $\text{O}-\text{H}$ . Утворювані катіони Гідрогену спричиняють зміну забарвлення індикатора.

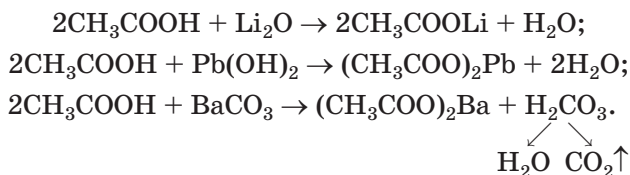
Оцтова кислота є слабкою; в її розчині міститься значно більше молекул кислоти, ніж йонів.

Аніон  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  називають ацетат-іоном, а солі оцтової кислоти — ацетатами (етаноатами). У формулах солей цієї та інших органічних кислот спочатку записують аніони, потім — катіони:  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$ .

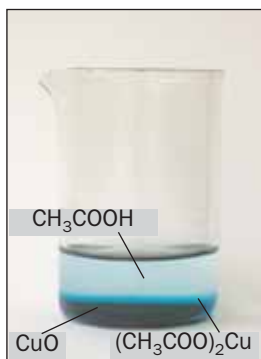
Оцтова кислота взаємодіє з активними металами (з виділенням водню):



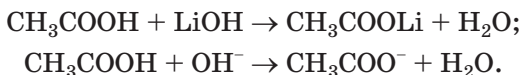
Вона також вступає в реакції з оснóвними й амфотерними оксидами (мал. 82), основами, амфотерними гідроксидами, деякими солями слабких кислот (наприклад, із карбонатами):



**Мал. 82.**  
Реакція оцтової  
кислоти з  
купрум(II)  
оксидом



У йонно-молекулярних рівняннях оцтову кислоту як слабку кислоту подають у недисоційованій формі:



► Складіть рівняння реакції оцтової кислоти з розчином натрій силікату в молекулярній та йонно-молекулярній формах.

**Застосування.** Оцтова кислота — перша з карбонових кислот, яка стала відома людині. Її застосовують у хімічній і харчовій промисловості, при фарбуванні тканин, у виробництві штучних волокон, домашньому господарстві.

**Карбонові кислоти** — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька карбоксильних груп —COOH.

**Оцтова кислота** CH<sub>3</sub>COOH — найважливіша карбонова кислота. Це безбарвна рідина з різким запахом, яка змішується з водою в будь-яких співвідношеннях з утворенням розчину.

Оцтова кислота є слабкою. Вона взаємодіє з металами з виділенням водню, основними й амфотерними оксидами, основами, амфотерними гідроксидами, деякими солями.

Оцтову кислоту використовують у промисловості, для домашніх потреб.



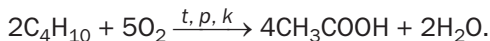
205. Які сполуки називають карбоновими кислотами? Чим молекула карбонової кислоти відрізняється від молекули спирту?
206. Знайдіть формулу карбонової кислоти, якщо її молярна маса така сама, що й етанолу. Чи відповідає ця кислота визначенню карбонових кислот?
207. Поясніть, як і завдяки чому молекула оцтової кислоти дисоціює у водному розчині.
208. Чому оцтова кислота не виявляє основних властивостей, хоча її формула містить групу OH, як і формула натрій гідроксиду?
209. Складіть рівняння реакцій і дайте назви їхнім продуктам:  
 а) CH<sub>3</sub>COOH + Li → ...;                      в) CH<sub>3</sub>COOH + MnO → ...;  
 б) CH<sub>3</sub>COOH + Zn(OH)<sub>2</sub> → ...;            г) CH<sub>3</sub>COOH + K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> → ... .
210. Наведіть по два молекулярні рівняння, які відповідають таким йонно-молекулярним рівнянням:  
 а) H<sup>+</sup> + CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> = CH<sub>3</sub>COOH;  
 б) S<sup>2-</sup> + 2CH<sub>3</sub>COOH = H<sub>2</sub>S↑ + 2CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>.
211. Обчисліть масову частку оцтової кислоти в розчині, який утворився:  
 а) при змішуванні однакових кількостей речовини кислоти і води;  
 б) при додаванні 20 г кислоти до 200 г 20 %-го її розчину;  
 в) при додаванні 100 г води до 200 г 20 %-го розчину кислоти.
212. Відносна формульна маса солі оцтової кислоти становить 142. Визначте формулу цієї солі й назвіть сполуку.
213. Обчисліть масу розчину калій гідроксиду з масовою часткою лугу 32 %, який витратили на нейтралізацію 50 г розчину оцтової кислоти з масовою часткою кислоти 12 %.

214. Які маси оцтової есенції та води потрібно взяти для приготування 160 г столового оцту — розчину оцтової кислоти з масовою часткою кислоти 9 %? Візьміть до уваги, що оцтова есенція є розчином, який містить 80 % оцтової кислоти за масою.

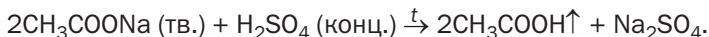
для допитливих

### Як добувають оцтову кислоту

Щорічний обсяг виробництва оцтової кислоти у світі сягає 4 млн тонн. Її добувають на заводах переважно з інших органічних сполук. Наприклад, за певних умов здійснюють реакцію *n*-бутану<sup>1</sup> з киснем:



Лабораторний метод добування оцтової кислоти ґрунтується на реакції обміну між твердою сіллю цієї кислоти і концентрованою сульфатною кислотою. Взаємодію речовин здійснюють при нагріванні:



Пара оцтової кислоти, яка виділяється під час реакції, при охолодженні перетворюється на рідину.

Оцтова кислота утворюється при окисненні етанолу в його водному розчині киснем повітря за участю особливих бактерій. Реакція відбувається, якщо масова частка спирту в розчині не перевищує 10 %, і триває два-три тижні. Цей процес називають оцтовокислим бродінням. У такий спосіб (скисанням вина) в давнину виробляли оцет.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

### Властивості оцтової (етанової) кислоти

#### ДОСЛІД 1

#### Дія оцтової кислоти на індикатор

Налийте в пробірку 1—2 мл розчину оцтової кислоти, занурте в нього скляну паличку і нанесіть нею краплю розчину на універсальний індикаторний папірець<sup>2</sup>. Що спостерігаєте? Напишіть рівняння електролітичної дисоціації оцтової кислоти.

<sup>1</sup> Короткі відомості про цю сполуку вміщено на с. 122.

<sup>2</sup> Учитель може запропонувати використати інший індикатор.

## ДОСЛІД 2

### Реакція оцтової кислоти з металом

Обережно помістіть у пробірку невелику гранулу цинку і налейте 2 мл розчину оцтової кислоти. Що відбувається? Якщо ніяких змін не помічаєте, нагрійте вміст пробірки, але не до кипіння.

## ДОСЛІД 3

### Реакція оцтової кислоти з оснóвним (амфотерним) оксидом

Помістіть у пробірку трохи порошку купрум(II) оксиду або іншого виданого вам оксиду і налейте 2 мл розчину оцтової кислоти. Що спостерігаєте? За потреби нагрійте вміст пробірки, але не до кипіння.

## ДОСЛІД 4

### Реакція оцтової кислоти з лугом

Налійте в пробірку 1—2 мл розчину оцтової кислоти і додайте краплю розчину фенолфталеїну. Додавайте в пробірку по краплях при перемішуванні розчин натрій гідроксиду. Зафіксуйте зовнішній ефект, який засвідчить, що кислота повністю прореагувала з лугом.

## ДОСЛІД 5

### Реакція оцтової кислоти з нерозчинною основою (амфотерним гідроксидом)

Налійте в пробірку 1 мл розчину луку і додайте стільки ж розчину купрум(II) сульфату або виданого вам розчину іншої солі. Що спостерігаєте?

Перемішайте суміш з осадом і долийте до неї 2 мл розчину оцтової кислоти. Що відбувається в пробірці?

## ДОСЛІД 6

### Реакція оцтової кислоти із сіллю

Помістіть у пробірку трохи кальцій карбонату і налейте 2 мл розчину оцтової кислоти. Що спостерігаєте?

Під час проведення кожного досліду записуйте свої дії та спостереження в подану нижче таблицю. Після завершення дослідів запишіть у таблицю висновки і відповідні рівняння реакцій у молекулярній і йонно-молекулярній формах.

Послідовність дій	Спостереження	Висновок
<i>Дослід 1. Дія оцтової кислоти...</i>		
...	...	...
<b>Рівняння електролітичної дисоціації кислоти:</b>		
<i>Дослід 2. Реакція оцтової кислоти...</i>		
...	...	...
<b>Рівняння реакції:</b>		
...		



215. Поясніть, з якою метою в досліді 4 використовують індикатор.

216. Яким буде результат досліду 6, якщо кальцій карбонат замінити:

а) на натрій карбонат; б) на кальцій сульфат? Відповіді обґрунтуйте.

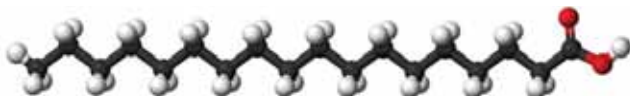
## 29 Вищі карбонові кислоти та їхні солі (милá)

Матеріал параграфу допоможе вам:

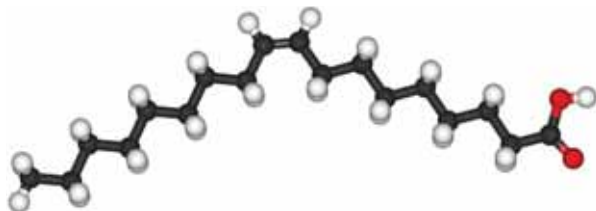
- отримати відомості про вищі карбонові кислоти;
- дізнатися про органічні сполуки, які виявляють мийну дію.

**Вищі карбонові кислоти.** Карбонові кислоти, молекули яких містять 10 або більше атомів

Карбону, називають *вищими*. Серед кислот цієї групи найважливішими є пальмітинова  $C_{15}H_{31}COOH$ , стеаринова  $C_{17}H_{35}COOH$  і олеїнова  $C_{17}H_{33}COOH$  (мал. 83). Перші дві кислоти належать до насичених сполук, оскільки містять у молекулах лише прості ковалентні зв'язки між атомами Карбону, а олеїнова кислота — до ненасичених, бо має в молекулі один подвійний зв'язок  $C=C$ .



а



б

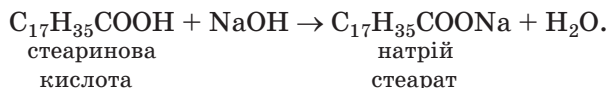
**Мал. 83.**

Кулестержневі моделі молекул стеаринової (а) й олеїнової (б) кислот

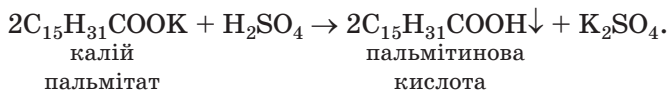
Вищі карбонові кислоти раніше добували тільки з рослинних і тваринних жирів. Тому їх ще називають *жирними кислотами*.

Пальмітинова і стеаринова кислоти — білі тверді речовини, а олеїнова — рідина. Вони практично не розчиняються у воді.

За хімічними властивостями вищі карбонові кислоти подібні до оцтової, але є дуже слабкими. Ці сполуки реагують із лугами:



Якщо до розчину солі вищої карбонової кислоти додати розбавлену сульфатну кислоту, то відбувається реакція обміну:



Вищі карбонові кислоти добувають, здійснюючи за певних умов реакції природних жирів із водою, а також окисненням деяких компонентів нафти.

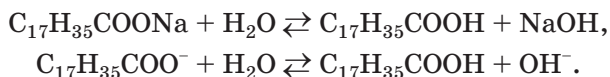
**Милá.** Солі лужних елементів і карбонових кислот із кількістю атомів Карбону в аніонах від 10 до 20 називають *милáми*. (Якщо атомів Карбону в аніоні солі менше 10, то сполука не виявляє мийної дії, а якщо більше 20, то сіль практично нерозчинна у воді.) Солі Натрію і вищих карбонових кислот є твердими речовинами, а солі Калію — рідинами.

Традиційний процес миловаріння полягає в нагріванні жирів або олій із лугом. У результаті утворюється концентрований розчин, у якому містяться солі вищих кислот (милá). При додаванні до нього насиченого розчину кухонної солі розчинність цих солей зменшується; вони виділяються з розчину і спливають на поверхню. Цей процес називають *висолюванням*. Мило збирають і заповнюють ним форми, де воно твердне. Залежно від сорту мила в нього під час виготовлення додають барвники, ароматизатори, екстракти рослин (календули, липи, ромашки та ін.).

Мийна дія мила полягає у відокремленні часточок бруду, наприклад, від поверхні тканини й утворенні емульсії чи суспензії. Розглянемо, як це відбувається.

► Пригадайте, що таке емульсія, суспензія.

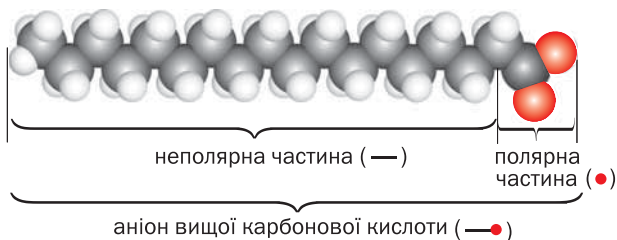
Потрапляючи у воду, мило розчиняється і частково взаємодіє з нею; при цьому утворюється слабка кислота і луг:



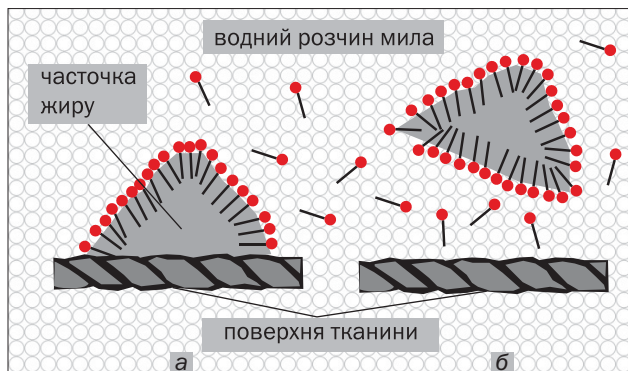
Аніон  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^-$  складається із двох частин — полярної ( $-\text{COO}^-$ ) і неполярної ( $\text{C}_{17}\text{H}_{35}-$ ) (мал. 84). Неполярна частина йона «розчиняється» в жировій частині забруднення, а полярна залишається у воді (мал. 85), сполу-



**Мал. 84.**  
Масштабна  
модель аніона  
вищої  
карбонової  
кислоти



**Мал. 85.**  
Мийна дія мила:  
а — сполучення  
аніонів із  
часточкою  
жиру;  
б — відокрем-  
лення часточки  
жиру від тканини



чаючись із її молекулами водневими зв'язками. Унаслідок такої взаємодії забруднення відокремлюється від поверхні тканини разом з аніонами кислотних залишків у вигляді маленьких жирових краплинок або твердих часточок. Вони не злипаються, оскільки мають на своїй поверхні однойменний заряд (який?), а збираються навколо бульбашок повітря в піні.

Використання мила має певні недоліки. Луг, невелика кількість якого утворюється у водному розчині мила, повільно роз'їдає тканини, руйнує деякі барвники. Нині мило майже повністю витіснили синтетичні мийні засоби.

## ВИСНОВКИ

Найважливіші вищі карбонові кислоти — пальмітинова, стеаринова й олеїнова. Це дуже слабкі кислоти. Їх натрієві й калійні солі називають милами.

Мило частково реагує з водою; при цьому утворюються відповідні кислоти і луг. Наявність в аніоні кислоти полярної й неполярної частин зумовлює змочування розчином мила різних поверхонь і видалення з них забруднень.



217. Які сполуки зараховують до вищих карбонових кислот?
218. Напишіть рівняння реакції олеїнової кислоти з калій гідроксидом і дайте назву солі, яка утворюється.
219. Складіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння реакцій:
- а) калій пальмітату з водою;
  - б) магній стеарату (нерозчинна сіль) із хлоридною кислотою.
220. Чи здатні виявляти мийну дію:
- а) натрій сульфат;
  - б) натрій ацетат;
  - в) калій стеарат?
- Відповіді поясніть.

---

## 30 Жири

---

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати склад і властивості жирів;
- дізнатися про виробництво твердих і рідких жирів;
- зрозуміти біологічну роль жирів в організмі.

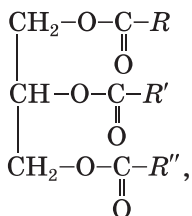
У природі дуже поширені сполуки, загальна назва яких — жири. Вони добре відомі нам із повсякденного життя (мал. 86).

**Жири — це похідні гліцерину і вищих карбонових кислот.**

**Мал. 86.**  
Харчові  
жири



Загальна формула жирів —



де  $R, R', R''$  — вуглеводневі залишки (здебільшого вони різні, але можуть бути й однаковими). Найчастіше це залишки насичених кислот — пальмітинової  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ , стеаринової  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ , а також ненасиченої олеїнової кислоти  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$  (§ 29).

Природні жири завжди містять домішки, серед яких — жирні кислоти, вітаміни, інші біологічно важливі речовини, вода.

**Класифікація.** За походженням жири поділяють на тваринні й рослинні.

*Тваринні жири* (яловичий жир, свиняче сало, вершкове масло) містять переважно сполуки, що є похідними гліцерину й насичених кислот — стеаринової та пальмітинової. Молекули жирів морських ссавців і риб вирізняються високим вмістом залишків ненасичених кислот, які мають щонайменше чотири подвійні зв'язки.

*Рослинні жири* зазвичай називають оліями. Найважливіші серед олій — соняшникова, оливкова, кукурудзяна, лляна. Олії містять переважно жири, що є похідними олеїнової та

інших ненасичених кислот. У кокосовому і пальмовому жирах переважають молекули із залишками насичених кислот.

**Властивості.** Тваринні жири, крім риб'ячого, є твердими речовинами, а рослинні — рідинами (за винятком кокосового і пальмового).

Запах, колір і смак жирів зумовлені, як правило, різними домішками.

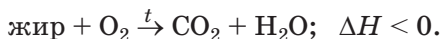
Жири нерозчинні у воді, але добре розчиняються в бензині, гасі, інших органічних розчинниках. При струшуванні рідких жирів з водою утворюються емульсії (приклад такої емульсії — молоко).

Температури плавлення жирів залежать від того, якими кислотами вони утворені. Жири, молекули яких містять залишки насичених кислот, мають вищі температури плавлення і за звичайних умов є твердими. Жири, які походять від ненасичених кислот, — рідини.

Жири при нагріванні до 250—300 °С розкладаються з утворенням сумішей різних сполук.

У вологому повітрі жири зазнають повільного окиснення. Продукти відповідних реакцій мають неприємний запах і гіркий смак (пригадайте запах і смак несвіжого вершкового масла).

При горінні жирів відбувається їх повне окиснення з утворенням вуглекислого газу, водяної пари і виділенням значної кількості теплоти:



Жир, змішаний з водою, при нагріванні взаємодіє з лугом. Цей процес отримав назву *омилення жирів*. Унаслідок таких реакцій утворюються гліцерин і солі вищих карбонових кислот — мила.

**Добування.** Уперше синтез жиру здійснив французький учений М. Бертло в 1854 р., нагріваючи гліцерин із вищою карбоною кислотою в запаяній посудині. Із часом було винайдено інші методи синтезу жирів. Однак

усі вони не набули промислового значення, оскільки жири дуже поширені в природі і їх вилучають із природної сировини.

Виробництво олії здійснюють двома способами. За першим способом висушене й очищене від домішок насіння соняшника, інших рослин подрібнюють, нагрівають і пресують. При цьому виділяється олія, яку очищують і розливають у різні ємкості (мал. 87). Нагрівання потрібне для зменшення в'язкості олії, щоб вона легше вилучалася з насіння під час пресування. Крім того, за підвищеної температури припиняється дія ферментів, які розкладають жири і спричиняють їх згірнення.

#### Цікаво знати

Україна виробляє 25 % усієї соняшникової олії у світі і є найбільшим експортером цього продукту.



**Мал. 87.**  
Фасування олії

Інший спосіб полягає в обробленні насіння нагрітим летким розчинником (гексаном, етанолом), у якому олія розчиняється. Потім розчинник видаляють перегонкою.

Основний процес при добуванні твердого жиру — витоплювання. Під час цього процесу жир плавиться й відокремлюється від залишків м'яса, води, інших речовин. Його очищують і заливають у форми для тверднення.

**Застосування.** Жири використовують у харчовій промисловості, виробництві косметичних засобів, медицині, техніці, для змащування виробів із металу з метою запобігання корозії. Переробкою жирів добувають гліцерин, мило, оліфу, багато інших речовин і матеріалів. Раніше деякі жири використовували як горючі речовини для освітлення приміщень.

### Цікаво знати

У рослинах жир накопичується в насінні (ним живляться зародки).

**Біологічна роль.** Жири є одними з найважливіших харчових продуктів. Це — основне джерело енергії в організмі. При повному окисненні 1 г жиру в організмі виділяється в середньому 39 кДж теплоти, що вдвічі більше за енергію, яку «виробляє» така сама маса білків чи вуглеводів. Виділення великої кількості води при окисненні жиру має виняткове значення для тварин (наприклад, верблюдів), які змушені тривалий час жити без води.

Висока харчова цінність жирів зумовлена також розчинністю в них деяких вітамінів (А, D, Е).

Жири відіграють важливу роль у терморегуляції живих організмів. Вони погано проводять теплоту й тому захищають від переохолодження пінгвінів, китів, тюленів, інших тварин.

## ВИСНОВКИ

Жири — похідні гліцерину і вищих карбонових кислот.

Розрізняють тваринні й рослинні жири. Тваринні жири здебільшого є твердими речовинами; це — похідні насичених кислот. Рослинні жири — переважно рідини (їх називають оліями); вони походять від ненасичених кислот.

Жири не розчиняються у воді. На повітрі вони повільно окиснюються, а при нагріванні розкладаються.

Жири мають високу енергетичну цінність і є невід'ємним складником нашого харчування. Їх використовують у техніці, медицині, промисловості.



221. Назвіть жири, які ми використовуємо в харчуванні.
222. З яких частин складається молекула жиру?
223. Який зв'язок існує між складом молекули жиру та його агрегатним станом?

224. Зобразіть скорочену структурну формулу молекули жиру, якщо вона містить:
- три залишки пальмітинової кислоти;
  - три залишки олеїнової кислоти.
225. Складіть рівняння реакції горіння жиру, похідного стеаринової кислоти.

## 31 Вуглеводи. Глюкоза і сахароза

Матеріал параграфу допоможе вам:

- ▶ отримати уявлення про склад вуглеводів;
- ▶ з'ясувати властивості глюкози і сахарози;
- ▶ дізнатися про добування й використання глюкози і сахарози.

Вуглеводи  
 $C_n(H_2O)_m$

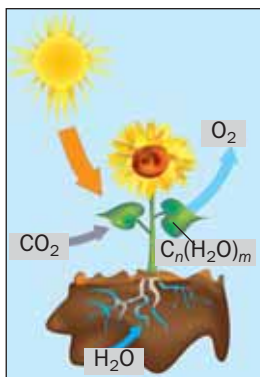
**Вуглеводи.** У кожній рослині є органічна речовина, назва якої — целюлоза. Вона, а також крохмаль, сахароза (звичайний цукор), глюкоза є *вуглеводами* (назва походить від слів «вуглець» і «вода»). Загальна формула сполук цього класу —  $C_n(H_2O)_m$ , або  $C_nH_{2m}O_m$  ( $n$  і  $m$  можуть мати значення 5 і більше). При сильному нагріванні без доступу повітря вуглеводи розкладаються на вуглець і воду (мал. 88).



**Мал. 88.**  
Термічний  
розклад  
вуглеводу

Деякі вуглеводи складаються з порівняно невеликих молекул, інші — з молекул, що містять тисячі атомів.

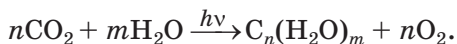
У зелених рослинах і деяких бактеріях вуглеводи утворюються внаслідок *фотосинтезу*<sup>1</sup>. Це — складний процес, під час якого відбувається синтез органічних речовин із неорганічних (вуглекислого газу, води, розчинних солей) за участю сонячної енергії (мал. 89). Процес фотосинтезу, який здійснюється в рослинах, супроводжується виділенням кисню.



**Мал. 89.**  
Фотосинтез

Схема фотосинтезу вуглеводів —

вуглекислий газ + вода  $\xrightarrow{h\nu}$  вуглеводи + кисень,  
а узагальнене хімічне рівняння —



Вуглеводи є одним із джерел енергії для організму; вона виділяється під час хімічних реакцій за їх участю.

**Глюкоза.** Це — один із найважливіших вуглеводів. Сполуку іноді називають виноградним цукром; вона міститься у фруктах (найбільше — у винограді), меді, а в дуже малій кількості — у крові людини і тварин.

Хімічна формула глюкози —  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

<sup>1</sup> Термін походить від грецьких слів *phōtos* — світло і *synthesis* — сполучення.



Глюкоза  
 $C_6H_{12}O_6$

Глюкоза — білий порошок або безбарвні кристали. Сполука добре розчиняється у воді, має солодкий смак, але вона менш солодка, ніж цукор.

Виявити глюкозу в розчині можна, використавши її здатність вступати в реакцію з купрум(II) гідроксидом, яка супроводжується характерним зовнішнім ефектом.

### ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 13

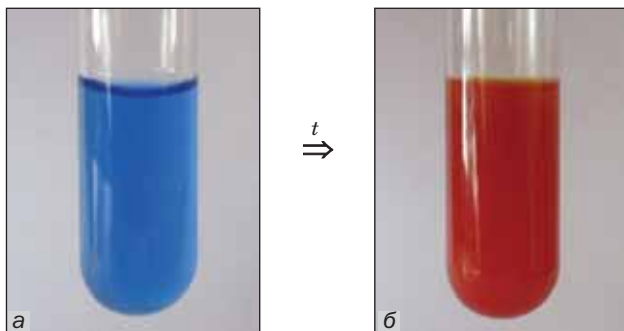
#### Взаємодія глюкози з купрум(II) гідроксидом

Налийте в пробірку 1 мл розчину натрій гідроксиду і внесіть 3—4 краплі розчину купрум(II) сульфату. До рідини з осадом купрум(II) гідроксиду, що утворився, налейте 1 мл розчину глюкози і перемішайте суміш.

Чи розчинився осад? Яким став колір розчину?

Під час взаємодії глюкози з купрум(II) гідроксидом утворюється розчинна сполука блакитного кольору (мал. 90, а). При нагріванні добутого розчину з'являється жовтий осад, колір якого швидко змінюється на червоний (мал. 90, б).

Мал. 90.  
Результат  
взаємодії  
глюкози  
з купрум(II)  
гідроксидом



У промисловості глюкозу добувають, здійснюючи за певних умов реакції крохмалю або сахарози з водою.

Глюкоза є сировиною для кондитерської промисловості (мал. 91, а). З неї добувають аскорбінову кислоту (вітамін С), кальцій глюконат, інші речовини. Глюкозу також використовують у медицині як легкозасвоювану і калорійну речовину при виснаженні людини (мал. 91, б). Цей вуглевод входить до складу кровозамінних рідин (мал. 91, в).



а



б



в

**Мал. 91.**  
Застосування глюкози:  
а — печиво;  
б — сироп;  
в — розчин для ін'єкцій

При окисненні глюкози виділяється необхідна для організму енергія:



**Сахароза.** Сахароза — сполука, відома кожному; це звичайний цукор. Найбільше цієї речовини міститься в цукровому буряку і цукровій тростині (мал. 92); масова частка сахарози в них може сягати 27 %. Сполука є також у листі й соках дерев, фруктів, овочів. Вона утворюється в рослинах під час фотосинтезу.

**Мал. 92.**  
Рослини з високим вмістом сахарози:  
а — цукровий буряк;  
б — цукрова тростина



а



б

<sup>1</sup> Умовним записом [O] в органічній хімії часто замінюють формулу речовини-окисника.

**Сахароза**  
**C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>**

Формула сахарози — C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>.

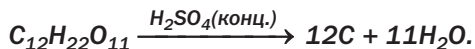
Сахароза — біла кристалічна речовина (мал. 93), солодка на смак, яка дуже добре розчиняється у воді (при 20 °С — 203 г речовини у 100 г води, при 100 °С — 487 г). Насичений розчин цукру має високу в'язкість; його часто називають сиропом.



**Мал. 93.**  
Мікрофотографія сахарози

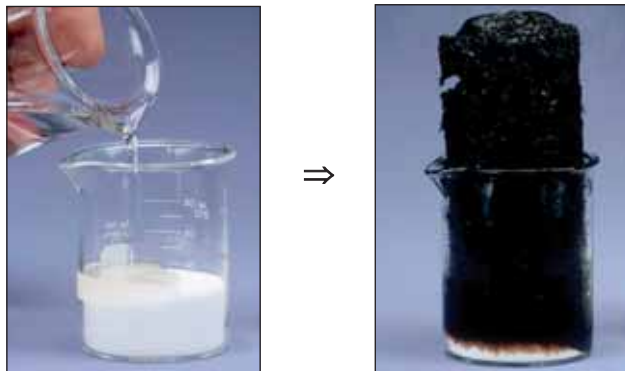
За температури 184 °С сахароза плавиться і починає розкладатися. Розплав набуває коричневого забарвлення, і з'являється запах підгорілого цукру. Таке перетворення цукру називають карамелізацією (термін походить від слова «карамель»).

*При дії на сахарозу концентрованої сульфатної кислоти органічна сполука починає розкладатися: кислота «Відбирає» в молекул цукру молекули води. Спрощена схема перетворення:*



*Відповідний демонстраційний дослід проводять так. У невелику хімічну склянку насипають (на 1/3—1/4 її об'єму) розтертий цукор-пісок, додають трохи води і ретельно перемішують речовини склянкою паличкою. Потім доливають концентровану сульфатну кислоту (до половини об'єму склянки) і швидко перемішують. Суміш розігрівається, темніє й починає збільшуватися в об'ємі (мал. 94). Виділяється водяна пара, а цукор перетворюється на вуглець.*

**Мал. 94.**  
Розклад цукру  
під дією  
концентрованої  
сульфатної  
кислоти



У розчині сахарози (як і глюкози) розчиняється купрум(II) гідроксид. Але якщо нагрівати добуту рідину, то в ній не утворюватиметься червоний осад (відміна від результату досліду з розчином глюкози).

**Виробництво і застосування сахарози.** В Україні працюють десятки цукрових заводів (мал. 95). Щорічний обсяг їх продукції становить 1,5—2 млн т.

**Мал. 95.**  
Цех  
цукрового  
заводу



Виробництво цукру відбувається в кілька стадій. Спочатку цукровий буряк миють, подрібнюють і промивають гарячою водою. Сахароза та інші розчинні у воді речовини переходять у розчин. Потім до нього додають суспензію вапна. Кальцій гідроксид реагує із сахарозою з утворенням розчинної сполуки, а продуктами його реакцій з іншими органічними речовинами є нерозчинні сполуки. Розчин відфільтровують від осаду і пропускають у рідину вуглекислий газ. При

### Цікаво знати

Приблизно 2/3 цукру виробляють із цукрової тростини, а 1/3 — із цукрового буряку.

цьому знову утворюється сахароза й осаджується кальцій карбонат. Розчин фільтрують, додатково очищують і випарюють. Із нього кристалізується цукор.

Цукор — важливий харчовий продукт. Його використовують у виробництві кондитерських виробів, багатьох напоїв. Цукор є консервантом для фруктів і ягід, тому його застосовують для приготування варення, джему (при цьому співвідношення мас цукру і плодів має бути не менш ніж 1 : 1).

Сахароза слугує сировиною для добування етанолу, деяких інших органічних сполук.

## ВИСНОВКИ

Вуглеводи — сполуки із загальною формулою  $C_n(H_2O)_m$ . Вони є одним з основних джерел енергії для організму. Ці сполуки утворюються в зелених рослинах і деяких бактеріях унаслідок фотосинтезу. Найважливішими вуглеводами є глюкоза, сахароза, крохмаль і целюлоза.

Глюкоза  $C_6H_{12}O_6$  і сахароза  $C_{12}H_{22}O_{11}$  — білі кристалічні речовини, які мають солодкий смак і добре розчиняються у воді. Глюкозу можна виявити в розчині за допомогою реакції з купрум(II) гідроксидом при нагріванні.

Глюкозу і сахарозу добувають із природної сировини. Їх використовують у харчовій промисловості, а глюкозу — ще й у медицині.



226. Які сполуки називають вуглеводами? Поясніть походження цієї назви.
227. Доведіть, що склад молекули оцтової кислоти  $CH_3COOH$  відповідає загальній формулі вуглеводів  $C_n(H_2O)_m$ . Чи можна вважати цю сполуку вуглеводом? Чому?
228. Як можна відрізнити розчин глюкози від розчину сахарози?

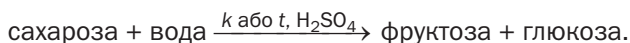
229. Обчисліть масові частки елементів:
- у глюкозі;
  - у сахарозі.
230. Яка кількість речовини сахарози міститься в 0,5 кг цього вуглеводу?
231. У якій масі води потрібно розчинити 50 г глюкози, щоб виготовити розчин із масовою часткою цієї речовини 25 %?
232. Змішали 200 г розчину сахарози з масовою часткою сполуки 5 % і 300 г розчину сахарози з масовою часткою сполуки 20 %. Обчисліть масову частку вуглеводу в утвореному розчині.

для допитливих

### Фруктоза

Фруктоза, або фруктовий цукор, міститься у фруктах, ягодах, меді. Хімічна формула фруктози така сама, що й глюкози, —  $C_6H_{12}O_6$ , але будова її молекули інша.

Фруктоза — безбарвна кристалічна речовина, добре розчинна у воді. Вона втричі солодша за глюкозу і в 1,5 раза — за сахарозу. Ця сполука утворюється при взаємодії сахарози з водою за певних умов:



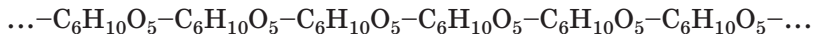
Фруктозу та її похідні використовують у медицині, зокрема в лікувальному харчуванні хворих на цукровий діабет.

## 32 Крохмаль. Целюлоза

Матеріал параграфу допоможе вам:

- знайти відмінності у складі крохмалю і целюлози;
- дізнатися про поширеність крохмалю і целюлози в природі;
- зіставити властивості крохмалю і целюлози;
- з'ясувати сфери використання крохмалю і целюлози.

Крохмаль і целюлоза — вуглеводи, які подібно до глюкози й сахарози містяться в рослинах. Ці сполуки є природними полімерами. Їхні молекули складаються із сотень і тисяч груп атомів  $C_6H_{10}O_5$  — залишків молекули глюкози:

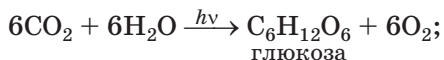


Крохмаль і целюлоза мають однакову загальну формулу  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , але значення  $n$  для них різні; молекули целюлози набагато довші, ніж крохмалю.

**Крохмаль**  
 $(C_6H_{10}O_5)_n$

**Крохмаль.** Ця речовина, як і цукор, дуже важлива для людини; вона входить до складу багатьох харчових продуктів.

Крохмаль — своєрідний акумулятор енергії в рослинах, необхідний насамперед для розвитку їхніх зародків. Він утворюється в листі й стеблах унаслідок фотосинтезу і взаємоперетворення вуглеводів:



Крохмаль накопичується в насінні, бульбах, плодах, корінні рослин (мал. 96).



**Мал. 96.**  
Вміст крохмалю (за масою) в рослинах

Крохмаль — біла зерниста речовина, яка не має запаху і смаку, не розчиняється в

холодній воді, а в теплій утворює колоїдний розчин. Густий розчин крохмалю використовують як клей (його назва — крохмальний клейстер).

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 14

### Відношення крохмалю до води

Помістіть у пробірку трохи крохмалю (щоб він ледь покрив її дно), налейте приблизно 4 мл води і перемішайте суміш. Чи розчиняється крохмаль у холодній воді?

Постійно струшуючи, обережно нагрійте вміст пробірки до кипіння. Спостерігайте утворення колоїдного розчину.

Залиште виготовлений розчин для наступного досліді.

#### Цікаво знати

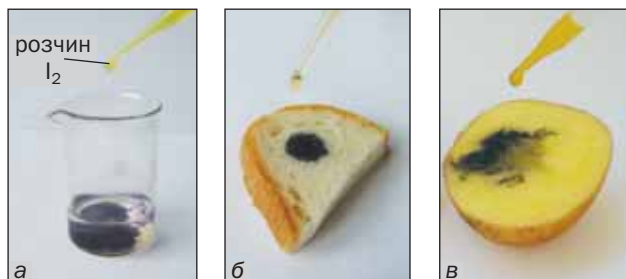
Крохмаль, добутий із картоплі, називають картопляним борошном.

Картопляний крохмаль зовні схожий на пшеничне борошно. Його можна відрізнити від борошна в такий спосіб: при розтиранні крохмалю пальцями відчувається поскрипування внаслідок взаємного тертя його зерен.

При нагріванні крохмаль не плавиться, а розкладається.

Розчин йоду дає з крохмалем характерне синє забарвлення (мал. 97), яке при нагріванні до 100 °С зникає, а при охолодженні з'являється знову.

**Мал. 97.**  
Виявлення крохмалю:  
а — в його водному розчині;  
б — у хлібі;  
в — у картоплі





## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 15

### Взаємодія крохмалю з йодом

До охолодженого розчину крохмалю, приготовленого в попередньому досліді, додайте краплю йодної настоянки і зафіксуйте появу характерного забарвлення.

Нагрійте рідину в пробірці до кипіння. Чи змінився колір розчину?

Охолодіть вміст пробірки. Що спостерігаєте?

На відміну від розчинів глюкози і сахарози в розчині крохмалю не розчиняється осад купрум(II) гідроксиду.

Крохмаль добувають у промисловості переважно з картоплі й кукурудзи. Сировину подрібнюють, обробляють холодною водою, потім зерна крохмалю відокремлюють від рідини відстоюванням або центрифугуванням.

Крохмаль — важливий харчовий продукт. Його додають у варену ковбасу, інші вироби. Цю речовину також використовують при виготовленні паперу, текстилю, деяких пластмас, клеїв, вітамінів, у домашньому господарстві. Крім цього, крохмаль є сировиною для добування глюкози, етилового спирту, гліцерину, лимонної кислоти.

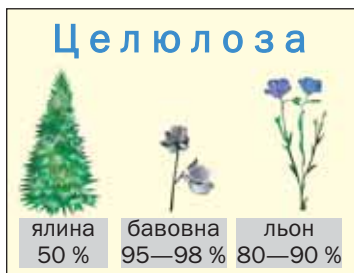
**Целюлоза**  
( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>

**Целюлоза.** Це — найпоширеніший вуглевод у рослинному світі. Целюлоза виконує роль «будівельного» матеріалу в рослинах; вона утворює оболонки рослинних клітин (інша назва речовини — клітковина).

Целюлоза міститься в бавовні, льоні (мал. 98), очереті, інших рослинах, фруктах, овочах. Вона є також у борошні, крупах.

Чиста целюлоза — тверда волокниста речовина білого кольору, нерозчинна у воді й органічних розчинниках. На відміну від крохмалю целюлоза не змінює забарвлення розчину йоду.

**Мал. 98.**  
Вміст  
целюлози  
(за масою)  
в рослинах



У природних умовах целюлоза поступово розкладається. Цей процес відбувається за участю мікроорганізмів. Кінцеві продукти перетворення — вуглекислий газ і вода, а за відсутності повітря (наприклад, на дні водойм) замість вуглекислого газу утворюється метан.

Для виробництва целюлози використовують деревину, деякі рослини. Сировину подрібнюють, додають при нагріванні й за невисокого тиску розчини різних реагентів для вилучення домішок. Залишок, що являє собою чисту целюлозу, висушують.

Папір, картон, різноманітні тканини, волокна, лаки, емалі, деякі пластмаси, целофан — усе це виробляють із целюлози та її похідних. Целюлозу використовують у виробництві бездимного порошку, ацетатного шовку.

Волокна із целюлози мають багато цінних якостей. Вони міцні, гігроскопічні, їх легко фарбувати. Водночас ці волокна мають недостатню еластичність, погано зберігають форму, горючі, руйнуються мікроорганізмами. Ці недоліки усувають, обробляючи тканини різними речовинами.

*Папір — один із найважливіших матеріалів на основі целюлози. Без нього неможливо уявити наше життя. Папір було винайдено в Китаї у II ст. до н. е. Його виробляли спочатку з бавовни, бамбука, а в середні віки — також із ганчір'я. У XVIII ст. для цього почали використовувати деревину.*

### Цікаво знати

Целюлоза, просочена кислотою й висушена, легко розсипається в порошок.

Нині промисловість випускає багато видів паперу — газетний, для письма, пакувальний тощо. Фільтрувальний папір — це майже чиста целюлоза.

## ВИСНОВКИ

Крохмаль і целюлоза — вуглеводи, які є природними полімерами. Вони мають однакову хімічну формулу  $(C_6H_{10}O_5)_n$  (значення  $n$  для целюлози більші).

Крохмаль накопичується в картоплі, насінні злаків, інших рослинах. З водою ця сполука утворює колоїдний розчин. Крохмаль використовують у харчовій промисловості, а також як сировину для виробництва спирту, глюкози.

Целюлоза — головна складова частина рослин. Це біла волокниста речовина, нерозчинна у воді. Целюлозу застосовують у виробництві паперу, картону, волокнистих матеріалів, натуральних тканин.



233. Чому крохмаль і целюлозу називають природними полімерами? Порівняйте склад молекул цих вуглеводів.
234. Як розрізнити порошки крохмалю і целюлози?
235. Складіть рівняння реакції:
- горіння целюлози;
  - термічного розкладу целюлози (§ 18, мал. 42).
236. Обчисліть масу крохмалю, що утворився в результаті фотосинтезу, якщо рослини виділили 8 т кисню.

### ДОМАШНІЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

#### Виявлення крохмалю в харчових продуктах

##### 1. Виявлення крохмалю в крупах.

Приготуйте по чайній ложці борошна із зерен рису, пшона, пшениці, гречки, квасолі або гороху.

Розподіліть борошно одного виду на дві порції. До однієї порції борошна додайте краплю спиртової настоянки йоду, а з іншої порції приготуйте колоїдний розчин і випробуйте його йодною настоянкою.

#### 2. Виявлення крохмалю в інших харчових продуктах.

Приготуйте шматочки хлібобулочних виробів, зрізи овочів (сирої та вареної картоплі, топінамбура) і фруктів, невеликі порції майонезу, йогурту, плавленого сиру тощо. Випробуйте продукти на наявність у них крохмалю, використавши спиртову настоянку йоду.

Спостереження і висновки запишіть у зошит.

---

## 33 Білки

---

Матеріал параграфу допоможе вам:

- дізнатися про функції білків у живих організмах;
- з'ясувати склад білків;
- довідатися про властивості і практичне значення білків.

У природі нашої планети є речовини, без яких існування живих організмів було б неможливим. Це — *білки*.

**Білки — високомолекулярні<sup>1</sup> органічні сполуки, які виконують особливі біологічні функції в живих організмах.**

Відомо багато білків. Вони здійснюють і регулюють обмін речовин у клітинах, водночас слугуючи для них «будівельним» матеріалом. Білки реагують на зміну зовнішньо-

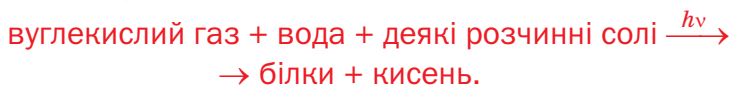
---

<sup>1</sup> Так називають сполуки, молекули яких складаються з дуже великої кількості атомів. До них належать, зокрема, крохмаль, целюлоза, поліетилен.

го середовища, пристосовуючись до нових умов. Вони забезпечують рухову діяльність організму, а деякі (так звані білки-антитіла) захищають його від чужорідних тіл. Усі хімічні реакції в клітинах відбуваються за безпосередньою участю білків-ферментів, які відіграють роль каталізаторів. Отже, білки виконують в організмі різні функції — енергетичну, будівельну, сигнальну, рухову, захисну, каталітичну.

В організмах тварин і людини міститься більше білків, ніж у рослинах. Вони входять до складу м'язової та нервової тканин, шкіри, волосся, нігтів.

Синтезувати білки (як і вуглеводи) безпосередньо з неорганічних речовин здатні лише рослини і деякі бактерії. Загальна схема цього процесу:



До організмів тварин і людини білки надходять із їжею. Вони розщеплюються ферментами на амінокислоти, з яких утворюються інші білки, властиві даному організму.

*Амінокислоти* — похідні карбонових кислот, у молекулах яких деякі атоми Гідрогену вуглеводневих залишків заміщені на групи атомів  $-\text{NH}_2$  (аміногрупи). Якщо аміногрупа сполучена з найближчим до карбоксильної групи атомом Карбону, то сполука належить до  $\alpha$ -амінокислот. Найпростішою сполукою цього класу є амінооцтова кислота  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ .

В усіх білках містяться п'ять основних елементів — Карбон (його масова частка становить 50—55 %), Оксиген (21,5—23,5 %), Нітроген (15—17 %), Гідроген (6,5—7,3 %), Сульфур (0,3—2,5 %), а також невеликі кількості Фосфору, Йоду, Феруму, інших елементів.

Білки мають високі значення молекулярних мас — від десятків тисяч до кількох міль-

йонів. Хімічні формули цих сполук дуже складні.

Кожний білок відрізняється від інших набором амінокислотних залишків, їх послідовністю в молекулі, просторовою будовою молекул, а також біологічними функціями.

Унікальність білків зумовлена їхньою будовою, якої не має жодна з вивчених вами сполук. Перший вагомий внесок у дослідження білків зробив німецький учений Е.-Г. Фішер. Він довів, що їхні молекули побудовані із залишків молекул  $\alpha$ -амінокислот, які сполучені групами атомів  $-\text{C}-\text{N}-$  (пептидними групами).



**Властивості.** Білки не мають температур плавлення і кипіння. Під час нагрівання білка руйнується його складна будова, внаслідок чого він втрачає здатність виконувати біологічні функції. Однак харчові продукти після такого перетворення білків легше засвоюються організмом — яєчня або зварене яйце порівняно із сирим, кисле молоко порівняно зі свіжим.

При сильному нагріванні білки темніють і починають розкладатися, поширюючи запах паленого пір'я.

Деякі білки розчиняються у воді з утворенням колоїдних розчинів.

При додаванні до розчину білка концентрованих розчинів кислот, лугів, солей Купруму(II), Плюмбуму(II) та інших «важких» металічних елементів, а також органічних розчинників (наприклад, етилового спирту) відбувається осадження білка.

**Практичне значення.** Білки є найважливішим складником нашого харчування і раціону тварин. Їх цінність визначається наявністю в молекулах білків фрагментів молекул певних (незамінних) амінокислот. Нестача білків у їжі негативно впливає на організм, спричиняє деякі хвороби. У тваринництві й птахівництві з метою підвищення харчової

### Цікаво знати

Добова потреба дорослої людини в білках становить у середньому 100—110 г.

**Еміль-Герман Фішер**  
(1852—1919)



*Німецький хімік і біохімік, академік Берлінської академії наук. Досліджував білки та продукти їх розщеплення. Вивчав дію ферментів на різні сполуки. Розробив класифікацію вуглеводів і методи їх синтезу. Зробив значний внесок у розвиток стереохімії. Ім'ям Фішера названо відкриту вченим реакцію в органічній хімії, спосіб зображення структурних формул молекул. Лауреат Нобелівської премії (1902).*

цінності кормів їх збагачують штучними білками, виробленими за допомогою мікробіологічного синтезу.

Речовини й матеріали, основу яких становлять білки, мають широке застосування. Серед них — вовна, шовк, шкіра, хутра, клеї, желатин тощо. У сучасні пральні порошки додають біодобавки — ферменти, які каталізують розпад білкових забруднень білизни та одягу. Білки використовують і в медицині.

## ВИСНОВКИ

Білки — високомолекулярні органічні сполуки, які виконують особливі біологічні функції в живих організмах. Їхні молекули складаються із залишків  $\alpha$ -амінокислот, які сполучені пептидними групами  $-\text{CO}-\text{NH}-$ .

Білки здійснюють і регулюють обмін речовин у клітинах, а також слугують «будівельним» матеріалом для живих організмів. При потрапленні з їжею в організм людини або тварини білки розщеплюються ферментами на амінокислоти, з яких утворюються інші білки, властиві даному організму.

## Матеріали з білковою основою широко використовують у повсякденному житті.



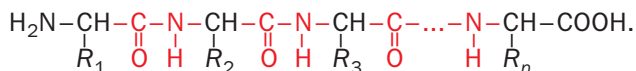
237. Які сполуки називають білками? Які функції вони виконують у живих організмах?
238. Охарактеризуйте якісний склад білків.
239. Як поведуться білки при нагріванні, додаванні розчинів деяких неорганічних сполук?
240. Чому білкову їжу не можна замінити їжею, в якій переважають жири або вуглеводи?
241. Масова частка білків у листі шпинату становить 2,3 %, а середня масова частка Нітрогену в білках — 16 %. Яка маса Нітрогену міститься в 1 кг шпинату?
242. Підготуйте за матеріалами з інтернету або інших джерел інформації повідомлення про сполуки, які називають незамінними амінокислотами.

для допитливих

### Структура білків

Розрізняють чотири типи структури білка.

*Первинна структура білка* — це ланцюг з атомів Карбону й Нітрогену із чітко визначеною послідовністю амінокислотних залишків:



У наведеній формулі літерами *R* із різними індексами позначені вуглеводневі та інші залишки.

*Вторинна структура білка* — певна просторова форма (здебільшого спіраль), якої набуває ланцюг.

*Третинна структура білка* утворюється внаслідок згортання спіралі ланцюга в більш компактну форму (глобулу).

*Четвертинна структура білка* є системою дуже складної форми. У ній об'єднано дві або більше глобул. Утворюється єдиний комплекс, який виконує певну функцію в живому організмі. Четвертинну структуру мають тільки деякі білки, наприклад гемоглобін — його молекула містить чотири глобули.



## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

### Виявлення органічних сполук у харчових продуктах

У вашому розпорядженні — розбавлений сік лимона, молоко, зерна рису (чи іншої крупи) або макаронні вироби, а також харчова сода, концентрований розчин солі Феруму(III) або Купруму(II), етиловий спирт, спиртова настоянка йоду, універсальні індикаторні папірці.

#### ДОСЛІД 1

##### Виявлення органічних кислот

Налийте в одну пробірку 2 мл розбавленого соку лимона, в іншу — такий самий об'єм молока. За допомогою піпетки або скляної палички нанесіть краплю кожної рідини на універсальний індикаторний папірець. Чи змінилося забарвлення індикатора? Про наявність яких йонів у рідині (рідинах) це свідчить?

У кожен пробірку з рідиною насипте невелику кількість (на кінчику шпателя) порошку харчової соди. Що спостерігаєте?

#### ДОСЛІД 2

##### Виявлення білків

Нанесіть на предметне скло за допомогою піпетки 4—5 крапель молока і додайте кілька крапель концентрованого розчину солі Феруму(III), Купруму(II) або етилового спирту. Що спостерігаєте? Чи відбулося осадження білків, які містилися в молоці?

#### ДОСЛІД 3

##### Виявлення крохмалю

Помістіть у пробірку приблизно 1/4 чайної ложки крупи або шматочок макаронного виробу і додайте 4—5 мл води. Запаліть спиртівку чи сухе пальне і обе-

режно нагрівайте вміст пробірки. Тільки-но суміш закипить, припиніть нагрівання.

Після охолодження суміші нанесіть на предметне скло за допомогою піпетки 4—5 крапель добутого колоїдного розчину і додайте краплю спиртової настоянки йоду. Що спостерігаєте?

Виконуючи кожний дослід, заповнюйте таблицю.

Послідовність дій	Спостереження	Висновки
<i>Дослід 1. ...</i>		
...		

для допитливих

### **Виявлення глюкози в меді**

Глюкозу виявляють у меді так. За реакцією розчину солі Купруму(II) з надлишком луку добувають купрум(II) гідроксид. Потім 1 мл суміші, що містить цей гідроксид, додають до водного розчину меду й обережно нагрівають. Поява жовтого осаду, який поступово перетворюється на червоний, свідчить про наявність у меді глюкози.

## **34**

### **Природні та синтетичні органічні сполуки. Захист довкілля від забруднення органічними сполуками**

Матеріал параграфу допоможе вам:

- порівняти природні та синтетичні органічні сполуки;

- довідатись про стійкі органічні сполуки-забруднювачі, які завдають шкоди довкіллю і живим організмам;
- переконатись у важливості охорони довкілля від шкідливих органічних сполук промислового походження.

**Природні та синтетичні органічні сполуки.** У природі трапляється багато органічних сполук. Частина їх (переважно вуглеводні) міститься в горючих копалинах: нафті, природному та супутніх газах — нафтовому і вугільному. Інші органічні сполуки, насамперед оксигеновмісні, є в живих організмах. Це — карбонові кислоти, жири, білки, вуглеводи, вітаміни, рослинні барвники, багато інших речовин.

Синтетичними органічними сполуками називають сполуки, яких немає в природі; їх добувають за допомогою хімічних реакцій на заводах і в лабораторіях. Хімічна промисловість випускає багато розчинників, полімерів, синтетичних волокон, пластмас, засобів боротьби зі шкідниками і хворобами рослин, лаків, фарб. Усі ці речовини та матеріали містять органічні сполуки або складаються лише з них. Їх виробництво у світі невпинно зростає.

**Органічні сполуки і довкілля.** При відмиранні живих організмів органічні речовини, які містилися в них, зазнають окиснення, розкладу, інших перетворень, кінцевими продуктами яких є вуглекислий газ, вода, азот тощо. Багато синтетичних органічних сполук досить стійкі й не розкладаються в природних умовах протягом тривалого часу. Такі речовини вкрай негативно впливають на живі організми; їх потрапляння в навколишнє середовище, як правило, завдає непоправної шкоди.

Земна поверхня і гідросфера забруднюються залишками полімерів і пластмас (мал. 99), нафтопродуктів. Від токсичних органічних речовин промислового походження потерпає флора й фауна озер і річок.

**Мал. 99.**  
Річка  
з відходами  
полімерів



Речовини, що утворюються при згорянні полімерів або пального, забруднюють повітря (мал. 100), а галогенопохідні вуглеводнів руйнують захисний озоновий шар. Навіть незначні кількості деяких органічних сполук, потрапляючи в організм, негативно впливають на здоров'я, спричиняють алергії, отруєння, серйозні захворювання.

**Мал. 100.**  
Забруднення  
повітря при  
спалюванні  
органічних  
сполук  
промислового  
походження



Серед причин надходження синтетичних органічних сполук у навколишнє середовище — недосконалі технологічні процеси на хімічних підприємствах, нестача або неефективність заходів із переробки та знешкодження цих речовин, їх неналежне використання та зберігання.

**Проблема стійких органічних забруднювачів.** Шкідливі органічні сполуки, які не зазна-

ють хімічних перетворень у природних умовах або дуже повільно реагують із речовинами довкілля, називають стійкими органічними забруднювачами (скорочене позначення — СОЗ). До цих сполук зараховують хлоропохідні вуглеводнів (продукти часткового або повного заміщення атомів Гідрогену в молекулах вуглеводнів на атоми Хлору), отрутохімікати для сільського господарства, діоксини, фурани, деякі основні та побічні продукти хімічних виробництв. Список СОЗ періодично розширюється.

*Препарат зі скороченою назвою ДДТ ще кілька десятиліть років тому широко використовували проти комах-шкідників. Нині цю речовину зараховано до СОЗ; її виробництво в багатьох країнах заборонено. Те, що сполука є дуже стійкою, підтверджують дані вчених про виявлення її слідів в Антарктиді внаслідок перенесення речовини вітрами та водою з різних континентів.*

Розвинуті країни координують свої зусилля, спрямовані на подолання негативного впливу СОЗ на довкілля. У 2001 р. на міжнародній конференції в Стокгольмі було ухвалено конвенцію про стійкі органічні забруднювачі. Конвенцію підписали понад 150 країн, у тому числі й Україна. У цьому документі передбачено проведення таких заходів:

- заміна СОЗ іншими речовинами, що не завдають шкоди живим організмам, навколишньому середовищу і здатні досить швидко перетворюватися на безпечні речовини;
- обмеження або припинення виробництва та використання СОЗ;
- вилучення СОЗ із промислових викидів і стоків, відпрацьованих газових сумішей;
- переробка залишків раніше вироблених СОЗ та різних відходів, які містять ці речовини (мал. 101).

**Мал. 101.**  
Відправлення  
застарілих  
отрутохімікатів  
на переробку



Деякі СОЗ можуть бути компонентами засобів «побутової хімії». Кожна людина повинна дотримуватися правил поведінки з такими хімікатами; ці правила вказано на упаковках. Залишки хімікатів не можна викидати будь-де, потрібно добре їх запаковувати і здавати в спеціальні пункти.

## ВИСНОВКИ

Серед органічних речовин розрізняють природні та синтетичні речовини.

Багато синтетичних органічних сполук завдають шкоди довкіллю, негативно впливають на живі організми. Особливу небезпеку становлять стійкі органічні забруднювачі (СОЗ).

У багатьох країнах реалізуються заходи з ліквідації або обмеження виробництва і використання СОЗ.

Дуже важливим для кожної людини є дотримання правил поведінки з побутовими хімікатами.



243. Знайдіть в інтернеті або довідниках відомості про органічні кислоти, які трапляються в рослинному і тваринному світі. Складіть таблицю, в якій наведіть назву кожної кислоти та її місцезнаходження.

244. У переліку CO<sub>3</sub> є речовини, назви яких доповнено термінами «пестицид», «фунгіцид», «інсектицид». Дізнайтеся в інтернеті або інших джерелах інформації про зміст кожного терміна.
245. Останнім часом у деяких країнах заборонено виготовляти й використовувати в торговельній мережі поліетиленові пакети. Чому, на вашу думку, це сталося? Чим найкраще замінити такий пакувальний матеріал?
246. Скориставшись інтернетом, з'ясуйте, яких правил потрібно дотримуватися при застосуванні на присадибній ділянці хімічного засобу для боротьби зі шкідниками овочевих культур.
247. Сполука, що належить до CO<sub>3</sub>, утворена трьома елементами — Карбоном, Гідрогеном і Хлором. Яка її формула, якщо кількість атомів кожного елемента в молекулі сполуки однакова, а молярна маса становить 291 г/моль?

# 4 розділ

## Узагальнення знань з хімії

Вивчаючи хімію, ви переконалися, що ми живемо у світі речовин, кількість яких визначити неможливо.

Матеріал цього розділу допоможе вам систематизувати отримані знання щодо класифікації та будови речовин, їх перетворень. Ви зможете краще зрозуміти роль хімії та суміжних наук у пізнанні та збереженні навколишнього середовища.

---

### 35

### Багатоманітність речовин і хімічних реакцій

---

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- систематизувати свої знання з класифікації речовин;
- закріпити уявлення про будову простих і складних речовин;
- узагальнити матеріал про типи хімічних реакцій.

**Класифікація речовин.** Ви знаєте, що речовини поділяють на прості та складні. Кожна проста речовина утворена одним хімічним елементом, а складна речовина (або хімічна сполука) — щонайменше двома елементами.



За низкою характерних властивостей серед простих речовин розрізняють метали і неметали. Існують також прості речовини, які за одними властивостями нагадують метали, а за іншими — неметали.

► Які властивості, що притаманні металам, виявляє неметал графіт?

Деякі елементи утворюють по кілька простих речовин, зокрема Оксиген — кисень  $O_2$  і озон  $O_3$ , Карбон — графіт, алмаз (обидві речовини позначають символом С), Фосфор — білий фосфор, червоний фосфор (хімічні формули —  $P_4$  і Р відповідно).

Складні речовини поділяють на неорганічні та органічні (сполуки Карбону).

Вам відомі найважливіші класи неорганічних сполук — оксиди, основи, кислоти, амфотерні гідроксиди, солі. На класи поділяють також органічні речовини. Багато сполук належить до класу вуглеводнів; серед них — метан і його гомологи, етилен, ацетилен. Етанол і гліцерин — представники класу спиртів, оцтова кислота — сполука класу карбонових кислот, глюкоза і сахароза — вуглеводи.

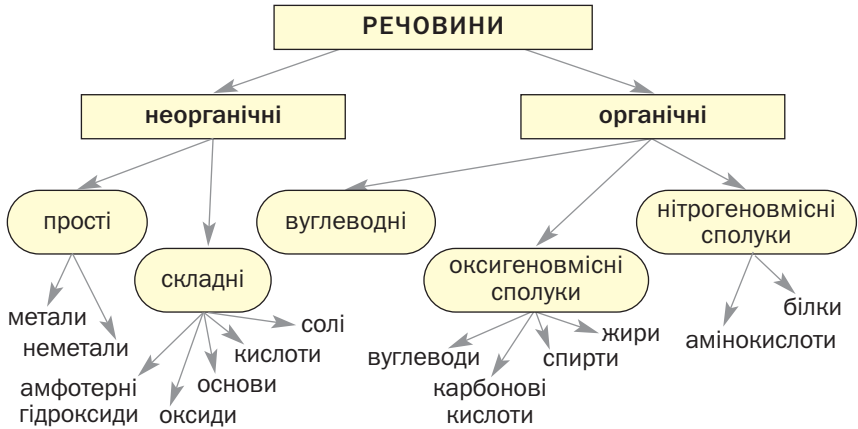
Важливими класами органічних сполук є жири, білки. У старшій школі ви дізнаєтесь про органічні речовини інших класів.

Зважаючи на якісний склад органічних сполук, розрізняють оксигеновмісні, нітрогеновмісні, галогеновмісні та інші сполуки. До оксигеновмісних органічних сполук належать, наприклад, спирти, карбонові кислоти, а до нітрогеновмісних — амінокислоти, білки (схема 4).

► Назвіть класи речовин, які об'єднують лише сполуки, утворені двома елементами.

**Будова речовин.** Вам відомо, що прості речовини складаються з атомів або молекул.

## Класифікація речовин



Атомну будову мають графіт, алмаз, силіцій, інертні гази, метали, а молекулярну — водень, кисень, озон, білий фосфор, сірка тощо.

Будова складних речовин різноманітніша. Основні та амфотерні оксиди, основи та солі є йонними речовинами, кислотні оксиди і кислоти складаються з молекул, а сполуки металічних елементів з Карбоном, Нітрогеном, Фосфором — з атомів або йонів.

Більшість органічних речовин має молекулярну будову, а солі карбонічних кислот, деякі нітрогеновмісні сполуки містять йони.

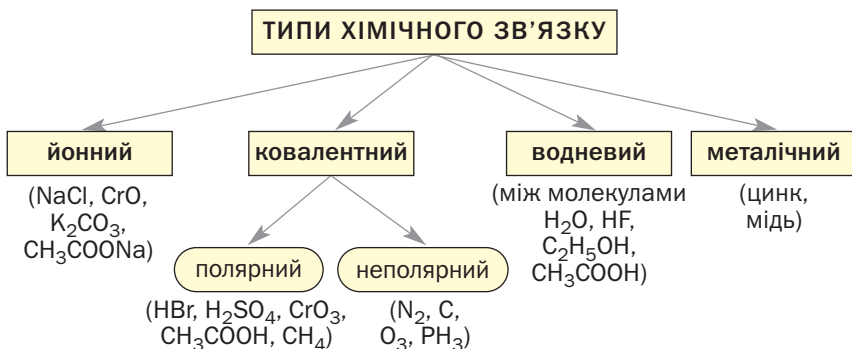
► Якими частинками утворені азот, аргон, гліцерин, калій бромід, карбон(IV) оксид, силіцій(IV) оксид?

Існують речовини (серед них — червоний фосфор, поліетилен, целюлоза, білки), молекули яких побудовані з багатьох тисяч однакових атомів або груп різних атомів, сполучених між собою ковалентним зв'язком. Це — високомолекулярні речовини. Якщо групи атомів у таких молекулах мають однакову будову (як, наприклад, у поліетилені), то сполуку називають полімером.

**Хімічний зв'язок у речовинах.** Будову речовини визначає тип хімічного зв'язку, який реалізується в ній (схема 5).

Схема 5

**Хімічний зв'язок у речовинах**



Йонний зв'язок утворюється між протилежно зарядженими йонами внаслідок їхньої електростатичної взаємодії (взаємного притягання). Він існує в основних і амфотерних оксидах, основах, солях.

Ковалентний зв'язок виникає між атомами під час утворення спільних електронних пар. Зв'язок цього типу наявний у будь-якій молекулі, а також у складних йонах (OH<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> тощо).

Ковалентний зв'язок буває полярним і неполярним. Полярний зв'язок реалізується між атомами елементів із різною електронегативністю, а неполярний — між однаковими атомами або атомами елементів з однаковою електронегативністю.

В основах, а також солях, утворених як мінімум трьома елементами, найменші частинки речовин з'єднані хімічними зв'язками двох типів. Натрій гідроксид, кальцій сульфат містять йонні зв'язки (між йонами Na<sup>+</sup> і OH<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup> і SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) і ковалентні зв'язки (між атомами Оксигену та Гідрогену в гідроксид-іоні, між атомом Сульфуру й атомами Оксигену в сульфат-іоні).

Необхідною умовою для утворення водневих зв'язків є наявність у молекулах речовини атомів Гідрогену, сполучених з атомами Флуору, Оксигену, Нітрогену — елементів із високою електронегативністю. Цим типом зв'язку сполучаються як однакові молекули, так і різні (наприклад, молекули води і спирту, води й оцтової кислоти). Отже, водневі зв'язки існують не лише в речовинах, а й у водних розчинах. У старших класах ви дізнаєтеся, що такі зв'язки виникають у молекулі білка; внаслідок цього вона набуває певної форми.

► Укажіть типи хімічного зв'язку в речовинах із такими назвами: вода, літій оксид, етан, кисень.

У металах реалізується металічний зв'язок. Він зумовлений наявністю в них електронів, здатних вільно рухатися в усьому об'ємі речовини.

**Класифікація хімічних реакцій.** Майже всі речовини можуть зазнавати хімічних перетворень, які залежать від природи речовин, зовнішніх умов, інших чинників.

Вам відомо, що хімічні реакції розрізняють:

- за кількістю та складом реагентів і продуктів (реакції сполучення, заміщення, розкладу, обміну);
- за тепловим ефектом (екзотермічні та ендотермічні реакції);
- за напрямом перебігу (оборотні й необоротні реакції).

Крім того, виокремлюють окисно-відновні реакції (в таких перетвореннях елементи, наявні в реагентах, змінюють ступені окиснення), каталітичні реакції (у них використовують каталізатори), реакції полімеризації тощо.

Реакції сполучення відбуваються між простими речовинами, оксидами різних типів, при утворенні кристалогідратів.

Хімічні перетворення за участю металів і хлоридної, розбавленої сульфатної, оцтової та деяких інших кислот, а також розчинів солей належать до реакцій заміщення. Водночас ці реакції є окисно-відновними, оскільки під час їх перебігу змінюються ступені окиснення елементів.

Реакції розкладу характерні як для неорганічних сполук (гідроксидів, оксигеновмісних кислот, деяких їхніх солей), так і для органічних; ці хімічні перетворення здійснюють при нагріванні.

► Напишіть рівняння реакції розкладу, в якій елементи змінюють ступені окиснення.

Реакції обміну відбуваються в розчинах між солями і лугами, кислотами або іншими солями. Деякі з них отримали спеціальні назви. Реакція нейтралізації — це реакція між основою і кислотою. За допомогою так званих якісних реакцій виявляють певні йони в розчині.

Хімічні перетворення речовин супроводжуються тепловими ефектами. Ендотермічні реакції відбуваються з поглинанням теплоти (серед них — багато реакцій розкладу), а під час екзотермічних реакцій теплота виділяється (це реакції горіння простих і складних речовин, реакції між лугами і кислотами та ін.).

Хімічні реакції відрізняються одна від одної за швидкістю перебігу. Якщо реакції обміну між електролітами в розчині відбуваються миттєво, реакції горіння різних речовин — протягом певного часу, то багато хімічних перетворень у природі — надзвичайно повільно.

## ВИСНОВКИ

Існують різні класифікації речовин. Усі речовини поділяють на прості й складні (хімічні сполуки), а також на неорганічні та органічні.

Серед неорганічних сполук виділяють такі найважливіші класи: оксиди, основи, амфотерні гідроксиди, кислоти, солі, а серед органічних сполук — вуглеводні, спирти, карбонові кислоти, вуглеводи, жири, білки.

У неорганічних та органічних речовинах реалізується йонний, ковалентний, водневий зв'язок, а в металах — металічний зв'язок.

Класифікацію хімічних реакцій здійснюють, зважаючи на кількість реагентів і продуктів, їх склад, напрямок перебігу, тепловий ефект, інші особливості.



248. Які сполуки Карбону не зараховують до органічних сполук?

249. Знайдіть відповідність:

<i>Назва сполуки</i>	<i>Клас сполук</i>
1) літій гідроксид;	а) основи;
2) хром(III) гідроксид;	б) вуглеводні;
3) етан;	в) спирти;
4) етанол;	г) амфотерні гідроксиди;
5) глюкоза;	г) вуглеводи.

250. Неорганічні сполуки якого класу:

- а) подібні за складом, але різняться за хімічними властивостями;
- б) подібні за хімічними властивостями, але різняться за складом?

251. Назвіть класи неорганічних сполук, кожний з яких об'єднує лише сполуки, утворені трьома елементами.

252. Напишіть формули кількох сполук, кожна з яких утворена чотирма хімічними елементами.

253. Яких сполук, на вашу думку, існує більше — оксидів чи солей? Відповідь аргументуйте.

254. Знайдіть відповідність:

<i>Назва речовини</i>	<i>Будова</i>
1) сірка;	а) йонна;
2) неон;	б) молекулярна;
3) пентан;	в) атомна.
4) барій бромід;	
5) сахароза;	
6) кальцій гідроксид;	

255. Зіставте будову і хімічний зв'язок у таких парах сполук:
- а) гідроген сульфід, натрій сульфід;
  - б) калій гідроксид, калій йодид;
  - в) оцтова кислота, кальцій ацетат;
  - г) етен, етин.
256. Які типи хімічного зв'язку реалізуються в таких речовинах:
- а) ферум(III) ортофосфат;
  - в) магній гідроксид;
  - б) карбон(IV) сульфід;
  - г) етиловий спирт?
257. Укажіть типи та особливості перебігу таких реакцій:
- а) взаємодія кальцій карбонату з нітратною кислотою;
  - б) взаємодія свинцю з розчином калій гідроксиду;
  - в) перетворення етилену на поліетилен;
  - г) перетворення целюлози на вуглець і водяну пару.
- Складіть відповідні хімічні рівняння.
258. Перетворіть схеми окисно-відновних реакцій на хімічні рівняння за допомогою методу електронного балансу:
- а)  $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{t} \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - б)  $\text{S} + \text{HNO}_3 \text{ (конц.)} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ;
  - в)  $\text{Al} + \text{HNO}_3 \text{ (розб.)} \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{N}_2\text{O}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ .

# 36

## Взаємозв'язки між речовинами та їх взаємоперетворення

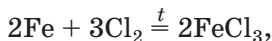
**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- закріпити знання про перетворення простих речовин на хімічні сполуки;
- узагальнити матеріал про взаємоперетворення складних речовин.

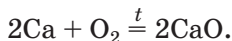
**Хімічні перетворення за участю металів.**

Вам відомо, що метали здатні взаємодіяти з неметалами, кислотами, розчинами солей, а деякі — ще й з лугами, водою.

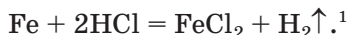
Продуктами більшості реакцій металів з неметалами є солі



а якщо з металом реагує кисень, то утворюється оксид:

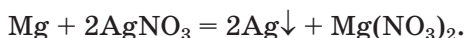


Майже всі метали взаємодіють із кислотами. Такі реакції за участю хлоридної, розбавленої сульфатної, оцтової кислот відбуваються з утворенням солей і виділенням водню:

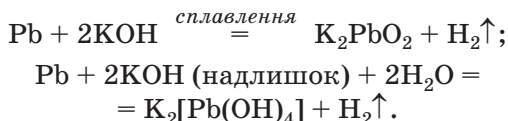


Пасивні метали, які перебувають у ряду активності справа від водню, не реагують із названими кислотами.

Метали взаємодіють із розчинами солей; продукти такого перетворення — інші метал і сіль. Реакція відбувається, якщо метал-реагент активніший за метал, що є очікуваним продуктом:



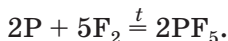
Якщо метал походить від елемента, що утворює амфотерні сполуки (оксид, гідроксид), то він взаємодіє з лугом:



Найактивніші метали (лужні, лужноземельні) реагують з водою:



**Хімічні перетворення за участю неметалів.** Неметали можуть взаємодіяти не лише з металами, а й один з одним:



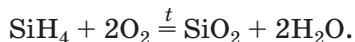
Серед важливих реакцій неметалів зі складними речовинами — реакції за участю

---

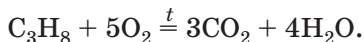
<sup>1</sup> У цій реакції, на відміну від реакції заліза з хлором, утворюється сіль  $\text{FeCl}_2$ , а не  $\text{FeCl}_3$ , оскільки йони  $\text{H}^+$ , наявні в хлоридній кислоті, — слабкий окисник, а хлор  $\text{Cl}_2$  — сильний окисник.



кисню, які часто супроводжуються горінням речовин:



Такі перетворення характерні для багатьох органічних сполук — вуглеводнів, спиртів, жирів:



Хімічні перетворення, в яких беруть участь або утворюються прості речовини, є окисно-відновними реакціями, адже ступінь окиснення елемента в простій речовині дорівнює нулю, а в його сполуці має додатне або від'ємне значення.

► Складіть рівняння реакцій сірки з киснем та алюмінієм. Окисником чи відновником є сірка в кожному випадку?

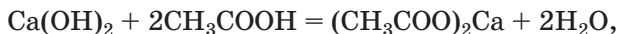
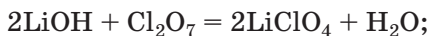
**Реакції між оксидами і водою.** Оксиди лужних і лужноземельних елементів, а також майже всі кислотні оксиди взаємодіють з водою. При цьому основні оксиди перетворюються на основи



а кислотні оксиди — на кислоти:



**Реакції між двома сполуками, які різняться за властивостями.** Рушійною силою багатьох хімічних перетворень є відмінності речовин за хімічними властивостями. Наприклад, основні оксиди та основи взаємодіють з кислотними оксидами та кислотами



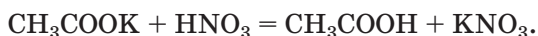
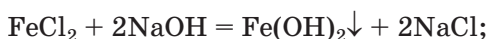
але не реагують з речовинами, що мають основні властивості.

Якщо оксид або гідроксид є амфотерним, то ця сполука під час реакції з основним окси-

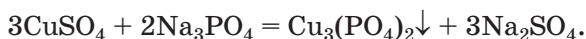
дом (основою) або кислотним оксидом (кислотою) виявляє протилежні властивості, тобто кислотні або оснóвні.

► Напишіть рівняння реакцій станум(II) гідроксиду з кислотою і розчином луґу.

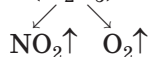
**Реакції за участю солей.** Солі взаємодіють з лугами і кислотами. Такі перетворення відбуваються в розчині в разі, якщо продукт реакції не розчиняється у воді або є слабким електролітом, нестійкою чи газуватою сполукою:



Хоча солі мають багато спільних властивостей, вони можуть реагувати одна з одною у водному розчині. При цьому утворюються дві нові солі. Реакція можлива, якщо один із продуктів є нерозчинним у воді:



**Термічний розклад сполук.** Основи (крім лугів), амфотерні гідроксиди, оксигеновмісні кислоти та деякі їхні солі розкладаються при нагріванні. Унаслідок таких реакцій, як правило, утворюються оксиди:



**Послідовні перетворення речовин.** Ви знаєте, що зв'язки між речовинами, які походять від одного елемента, називають генетичними зв'язками. Їх використовують у хімічній технології, зокрема при переробці металічних руд, виробництві кислот. При добуванні сульфатної кислоти із природної сірки просту речовину спочатку спалюють, після чого здійснюють реакцію сульфур(IV) оксиду з киснем, а потім — реакцію сульфур(VI) оксиду з

водою. Відповідна схема послідовних перетворень речовин:

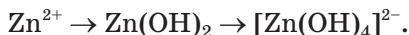


Для того щоб добути основу або кислоту з оксиду, який не взаємодіє з водою, здійснюють такі перетворення:



► Складіть відповідні схеми для сполук Нікелю(II) та Силіцію.

Схеми послідовних перетворень речовин у водних розчинах часто подають у йонно-молекулярній формі:



Ця схема ілюструє перетворення розчинної солі Цинку, яка містить катіони  $\text{Zn}^{2+}$ , при поступовому додаванні водного розчину лугу.

► Запишіть відповідну схему з формулами сполук Цинку, якщо в реакціях бере участь літій гідроксид.

Схеми перетворень наводять і для органічних речовин. У схему



закладено реакцію термічного розкладу метану, продуктами якої є ацетилен і водень, та реакцію горіння ацетилену.

## ВИСНОВКИ

Неорганічні та органічні речовини беруть участь у різних хімічних перетвореннях. Характерними для металів є реакції з неметалами, кислотами, розчинами солей, а для оксидів, основ, кислот — реакції зі сполуками, протилежними за хімічними властивостями. Амфотерні оксиди і гідроксиди взаємодіють з речови-

нами, які виявляють основні та кислотні властивості. Солі реагують із розчинами лугів, кислотами, а також одна з одною (у розчині).

Реакції за участю або з утворенням простих речовин належать до окисно-відновних реакцій.

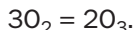


259. Запишіть по два рівняння реакцій, які відбуваються з утворенням солей, між такими речовинами:
- металом і неметалом;
  - двома оксидами.
260. Оксиди яких типів реагують з водою? Чи можна в такий спосіб добути будь-яку основу, амфотерний гідроксид, кислоту?
261. Відповідно до наведених схем перетворень складіть рівняння реакцій і вкажіть умови їх здійснення:
- $\text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3$ ;
  - $\text{Mg} \rightarrow \text{MgO} \rightarrow \text{MgSO}_4 \rightarrow \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ ;
  - $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{BaCO}_3$ ;
  - $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$ ;
  - $\text{Pb}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{PbO} \rightarrow \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbS}$ ;
  - $\text{CrCl}_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ .
262. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення речовин, утворених Купрумом:
- сіль 1  $\rightarrow$  гідроксид  $\rightarrow$  оксид  $\rightarrow$  сіль 2  $\rightarrow$  сіль 3  $\rightarrow$  метал.
263. Складіть йонно-молекулярні рівняння реакцій, які відбуваються згідно з наведеними схемами перетворень:
- $\text{Be}(\text{OH})_2 \rightarrow [\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-} \rightarrow \text{Be}^{2+}$ ;
  - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{FePO}_4$ .
264. Запропонуйте якомога більше способів добування магній ацетату і напишіть відповідні хімічні рівняння.
265. Чи взаємодіє плюмбум(II) ацетат:
- з алюміній сульфатом;
  - із барій нітратом;
  - із натрій гідроксидом;
  - із хлоридною кислотою?
- Відповіді обґрунтуйте, наведіть хімічні рівняння в молекулярній та йонно-молекулярній формах.
266. Залізо повільно взаємодіє з розчином ферум(III) сульфату, а цинк не реагує з розчином цинк сульфату. Як це пояснити? Запишіть рівняння відповідної реакції.
267. Розчин сульфур(IV) оксиду вступає в реакцію з розчином сірководню. Одним із продуктів реакції є сірка. Складіть хімічне рівняння, укажіть тип реакції та охарактеризуйте ролі реагентів у ній.

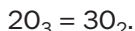
для допитливих

### **Взаємоперетворення простих речовин хімічного елемента**

У 7 класі ви дізналися про існування двох простих речовин Оксигену — кисню  $O_2$  й озону  $O_3$ . Дуже малі кількості озону утворюються з кисню в атмосфері за дії електричних розрядів (коли виникають блискавки) або ультрафіолетових променів:



Озон — нестійка речовина, яка повільно перетворюється на кисень:



Обидві хімічні реакції не належать до жодного з відомих вам типів реакцій.

Не лише Оксиген, а й деякі інші неметалічні елементи утворюють по кілька простих речовин. Ці речовини також можуть зазнавати взаємоперетворень. Наприклад, білий фосфор, який складається з молекул  $P_4$ , за температури  $300\text{ }^\circ\text{C}$  перетворюється на червоний фосфор, у якому містяться довгі молекули-ланцюжки. Графіт і алмаз — прості речовини Карбону. Вони мають атомну будову, але різняться за розміщенням атомів у просторі. За дуже високих температур і тиску із графіту в спеціальних реакторах добувають дрібні кристалики алмазу. Алмаз можна перетворити на графіт; для цього його необхідно нагріти до температури, яка значно перевищує  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ . Перетворення простих речовин Фосфору і Карбону здійснюють за відсутності повітря, оскільки вони взаємодіють із киснем.

## **37**

### **Місце хімії серед природничих наук. Значення хімії для розвитку людства**

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

- переконатися в існуванні зв'язків хімії з іншими природничими науками;
- оцінити внесок досягнень хімії в наше життя;

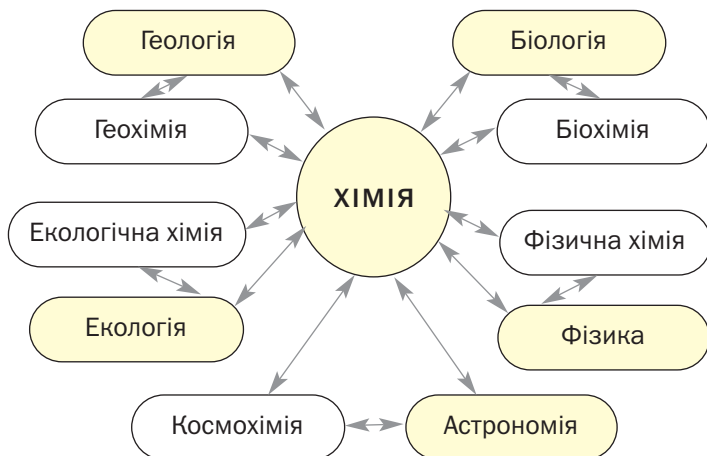
- дізнатися про провідні напрями хімічної промисловості в Україні;
- зрозуміти роль хімічних знань у сприйнятті навколишнього світу.

**Хімія та інші природничі науки.** Ви знаєте, що хімія — наука про речовини, їхню будову, властивості й перетворення. Хіміки вивчають природні речовини, а також добувають речовини, яких у природі немає, досліджують їх і визначають перспективи використання в тій чи іншій галузі.

Хімія — природнича наука. Про її зв'язки з біологією, фізикою, геологією, іншими природничими науками (схема 6) ви дізналися в 7 класі. Вам відомо, що біологи досліджують живі організми, а в них щомиті відбуваються хімічні реакції за участю органічних і неорганічних речовин. Геологи ведуть пошук корисних копалин, нових мінералів; їм необхідно знати, за яких умов у земній корі можуть утворюватися різні речовини.

Схема 6

#### Зв'язки хімії з іншими природничими науками



Хімія тісно пов'язана з екологією — наукою про взаємозв'язки живих організмів між собою та з довкіллям, їх вплив одне на одного.

Хіміки визначають ступінь речовинного забруднення навколишнього середовища в різних регіонах, складають разом з екологами відповідні прогнози на майбутнє. Вони розробляють методи знешкодження небезпечних речовин промислового походження й видалення їх із промислових стоків і газових викидів.

Медики спрямовують свої зусилля на подолання поширених хвороб, епідемій, а це неможливо зробити без нових фармацевтичних препаратів, добутих і досліджених хіміками.

За останні півтора століття на стику хімії та інших природничих наук виникли нові науки — фізична хімія, біохімія, геохімія, космохімія, фармацевтична хімія, екологічна хімія, які розвиваються швидкими темпами.

**Хімія і прогрес людства.** Наше життя важко уявити без використання досягнень хімічної науки. Ми є свідками того, що численні полімери і пластмаси дедалі більше замінюють традиційні природні речовини і матеріали. Розвиток сучасної техніки, енергетики, зв'язку, транспорту, аерокосмічної галузі зобов'язаний застосуванню нових сполук, сплавів, створенню ефективних матеріалів з особливими механічними, фізичними та іншими властивостями.

Хімічні заводи випускають мільйони тонн мінеральних добрив (мал. 102), різноманітні засоби захисту сільськогосподарських рослин від шкідників і хвороб. Це сприяє розвитку землеробства і тваринництва, допомагає розв'язувати проблему дефіциту харчових продуктів у деяких регіонах планети.



**Мал. 102.**  
Зразки  
мінеральних  
добрив

Оскільки рослини є невичерпною органічною сировиною, необхідно розробляти і впроваджувати технології з переробки рослинних залишків на біогаз, біопаливо, біопальне (мал. 103). Це буде вагомим внеском у розв'язання енергетичної проблеми у світі.

**Мал. 103.**  
Цистерни  
з рідким  
біопальним



Харчова промисловість також використовує досягнення хімії. Харчові добавки поліпшують смак продуктів, емульгатори підтримують їх необхідну консистенцію, консерванти дають змогу значно збільшити термін придатності. Безперечно, всі ці речовини мають бути безпечними для людини.

Швидкими темпами розвивається виробництво хімічних товарів для побуту. У торговельній мережі покупцям пропонують ефективні мийні засоби, клеї, герметики, лаки, фарби тощо. Використання сучасних засобів побутової хімії значною мірою допомагає в домашньому господарстві, дає змогу людині приділити більше часу своїй професійній та іншій діяльності.

Важко визначити кількість наявних косметичних засобів. Багато речовин, добутих у хімічних лабораторіях, є складниками кремів, гелів, лосьйонів; вони позитивно впливають на шкіру, волосся, лікують і відновлюють їх.

Роль хіміків дуже важлива у сфері розроблення ефективних маловідходних технологій (мал. 104), схем повторного використання води в промисловості, утилізації промислових і побутових відходів.



**Мал. 104.**  
Сучасний  
хімічний  
завод



За обсягом виробництва хімічна промисловість посідає провідне місце в економіці нашої країни. Вона охоплює виробництво мінеральних добрив, соди, лугів, кислот, інших неорганічних і органічних речовин, полімерів та матеріалів на їх основі (гуми, пластмас), синтетичних смол, хімічних волокон, скла, цементу, переробку нафти.

Багато видів вітчизняної хімічної продукції йде на експорт.

**Хімія і сприйняття навколишнього світу.** Хімічні знання допомагають краще зрозуміти наукову картину світу. У космічному просторі за умов високого вакууму та екстремальних температур існують лише окремі атоми, йони, молекули, а на планетах, їхніх супутниках, кометах — деякі прості й складні речовини. Умови Землі (помірні температура й атмосферний тиск), енергія Сонця сприяють утворенню різноманітних неорганічних і органічних сполук, існуванню живих організмів на планеті.

Багато змін у природі Землі пов'язані з колообігом елементів і речовин, накопиченням їх в одних регіонах і перенесенням в інші. Знаючи про ці процеси, можна пояснити, наприклад, утворення різних корисних копалин, вапнякових печер, пустель, наявність у природній воді певних розчинених солей.

Хімічні знання є складником загальної культури людини, полегшують її повсякденну діяльність і побут, допомагають зрозуміти, як побудований навколишній світ, яка роль у ньому речовин і хімічних реакцій.

**Цікаво знати**  
5 червня —  
Всесвітній  
день охорони  
довкілля.

Використовуючи ці знання, ми зможемо запобігти забрудненню природи і зберегти її для наступних поколінь.

## ВИСНОВКИ

Хімія тісно пов'язана з іншими природничими науками. Це зумовило виникнення таких наук, як біохімія, геохімія, фізична хімія, екологічна хімія. Хімічні знання використовують спеціалісти в різних сферах.

Прогресивний розвиток людства значною мірою зобов'язаний досягненням хімічної науки, застосуванню речовин і матеріалів, добутих хіміками.

Хімічна промисловість України охоплює виробництво мінеральних добрив, вапна, соди, полімерів, пластмас, скла, цементу, багатьох неорганічних і органічних речовин, переробку нафти.

Хімічні знання сприяють розумінню наукової картини світу, допомагають пояснити колообіг хімічних елементів у природі, різноманітні перетворення речовин на Землі й у живих організмах, існування найменших частинок речовини в космосі.



268. Доведіть, що хімія є однією з природничих наук.
269. Чому штучним матеріалам часто надають перевагу порівняно з матеріалами природного походження?
270. Які хімічні волокна використовують при виробництві тканин?
271. За матеріалами з інтернету з'ясуйте, які речовини використовують у медицині для заміни пошкоджених або зламаних кісток.
272. Назвіть переваги і недоліки побутового посуду із пластмаси.
273. Які знання з хімії вам знадобилися в житті?
274. Запропонуйте спосіб очищення відпрацьованого промислового газу (основні компоненти — азот, кисень, водяна пара) від домішки сірководню.

275. Спробуйте пояснити такий факт: атмосфера Марсу майже повністю складається з вуглекислого газу, а кисень у ній є домішкою, тоді як у земному повітрі кисню майже в 500 разів більше, ніж вуглекислого газу.
276. Який об'єм газу амоніаку  $\text{NH}_3$ , узятого за нормальних умов, потрібно розчинити в 100 л води для приготування розчину з масовою часткою амоніаку 25 % (цей розчин застосовують як рідке добриво)?

# 38

## Хімічна наука у світі та в Україні. Видатні хіміки

Матеріал параграфу допоможе вам:

- переконатися у важливості розвитку хімічної науки;
- отримати відомості про вчених-хіміків — лауреатів Нобелівської премії;
- дізнатися про розвиток хімії в Україні й підготовку майбутніх хіміків.

**Хімія у світі.** Багато з того, що з'являється в нашому житті, побуті, зобов'язане досягненням хімічної науки. Комп'ютери, сучасні засоби зв'язку, космічні станції, ліки від раніше невиліковних хвороб, нові матеріали, які за властивостями значно переважають традиційні, — це далеко не повний перелік того, що стало реальним завдяки відкриттям, дослідженням і розробкам учених-хіміків. Хімічна наука має чудові перспективи для подальшого розвитку.

Хімія — одна з фундаментальних наук. Підтвердженням цього є щорічне присудження Нобелівської премії (мал. 105) ученим-хімікам за визначні досягнення — створення теорій, синтез та дослідження нових речовин, хімічних реакцій.

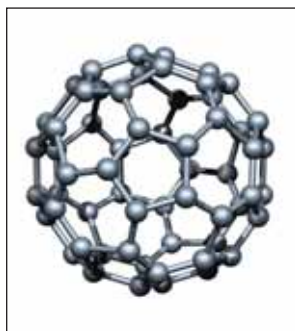
**Мал. 105.**  
Медаль  
лауреата  
Нобелівської  
премії



**Цікаво знати**  
Марія  
Склодовська-  
Кюрі  
(Франція)  
отримала  
Нобелівську  
премію  
двічі —  
з фізики  
у 1903 р. за  
дослідження  
радіоактивного  
розпаду  
та з хімії  
у 1911 р.  
за відкриття  
Радію  
і Полонію.

Починаючи з 1901 року, Нобелівською премією нагороджували вчених зі світовими іменами. С.-А. Арреніус (Швеція) у 1903 р. отримав цю премію за створення теорії електролітичної дисоціації, А. Муассан (Франція) у 1906 р. — за добування фтору, Д. Хевеші (Швеція) у 1943 р. — за використання ізотопів для вивчення хімічних реакцій, Дж. Полані (Канада), Лі Юаньчже і Д. Хершбах (США) у 1986 р. — за внесок у дослідження перебігу хімічних реакцій, Р. Керл, Р. Смоллі (США) і Г. Крото (Велика Британія) у 1996 р. — за відкриття фулеренів — незвичайних простих речовин Карбону (мал. 106). Чимало відкриттів нобелівських лауреатів відбулося на стику хімії з іншими науками, передусім з біологією, медициною.

**Мал. 106.**  
Модель  
молекули  
одного  
з фулеренів



**Хімічна наука й освіта в Україні.** Хімічна наука посідає почесне місце в нашій країні.

Національна академія наук має відділення хімії, об'єднує низку науково-дослідних інститутів хімічного профілю, в яких працюють тисячі науковців (мал. 107). Серед цих установ — Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського, Інститут органічної хімії, Інститут хімії високомолекулярних сполук, Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського, Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського, Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича, Фізико-хімічний інститут ім. О. В. Богатського.



**Мал. 107.**  
У хімічній  
лабораторії

Імена хіміків, на честь яких названо інститути, а також академіків О. І. Бродського, В. Н. Єременка, А. І. Кіпріанова, О. В. Кірсанова, Л. А. Кульського, Ф. Д. Овчаренка, А. Т. Пилипенка, К. Б. Яцимирського та багатьох інших відомі не лише в Україні, а й за її межами. Ці вчені створили наукові школи, які постійно поповнюються молодими хіміками — випускниками університетів.

Щороку чимало випускників шкіл і ліцеїв бажає продовжити освіту на хімічних факультетах Київського, Харківського, Львівського, Одеського, Донецького, Чернівецького та інших університетів України (мал. 108). Ці факультети мають кафедри неорганічної, органічної, фізичної, аналітичної хімії, хімії високомолекулярних сполук та ін. Серед нових спеціалізацій в університетах — хімія

**Мал. 108.**  
Першокурсники  
обговорюють  
результат  
проведеного  
дослідку



природних сполук, екологічна хімія, хімічний контроль навколишнього середовища. Студенти старших курсів виконують цікаві й актуальні наукові дослідження і невдовзі стають кваліфікованими хіміками. Маємо всі підстави стверджувати, що в молодій людини, яка цікавиться хімією і має хорошу загальноосвітню підготовку, є всі можливості для досягнення успіху на терені хімічної науки. Молодь із вищою хімічною освітою реалізує свій потенціал також у виробничій сфері, працюючи в лабораторіях металургійних комбінатів, хімічних і фармацевтичних заводів, підприємств харчової промисловості, медичних закладів, екологічних установ. Немає сумніву в тому, що нове покоління хіміків зробить вагомий внесок у розвиток людства.

## ВИСНОВКИ

Позитивні зміни в житті людства, а також кожної людини значною мірою зобов'язані досягненням хімії. Ця наука посідає почесне місце серед фундаментальних наук. Видатним ученим-хімікам щороку присуджують Нобелівські премії.

Хімічна наука в Україні розвивається в інститутах Національної академії наук, на хімічних факультетах університетів. Чимало українських хіміків заснували дослідницькі

**заклади, створили наукові школи, внесок яких у світову науку є досить вагомим.**

**Здобувши вищу хімічну освіту, молоді люди отримають широкі можливості для застосування набутих знань у своїй практичній діяльності.**



277. Чому розвиток науки хімії є важливим для людства?
278. За всю історію присудження Нобелівської премії з хімії один учений ставав лауреатом двічі. Скориставшись інтернетом, з'ясуйте прізвище вченого і те, за які досягнення йому було присуджено премії.
279. Як представлена хімія в системі Національної академії наук України?
280. Висловіть свою думку щодо того, опанування яких наук студентами хімічного факультету, крім хімії, найважливіше для їх майбутньої професії.
281. Який матеріал з хімії виявився для вас найцікавішим за час вивчення цього предмета в школі?

# Післямова

Закінчився ще один навчальний рік. Ми впевнені, що на уроках хімії вам було цікаво і ви із захопленням виконували хімічні досліди не лише в школі, а й удома.

Тепер ви знаєте, як і чому утворюються у водних розчинах йони, краще розумієте процеси, які відбуваються при розчиненні кислот, лугів і солей у воді.

На уроках хімії ви пригадали відомі вам типи реакцій, а також довідалися про окисно-відновні реакції — перетворення речовин, під час яких одні частинки втрачають електрони, а інші частинки їх приєднують. Для вас уже не є секретом, чому хімічні реакції відбуваються з виділенням або поглинанням теплоти і з неоднаковою швидкістю, яка залежить від різних чинників.

Ви закріпили свої знання про хімічні властивості неорганічних речовин — металів, неметалів, оксидів, основ, амфотерних гідроксидів, кислот, солей, а також ознайомилися з найважливішими органічними речовинами — вуглеводнями, деякими спиртами, карбоновими кислотами, вуглеводами, жирами і білками.

Бажаємо вам розвивати свій інтерес до хімії та інших природничих наук, а тим, хто зацікавився хімією, — стати в недалекому майбутньому студентами хімічних факультетів університетів.

Успіхів вам!



# Відповіді до задач і вправ

## 1 розділ. Вода. Розчини

3. Молекули води, йони  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ .
12.  $N(\text{H}) \approx 6,7 \cdot 10^{19}$ .
13.  $w(\text{D}) = 20 \%$ .
14.  $m(\text{молекули } \text{H}_2\text{O}) \approx 3 \cdot 10^{-23} \text{ г.}$
15. Молекули  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{H}_2\text{Te}$ .
19. Так.
25.  $m(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 3,42 \text{ г.}$
26.  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 14,3 \text{ г.}$
27.  $w(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 12,5 \%$ .
28. Врахувавши масу води, яка перейде з кристалогідрату в розчин, потрібно 5 г сполуки розчинити у 35 г води.
29.  $m(\text{H}_2\text{O}) = 77,4 \text{ г.}$
30.  $m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 347 \text{ г.}$
31.  $m(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) = 14,05 \text{ г.}$
36.  $S(\text{K}_2\text{CO}_3) = 130 \text{ г / 100 г води.}$
37. Концентрований, ненасичений.
38.  $V(\text{N}_2) = 22,4 \text{ мл.}$
46. в)  $N(\text{йонів}) = 6,02 \cdot 10^{23}$ .
52. а)  $N(\text{Li}^+) = N(\text{OH}^-) = 6,02 \cdot 10^{22}$ ;  
б)  $N(\text{K}^+) = 2,0 \cdot 10^{22}$ ;  
 $N(\text{SO}_4^{2-}) = 1,0 \cdot 10^{22}$ .
53.  $w(\text{OH}^-) = 4,25 \%$ .
54.  $w(\text{H}^+) = 0,025 \%$ ;  
 $w(\text{Cl}^-) = 0,89 \%$ .
55.  $w(\text{Na}^+) = 0,09$ ;  
 $w(\text{SO}_4^{2-}) = 0,094$ ;  
 $w(\text{OH}^-) = 0,033$ .
56. а.
58. а; сильними електролітами є також практично нерозчинні йонні сполуки —  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$  та ін.
59. в.
61. а)  $\text{HA}$  — слабкий електроліт;  
б)  $\text{HA}$  — сильний електроліт.

62. Найбільше — йонів Гідрогену.
63. а.
65.  $N(\text{H}^+) = N(\text{OH}^-) = 6,02 \cdot 10^{12}$ .
66.  $w(\text{H}^+) = 1,0 \cdot 10^{-10}$ , або  $1,0 \cdot 10^{-8} \%$ ;  
 $w(\text{OH}^-) = 1,7 \cdot 10^{-9}$ , або  $1,7 \cdot 10^{-7} \%$ .
68. 1Бв, 2Аа.
69. Концентрація катіонів Гідрогену більша в 100 разів у розчині з рН = 6.
71. Врахуйте наявність у повітрі вуглекислого газу.
72. а.
74. в)  $2\text{OH}^- + \text{CO}_2 = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ .
75. г)  $\text{H}_2\text{S} + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$  (можливі інші відповіді);  
 г)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (можливі інші відповіді).
76. а)  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow$ ;  
 б)  $\text{F}^- + \text{H}^+ = \text{HF}$ .
77. в)  $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{FeSO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow$  (можливі інші відповіді).
78. а)  $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{OH}^- = \text{PO}_4^{3-} + 3\text{H}_2\text{O}$ .
81. а)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{HNO}_3 + \text{BaSO}_4\downarrow$ ;  
 б)  $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{FeSO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{FeCO}_3\downarrow$  (можливі інші відповіді);  
 в)  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 4\text{HCl} = \text{NaCl} + \text{AlCl}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$ .
82. Можливі реакції б і з.
83. б, в, д.
84. б, в, з.
85. б)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{HCl}$ ;  $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$  (можливі інші відповіді).
90. Зважте на здатність солей реагувати з нітратною кислотою.
94. а) можна виконати завдання 1 і 2;  
 б) можна виконати завдання 1 і 2.
95. Так (для обох варіантів).

## 2 розділ. Хімічні реакції

102.  $m(\text{солі}) = 417,6 \text{ г}$ .
103. а)  $M_{\text{сер.}}(\text{SO}_2, \text{O}_2) = 53,3 \text{ г/моль}$ ;  
 б)  $D_{\text{пов.}}(\text{SO}_2, \text{O}_2) = 1,84$ .
104.  $w(\text{CaCO}_3) = 84,3 \%$ ;  
 $w(\text{CaO}) = 15,7 \%$ .
112. а) йон  $\text{Ca}^{2+}$ , атом F;  
 в) атом С, йон  $\text{Fe}^{2+}$ .

115. а) атом Сульфуру приєднує два електрони.  
 116.  $V(\text{H}_2) = 16 \text{ л.}$   
 118. в)  $3\text{H}_2\text{S} + 2\text{HNO}_3 = 3\text{S}\downarrow + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}.$   
 119. а)  $2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S} = \text{S}\downarrow + 2\text{FeCl}_2 + 2\text{HCl}.$   
 121. Серед продуктів реакцій — кислоти  $\text{H}_2\text{SO}_4$  і  $\text{H}_3\text{PO}_4.$   
 122. а)  $N(e^-) = 2N_A;$   
 б)  $N(e^-) = 1/20 N_A;$   
 в)  $N(e^-) = 1,07 \cdot 10^{23};$   
 г)  $N(e^-) = 7,5 \cdot 10^{22}.$   
 123.  $m(\text{Zn}) = 1,625 \text{ г.}$   
 137.  $2\text{CO} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}, t} 2\text{CO}_2;$   
 1)  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t} \text{CO}_2 + \text{H}_2;$   
 2)  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{t} 2\text{H}_2\text{O}.$

### 3 розділ. Найважливіші органічні сполуки

142.  $\text{H}-\underset{\text{H}}{\underset{|}{\text{C}}}-\underset{\text{H}}{\underset{|}{\text{C}}}-\text{Br}, \text{H}-\underset{\text{H}}{\underset{|}{\text{C}}}-\underset{\text{H}}{\underset{|}{\text{N}}}\begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \end{matrix}$   
 144. а)  $w(\text{O}) = 0,7;$   
 б)  $w(\text{O}) = 0,5.$   
 145.  $\text{CCl}_2\text{F}_2.$   
 151.  $m(\text{CH}_4) = 0,65 \text{ г.}$   
 155. б)  $\text{H} : \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{C}}} : \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{C}}} : \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{C}}} : \text{H}$   
 $\quad \quad \quad \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{H}}} \quad \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{H}}} \quad \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{H}}}$   
 161.  $\text{C}_9\text{H}_{20}.$   
 162.  $\text{C}_3\text{H}_8.$   
 167.  $\rho(\text{C}_2\text{H}_4) = 1,25 \text{ г/л};$   
 $D_{\text{пов.}}(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,966.$   
 168.  $w(\text{C}) = 92,3 \text{ \%}.$   
 169.  $\varphi(\text{CH}_4) = 0,2.$   
 173. Так.  
 174.  $V(\text{пов.}) = 39,2 \text{ м}^3.$   
 175.  $V(\text{CO}_2) = 784 \text{ мл.}$   
 178.  $n = 450.$   
 179.  $V(\text{C}_2\text{H}_4) = 2,8 \text{ л.}$   
 180.  $V(\text{пов.}) = 1680 \text{ л.}$   
 187.  $V(\text{пов.}) = 10,25 \text{ м}^3.$

188.  $w(\text{C}) = 96,4 \%$ .
190.  $V(\text{O}_2) = 6 \text{ л.}$
191.  $V(\text{CO}_2) = 2 \text{ л.}$   
 $V(\text{O}_2) = 1,5 \text{ л.}$
192.  $V(\text{O}_2) = V(\text{H}_2) = 20 \text{ мл.}$
193.  $V(\text{C}_5\text{H}_{12}) : V(\text{пов.}) = 1 : 40.$
194.  $V(\text{O}_2) = 100 \text{ мл.}$  Порівняйте співвідношення об'ємів реагуючих газів у кожній реакції.
195.  $\text{C}_2\text{H}_2.$
196.  $\text{C}_4\text{H}_{10}.$
197.  $\text{C}_2\text{H}_6.$
200. Зважте на тип хімічного зв'язку в молекулі спирту.
201.  $w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 72 \%$ .
204.  $w(\text{гліцерину}) = 39 \%$ .
206.  $\text{НСООН}$ , або  $\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$  (мурашина кислота). Ні.
211. а)  $w(\text{CH}_3\text{COOH}) = 77 \%$ ;  
 б)  $w(\text{CH}_3\text{COOH}) = 27,3 \%$ ;  
 в)  $w(\text{CH}_3\text{COOH}) = 13,3 \%$ .
212. Магній ацетат.
213.  $m(\text{р-ну КОН}) = 17,5 \text{ г.}$
214.  $m(\text{оцт. ес.}) = 18 \text{ г.}$   
 $m(\text{води}) = 142 \text{ г.}$
225.  $2\text{C}_3\text{H}_5(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_3 + 163\text{O}_2 \rightarrow 114\text{CO}_2 + 110\text{H}_2\text{O}.$
229. а)  $w(\text{C}) = 40 \%$ ;  
 б)  $w(\text{C}) = 42 \%$ .
230. а)  $n(\text{сахарози}) = 1,46 \text{ моль.}$
231.  $m(\text{води}) = 150 \text{ г.}$
232.  $w(\text{сахарози}) = 14 \%$ .
235. а)  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + 6n\text{O}_2 \rightarrow 6n\text{CO}_2 + 5n\text{H}_2\text{O}.$
236.  $m(\text{крохмалю}) = 6,75 \text{ т.}$
241.  $m(\text{N}) = 3,68 \text{ г.}$
247.  $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6.$

## 4 розділ. Узагальнення знань з хімії

248. Карбон(II) оксид, карбон(IV) оксид, карбонатну кислоту та її солі, деякі інші сполуки Карбону.
251. Таких класів — два.

252. Серед таких сполук — калій тетрагідроксоалюмінат  $K[Al(OH)_4]$ ; купрум(II) сульфат пентагідрат  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ;

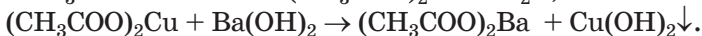
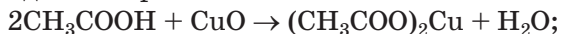
амінооцтова кислота  $NH_2CH_2COOH$ , або  $\begin{array}{c} H \\ | \\ H > N - C - C = O \\ | \quad \quad \quad | \\ H \quad \quad \quad OH \end{array}$

254. 2в.

256. г) ковалентний і водневий зв'язки.

258. в)  $8Al + 30HNO_3$  (розб.) =  $8Al(NO_3)_3 + 3N_2O \uparrow + 15H_2O$ .

261. г) один із варіантів:



265. а) так;

б) ні;

в) так;

г) так.

276.  $V(NH_3) = 43,9 \text{ м}^3$ .

278. Ф. Сенгер.

# Словник термінів

*Аміногрупа* — група атомів  $\text{-NH}_2$ .

*Амінокислоти* — похідні карбонових кислот, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену вуглеводневих залишків заміщені на аміногрупи.

*Білки* — високомолекулярні органічні сполуки, які виконують особливі біологічні функції в живих організмах.

*Вищі карбонові кислоти* — карбонові кислоти, молекули яких містять 10 або більше атомів Карбону.

*Відновлення* — процес приєднання електронів частинками (речовиною).

*Відновник* — частинка (речовина), яка втрачає електрони.

*Внутрішня енергія речовини* — сума енергій усіх частинок речовини й енергій хімічних зв'язків між ними.

*Водневий зв'язок* — електростатична взаємодія між молекулами за участю атомів Гідрогену.

*Водневий показник (рН)* — величина, яка характеризує концентрацію йонів Гідрогену в розчинах. Водневий показник дорівнює значенню числа  $m$  у виразі  $c(\text{H}^+) = 10^{-m}$  моль/л для молярної концентрації йонів  $\text{H}^+$ .

*Вуглеводи* — органічні сполуки, склад яких відповідає загальній формулі  $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$ .

*Вуглеводневий залишок* — частина молекули органічної сполуки, яка складається з атомів Карбону і Гідрогену.

*Вуглеводні* — сполуки Карбону з Гідрогеном.

*Гігроскопічність* — здатність речовини поглинати вологу.

*Гідратований йон* — йон, сполучений з молекулами води.

*Гідроксильна група* — група атомів  $\text{-OH}$ .

*Гідроліз* — реакція обміну між сіллю і водою.

*Гомологи* — сполуки, які належать до певного гомологічного ряду.

*Гомологічний ряд* — ряд органічних сполук, молекули яких подібні за будовою і різняться за складом на одну чи кілька груп атомів  $\text{CH}_2$ .

*Диполь* — частинка (молекула), яка має два різнойменно заряджені полюси.

*Дисперсні системи* — загальна наукова назва неоднорідних сумішей і колоїдних розчинів.

*Екзотермічна реакція* — реакція, під час якої виділяється теплота.

*Електричний струм* — спрямований рух заряджених частинок (електронів, йонів).

*Електроліти* — сполуки, водні розчини і розплави яких проводять електричний струм.

*Електролітична дисоціація* — розпад речовини на йони під час її розчинення або плавлення.

*Емульсія* — струшена суміш двох рідин, нерозчинних одна в одній.

*Ендотермічна реакція* — реакція, під час якої поглинається теплота.

*Жири* — похідні гліцерину і вищих карбонових кислот.

*Ізомери* — сполуки, молекули яких мають однаковий склад, але різну будову.

*Істинний розчин* — розчин, у якому перебувають найдрібніші частинки речовин (окремі атоми, молекули, йони).

*Йонно-молекулярне рівняння* — рівняння, яке містить формули речовин і формули йонів.

*Карбоксильна група* — група атомів  $\text{-C}\begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{\textbackslash} \\ \text{OH} \end{array}$

*Карбонові кислоти* — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька карбоксильних груп.

*Каталізатор* — речовина, яка прискорює реакцію або спричиняє її перебіг, залишаючись після реакції незмінною.

*Кисле середовище* — середовище у водному розчині з  $\text{pH} < 7$ .

*Кислота* — електроліт, який дисоціює у водному розчині з утворенням катіонів одного типу — йонів Гідрогену  $\text{H}^+$ .

*Колоїдний розчин* — розчин, у якому містяться великі за розміром молекули розчиненої речовини, скупчення багатьох атомів або молекул.

*Концентрований розчин* — розчин, у якому міститься значно більше розчиненої речовини, ніж розчинника.

*Кристалізаційна вода* — вода, молекули якої входять до складу кристалогідрату.

*Кристалогідрат* — кристалічна речовина, яка містить у своєму складі молекули води.

*Лужне середовище* — середовище у водному розчині з  $\text{pH} > 7$ .

*Мономер* — вихідна речовина в реакції полімеризації.

*Насичений розчин* — розчин, у якому за даних умов речовина більше не розчиняється.

*Насичені вуглеводні* — вуглеводні, в молекулах яких атоми Карбону сполучені між собою простим ковалентним зв'язком.

*Неелектроліти* — сполуки, водні розчини і розплави яких не проводять електричного струму.

*Нейтральне середовище* — середовище у водному розчині з  $\text{pH} = 7$ .

*Ненасичений розчин* — розчин, у якому за даних умов можна розчинити певну порцію речовини.

*Ненасичені вуглеводні* — вуглеводні, в молекулах яких атоми Карбону сполучені між собою не лише простим ковалентним зв'язком, а й подвійним, потрійним зв'язком.

*Необоротна реакція* — реакція, яка відбувається лише в одному напрямку.

*Оборотна реакція* — реакція, яка може відбуватися в протилежних напрямках.

*Окиснення* — процес втрачання електронів частинками (речовиною).

*Окисник* — частинка (речовина), яка приєднує електрони.

*Окисно-відновна реакція* — реакція, яка відбувається зі зміною ступенів окиснення елементів.

*Органічна хімія* — галузь хімії, предметом якої є вивчення органічних сполук та їх перетворень.

*Органічні речовини* — сполуки Карбону (за деякими винятками).

*Основа* — електроліт, який дисоціює з утворенням аніонів одного типу — гідроксид-іонів.



*Пептидна група* — група атомів  $\begin{array}{c} \text{—C—N—} \\ \parallel \quad | \\ \text{O} \quad \text{H} \end{array}$

*Піна* — неоднорідна суміш рідини і газу.

*Полімер* — сполука, молекули якої складаються з великої кількості груп атомів однакової будови.

*Реакція заміщення* — реакція між простою і складною речовинами, в результаті якої утворюються інші проста і складна речовини.

*Реакція обміну* — реакція між двома складними речовинами, в результаті якої вони обмінюються своїми складовими частинами (атомами, групами атомів, йонами).

*Реакція полімеризації* — реакція утворення полімеру внаслідок сполучення багатьох молекул мономеру за рахунок руйнування кратних зв'язків.

*Реакція розкладу* — реакція, в якій з однієї речовини утворюється кілька речовин.

*Реакція сполучення* — реакція, в якій із кількох речовин утворюється одна речовина.

*Розбавлений розчин* — розчин, у якому міститься значно більше розчинника, ніж розчиненої речовини.

*Розчин* — однорідна суміш речовин.

*Розчинник* — компонент розчину, який перебуває в такому ж агрегатному стані, що й розчин. Якщо таких компонентів розчину кілька, то розчинником обирають той, маса якого найбільша.

*Розчинність* — здатність речовини утворювати з іншою речовиною розчин.

*Сильний електроліт* — електроліт, який повністю або майже повністю розпадається на йони в розчині.

*Сіль* — електроліт, який дисоціює на катіони металічного елемента та аніони кислотного залишку.

*Слабкий електроліт* — електроліт, який незначною мірою розпадається на йони в розчині.

*Спирти* — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька гідроксильних груп.

*Стійкі органічні забруднювачі (СОЗ)* — токсичні органічні сполуки штучного походження, які не зазнають хімічних перетворень у природних умовах або дуже повільно реагують із речовинами довкілля.

*Ступінь електролітичної дисоціації* — відношення кількості молекул електроліту, які розпалися на йони, до кількості його молекул перед дисоціацією.

*Ступінь окиснення* — умовний цілочисельний заряд атома в речовині.

*Суспензія* — перемішана суміш рідини і нерозчинної в ній, добре подрібненої твердої речовини.

*Термохімічне рівняння* — хімічне рівняння із записом числового значення теплового ефекту реакції.

*Фотосинтез* — синтез органічних речовин із неорганічних (вуглекислого газу, води, розчинних солей) у рослинах і деяких бактеріях за участю енергії сонячного світла.

*Якісна реакція* — реакція для виявлення певних йонів у розчині, яка супроводжується особливим зовнішнім ефектом.

# Предметний покажчик

## А

- Амінокислоти 187
- Ацетилен 123
  - будова молекули 124
  - властивості 125
  - застосування 140

## Б

- Білки 186
  - властивості 188
  - якісний склад 187

## В

- Відновлення 79
- Відновник 80
- Внутрішня енергія речовини 92
- Вода
  - будова молекули 11
  - електролітична дисоціація 47
  - кристалізаційна 21
- Водневий зв'язок 14
- Водневий показник (рН) 48
- Вуглеводи 173
- Вуглеводневий залишок 147
- Вуглеводні 112
  - застосування 139
  - насичені 112
  - ненасичені 112
  - поширеність 135

## Г

- Гідратована частинка 16
- Гідроксильна група 147
- Гідроліз солей 61
- Гліцерин (гліцерол) 153
  - властивості 154
  - застосування 155
- Глюкоза 174
- Гомологи метану 117
  - будова молекул 118
  - назви 117
  - фізичні властивості 119
  - формули 117
- Гомологічний ряд 117

## Д

- Диполь 13
- Дисперсні системи 8

## Е

- Електроліт 34
  - сильний 45
  - слабкий 45
- Електролітична дисоціація 37
- Емульсія 6
- Етан 117
  - будова молекули 118
- Етанол 147
  - будова молекули 148
  - властивості 149

добування 152  
застосування 150  
фізіологічна дія 151  
Етен *див.* Етилен  
Етилен 123  
будова молекули 123  
властивості 125  
застосування 140  
Етин *див.* Ацетилен

## Ж

Жири 168  
властивості 170  
добування 170  
застосування 171  
класифікація 169

## І

Ізомери 122

## Й

Йонно-молекулярне  
рівняння 54

## К

Карбоксильна група 147, 157  
Карбонові кислоти 157  
вищі 164  
жирні 165  
поширеність  
у природі 157  
Каталізатор 100  
Кисле середовище 49  
Кислота 40

олеїнова 165  
оцтова (етанова) 157  
будова молекули 158  
властивості 158  
застосування 160  
пальмітинова 165  
стеаринова 165  
Кристалогідрат 21  
Крохмаль 181

## Л

Лужне середовище 49

## М

Метан 112  
будова молекули 114  
фізичні  
властивості 119  
Метанол 148, 151  
Метод електронного  
балансу 85  
Милá 166  
Мономер 131

## Н

Нафта 135  
Неелектроліт 34  
Нейтральне середовище 48

## О

Окиснення 79  
Окисник 80  
Органічна хімія 108

Органічні речовини  
(сполуки) 106  
Основа 39

## П

Парафін 120  
Пептидна група 188  
Піна 6  
Поліетилен 131  
Полімер 131  
Природний газ 137

## Р

Реакція  
екзотермічна 91  
ендотермічна 91  
заміщення 73  
зворотна 76  
необоротна 76  
обміну 75  
оборотна 76  
окисно-відновна 79  
полімеризації 131  
пряма 76  
розкладу 72  
сполучення 71  
якісна 64  
Розчин 6  
істинний 8  
колоїдний 8  
концентрований 7  
насичений 26  
ненасичений 26  
розбавлений 7  
Розчинена речовина 6

Розчинник 6  
Розчинність 25

## С

Сахароза 176  
виробництво 178  
застосування 179  
Сіль 38  
Спирти 148  
Стійкі органічні  
забруднювачі 195  
Ступінь електролітичної  
дисоціації 43  
Суспензія 6

## Т

Тепловий ефект реакції 91  
Термохімічне рівняння 93  
Тефлон 134

## Ф

Фотосинтез 82, 174, 187  
Фруктоза 180

## Ц

Целюлоза 183

## Ш

Швидкість хімічної  
реакції 96

# Література для учнів

1. Аликберова Л. Ю. Занимательная химия: Книга для учащихся, учителей и родителей / Л. Ю. Аликберова. — М. : АСТ-ПРЕСС, 2002. — 560 с.

2. Василега М. Д. Цікава хімія / М. Д. Василега. — К. : Рад. шк., 1989. — 188 с.

3. Карцова А. А. Химия без формул / А. А. Карцова. — СПб. : Авалон ; Азбука-классика, 2005. — 112 с.

4. Левицкий М. М. Увлекательная химия. Просто о сложном, забавно о серьезном / М. М. Левицкий. — М. : АСТ ; Астрель, 2008. — 448 с.

5. Леенсон И. А. 100 вопросов и ответов по химии : учеб. пособие / И. А. Леенсон. — М. : АСТ ; Астрель, 2002. — 347 с.

6. Леенсон І. А. Дивовижна хімія / І. А. Леенсон. — Х. : Ранок, 2011. — 176 с.

7. Мур Дж. Химия для «чайников» : пер. с англ. / Дж. Мур. — М. : И. Д. Вильямс, 2007. — 320 с.

8. Степин Б. Д. Занимательные задания и эффектные опыты по химии / Б. Д. Степин, Л. Ю. Аликберова. — М. : Дрофа, 2002. — 432 с.

9. Степин Б. Д. Книга по химии для домашнего чтения / Б. Д. Степин, Л. Ю. Аликберова. — М. : Химия, 1995. — 400 с.

10. Химия (Иллюстрированная энциклопедия школьника). — М. : Мир энциклопедий, 2006. — 96 с.

11. Энциклопедия для детей. Том 17. Химия / глав. ред. В. А. Володин. — М. : Аванта+, 2000. — 640 с.

12. Яковішин Л. О. Цікаві досліди з хімії: у школі та вдома / Л. О. Яковішин. — Севастополь : Біблекс, 2006. — 176 с.

## Інтернет-сайти, які містять цікавий матеріал з хімії

1. <http://chemistry-chemists.com>
2. <http://www.hemi.nsu.ru>
3. <http://www.hij.ru>
4. <http://www.school-collection.edu.ru>

# Зміст

Шановні дев'ятикласники! . . . . .	3
------------------------------------	---

## 1 розділ

### Вода. Розчини

§ 1. Суміші речовин. Розчини . . . . .	5
<i>Домашній експеримент.</i> Виготовлення колоїдних розчинів . . . . .	10
§ 2. Будова молекули води. Поняття про водневий зв'язок . . . . .	11
§ 3. Утворення розчину . . . . .	15
§ 4. Кристалогідрати . . . . .	19
§ 5. Розчинність речовин . . . . .	25
<i>Для допитливих.</i> Вода — найкращий розчинник для солей . . . . .	31
<i>Позаурочний експеримент.</i> Вирощування кристалів мідного купоросу . . . . .	31
§ 6. Електроліти та неелектроліти . . . . .	32
§ 7. Електролітична дисоціація . . . . .	37
§ 8. Ступінь електролітичної дисоціації. Слабкі та сильні електроліти . . . . .	43
§ 9. Вода як електроліт. Водневий показник (рН) . . . . .	47
§ 10. Йонно-молекулярні рівняння . . . . .	53
§ 11. Реакції обміну між електролітами в розчині . . . . .	58
<i>Для допитливих.</i> Гідроліз солей . . . . .	61
Практична робота № 1. Реакції йонного обміну між електролітами у водних розчинах . . . . .	62
§ 12. Якісні реакції на деякі йони . . . . .	64
Практична робота № 2. Розв'язування експериментальних задач . . . . .	68

## 2 розділ

### Хімічні реакції

§ 13. Класифікація хімічних реакцій	70
§ 14. Окисно-відновні реакції	78
§ 15. Складання рівнянь окисно-відновних реакцій	84
<i>Для допитливих.</i> Окисно-відновні реакції в батарейках	89
§ 16. Тепловий ефект хімічної реакції	90
<i>Для допитливих.</i> Калорійність харчових продуктів	94
§ 17. Швидкість хімічної реакції	96
<i>Для допитливих.</i> Про умови зберігання харчових продуктів	104

## 3 розділ

### Найважливіші органічні сполуки

§ 18. Органічні сполуки. Органічна хімія	105
§ 19. Вуглеводні. Метан	111
§ 20. Гомологи метану	116
<i>Для допитливих.</i> Два бутани, три пентани...	121
§ 21. Етилен (етен) і ацетилен (етин)	122
§ 22. Горіння вуглеводнів	126
§ 23. Поліетилен	130
<i>Для допитливих.</i> Тефлон	134
§ 24. Вуглеводні в природі. Застосування вуглеводнів	135
§ 25. Співвідношення об'ємів газів у хімічних реакціях	142
§ 26. Спирти. Етанол	146
<i>Для допитливих.</i> Як добувають етанол	152
§ 27. Гліцерин (гліцерол)	153
§ 28. Карбонові кислоти. Оцтова (етанова) кислота	156
<i>Для допитливих.</i> Як добувають оцтову кислоту	162



Практична робота № 3. Властивості оцтової (етанової) кислоти . . . . .	162
§ 29. Вищі карбонові кислоти та їхні солі (милá) . . . . .	164
§ 30. Жири . . . . .	168
§ 31. Вуглеводи. Глюкоза і сахароза . . . . .	173
<i>Для допитливих.</i> Фруктоза . . . . .	180
§ 32. Крохмаль. Целюлоза . . . . .	180
<i>Домашній експеримент.</i> Виявлення крохмалю в харчових продуктах . . . . .	185
§ 33. Білки . . . . .	186
<i>Для допитливих.</i> Структура білків . . . . .	190
Практична робота № 4. Виявлення органічних сполук у харчових продуктах . . . . .	191
<i>Для допитливих.</i> Виявлення глюкози в меді . . . . .	192
§ 34. Природні та синтетичні органічні сполуки. Захист довкілля від забруднення органічними сполуками . . . . .	192

## 4 розділ

### Узагальнення знань з хімії

§ 35. Багатоманітність речовин і хімічних реакцій . . . . .	198
§ 36. Взаємозв'язки між речовинами та їх взаємоперетворення . . . . .	205
<i>Для допитливих.</i> Взаємоперетворення простих речовин хімічного елемента . . . . .	211
§ 37. Місце хімії серед природничих наук. Значення хімії для розвитку людства . . . . .	211
§ 38. Хімічна наука у світі та в Україні. Видатні хіміки . . . . .	217
Післямова . . . . .	222
Відповіді до задач і вправ . . . . .	223
Словник термінів . . . . .	228
Предметний покажчик . . . . .	233
Література для учнів . . . . .	236
Інтернет-сайти, які містять цікавий матеріал з хімії . . . . .	236

Навчальне видання

ПОПЕЛЬ Павло Петрович  
КРИКЛЯ Людмила Сергіївна

## ХІМІЯ

Підручник для 9 класу  
загальноосвітніх навчальних закладів

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів.  
Продаж заборонено

Редактор Г. Т. Сенькович  
Коректор Г. А. Теремко  
Художнє оформлення В. М. Штогриня  
Комп'ютерна верстка Є. М. Байдюка

Формат 60×90/16. Ум. друк. арк. 15.  
Наклад 148 061 прим. Зам.

Видавничий центр «Академія»,  
м. Київ, вул. Дегтярівська, 38—44.  
Тел./факс: (044) 483-12-11; 456-84-63.  
E-mail: academia.book@gmail.com  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 555 від 03.08.2001 р.

Видруковано у ПрАТ  
«Харківська книжкова фабрика “Глобус”  
корпоративне підприємство  
ДАК Укрвидавполіграфія»  
вул. Різдва, 11, м. Харків, 61052.  
Свідоцтво серія ДК № 3985 від 22.02.2011 р.

## Розчинність основ, кислот, амфотерних гідроксидів і солей у воді (при температурі 20—25 °С)

Катіони Аніони	H <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>
OH <sup>-</sup>		р	р	р	—	м	м	р	н	н	н	н	—	н	н	н	н	н
F <sup>-</sup>	р	м	р	р	р	м	м	м	р	р	м	р	#	р	м	н	м	р
Cl <sup>-</sup>	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	м	р	р	р	р	р	р	р
Br <sup>-</sup>	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	м	р	м	р	р	р	р	р
I <sup>-</sup>	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	м	—	м	р	р	—	р	р
S <sup>2-</sup>	р	р	р	р	н	#	#	р	н	н	н	н	н	н	н	#	#	#
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	р	р	р	р	н	р	м	м	р	м	м	—	#	м	м	—	—	—
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	р	р	р	р	м	р	м	н	р	р	м	р	р	р	р	р	р	р
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	р	м	р	р	н	м	н	н	н	м	н	#	#	н	н	н	н	н
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	р	р	р	р	м	м	н	н	н	н	н	#	—	м	н	—	—	—
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	—	р	р

Умовні позначення:

- «р» — розчинна речовина (розчинність понад 1 г речовини у 100 г води);
- «м» — малорозчинна речовина (розчинність від 1 г до 0,001 г у 100 г води);
- «н» — практично нерозчинна речовина (розчинність менше 0,001 г у 100 г води);
- «—» — речовина не існує;
- «#» — речовина існує, але реагує з водою (її розчинність визначити не можна).

### Ряд активності металів

Li K Ba Sr Ca Na Mg Be Al Mn Cr Zn Fe Cd Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Bi Cu Ag Hg Pt Au



хімічна активність металів зростає

### Ряд кислот за їх силою

HClO<sub>4</sub> ≈ HNO<sub>3</sub> ≈ HI ≈ HBr ≈ HCl ≈ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> > H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> > HF > HNO<sub>2</sub> > CH<sub>3</sub>COOH > H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> > H<sub>2</sub>S > H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>

сильні кислоти

кислоти середньої сили

слабкі кислоти

# ХІМІЯ

9 клас

а | Видавничий центр «Академія»

