

Хімія — це просто... просто цікава, захоплива, сучасна, перспективна наука. Якщо ви не вірите — читайте наш журнал!

Цей журнал створений для школярів, які хочуть більше знати про наш світ. І не важливо, — буде ваша доля надалі пов'язана з вивченням хімії чи ні, — вам усе одно буде цікавий наш журнал. Тому що без хімії не можна обійтися жодної години.

Хімія оточує нас скрізь і супроводжує всюди. Це зрозуміло, адже хімія вивчає всі речовини. Вона пропонує нам нові, з унікальними властивостями речовини. Вся жива природа, у тому числі і ми з вами, — теж об'єкти вивчення хімії.

Ми будемо намагатися писати в наших статтях про науку хімію зрозуміло й максимально просто. Наскільки вдало це вийде — вирішувати вам, нашим читачам.

Щоби внести на сторінки журналу трохи азарту, редакція регулярно буде оголошувати конкурси, а на переможців чекатимуть цінні призи. А ще хочеться вести з вами діалог, обговорювати хімічні явища, розповідати про використання речовин, що вас цікавлять, відповідати на ваші запитання. Чекаємо ваших листів!

Сподіваємося, що цей журнал увійде до числа ваших улюблених видань.

**Тамара Гранкіна,**  
головний редактор

2

Хімікуси,  
філософський камінь,  
золото та вічне життя

8

Винахід вартістю  
в 10 мільйонів

12

Гідроген

16

Цукор

20

Саморобні індикатори

24

Ось воно, щастя!

27

Задача

28

Печера гігантських  
кристалів Наїк

29

Сіль + кислота =  
основа?

30

Невідомі пригоди  
Шерлока Холмса

# ХІМІКУСИ, ФІЛОСОФСЬКИЙ КАМІНЬ, ЗОЛОТО ТА ВІЧНЕ ЖИТТЯ

---

*Усе це мала намір дати світові  
та, як свідчить історія, трохи  
все ж таки дала нині померла  
наука алхімія. А почалося все  
так...*

Корнеліс Бега. АЛХІМІК. 1663 р.

Алхімія (від єгипетського *kēte* — чорний) — загальна назва існуючих у різних культурах систем трансформації як фізичних предметів (у першу чергу металів), так і людського організму, духовного світу.

Уперше термін «алхімія» згадується в рукописі астролога IV століття нашої ери Юлія Фірмака. Представники цієї науки прагнули відшукати філософський камінь, або еліксир життя, речовину, здатну перетворювати метали на золото й дарувати безсмертя.

Алхімічна традиція передбачає, що все на світі складається із солі, ртуті та сірки (святина тріада).

Існують свідчення про те, що граф Сен-Жермен, авантюрист, алхімік епохи Просвітництва, який жив наприкінці XVII — на початку XVIII століття у Франції, користувався довірою короля Людовіка XV, міг синтезувати перлини, збільшувати їх розмір і надавати їм гарного відблиску. У мемуарах придворної дами мадам дю Хосі описано, як граф на її очах виправив дефект (тріщину) на перлині Людовіка XV. У зв'язку з цим випадком граф розповів, що перли з'являються в мушлі в результаті хвороби й що він знає, як спричинити цю хворобу. Зараз відомо, як утворюються перлини, але на той час про це ще не знали.

Минав час, алхімія ставала дедалі популярнішою, а самих алхіміків вважали мало не всесильними. Дружби з ними домагалися впливові вельможі, монархи. Авторитет алхіміків був настільки значний, що навіть великі вчені Середньовіччя, ►

*...1666 р. в Гаазі, Нідерланди, до лікаря принца Вільгельма Оранського Гельвецій прийшов незнайомець і показав йому речовину, яка перетворювала свинець на золото. Гельвецій непомітно взяв декілька крихт речовини собі й провів дослід. Але бажаного результату не отримав. Незабаром гість повернувся, і Гельвецій попросив дати йому шматочок побільше. Незнайомець виконав прохання, але більше не навідувався в гості. Гельвецій повторив дослід і отримав золото. Усі ці дива — плоди зниклої нині науки алхімії.*





такі як Абу-Алі Ібн-Сіна, більш відомий як Авіценна, Френсіс Бекон, Барух Спіноза, Готфрід-Вільгельм Лейбніц, вірили, що, якщо до срібла або ртуті додати в малих кількостях філософський камінь і отриману суміш нагріти, вона перетвориться на золото. Ця віра була настільки сильною, що англійський король Генріх VI звернувся з промовою до народу, у якій клявся королівським словом, що незабаром у його лабораторіях отримають стільки золота, що можна буде викупити всі заставні підданих.

Чутки про можливості володарів філософського каменя збільшували славу алхіміків, і на них по всій Європі почалося справжнє полювання. Цікавість до алхіміків посилювали легенди про успішні досліді. Ось деякі з них.

На початку XIV століття англійському королю Едуарду вдалося взяти до себе на службу мудреця Раймонда Луллія, який пообіцяв монарху виготовити 60 тисяч фунтів золота зі ртуті за те, що той спорядить армаду кораблів щоби вести священну війну проти невірних.

Кажуть, що алхімік свою обіцянку виконав. З отриманого золота карбували монети із зображенням короля й написом: «Едуард, король Англії та Франції». Але король обдурих Луллія — пустив гроші не на боротьбу з мусульманами, а на більш важливий для нього похід проти французів. Ці монети, що отримали назву



**АЛХІМІЧНІ СИМВОЛИ.**  
Ілюстрації зі старовинних книг





Нобле, і зараз можна побачити на стендах багатьох музеїв...

Також 1675 року розповіді про життя алхіміків при дворі імператора Леопольда дійшли до ченця Венцеля Зейлера. Викравши філософський камінь в одного зі своїх побратимів, він вирішив змінити своє чернече життя на кар'єру при дворі. Щоби продемонструвати своє вміння, монах пообіцяв імператору на очах усіх присутніх перетворити мідний посуд на золотий.

З допомогою чудодійного порошку, невиразного бурмотіння і театральних жестів він здійснив «перетворення» (чи просто замінив посуд). Те, що отриманий посуд

**АЛХІМІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ.**  
*Музей історії науки в Оксфорді,  
Велика Британія*



був із золота, підтвердив королівський ювелір. З благородного металу було викарбовано монети, на зворотному боці яких зазначалася дата випуску — 1675 рік і напис: «Я перетворений з олова на золото могутністю порошку Венцеля Зейлера». За ці заслуги щасливому алхімікові було присвоєно звання королівського придворного хімікуса. ▶



Однак дії алхіміків закінчувалися успішно не завжди. Адже з'явилося дуже багато «умільців», охочих заробити на славі алхімічної науки, які діяли згідно із законами брехні.

1590 року, наприклад, у Мюнхені був повішений алхімік Брагадіно, який отримав великі гроші за приховання уявної таємниці філософського каменя від знатних вельмож. Задля піднесення свого авторитету він хвалився, що сатана його раб, а дві собаки, які його всюди супроводжували, — демони. Коли нездатність алхіміка виготовляти золото

стала очевидною, його стратили. У результаті склалася така ситуація, що якщо алхіміка й не спіймали на брехні, то на нього чекала інша перспектива — ув'язнення за відмову розкрити таємницю філософського каменя.

## НАЙВІДОМІШІ АЛХІМІКИ

**РАЙМОНД РАЙМУНД** (1235–1314) — монах-францисканець, алхімією займався з 1289 р. За легендою, отримав еліксир безсмертя, але відмовився ним скористатися. Є інформация, що монети з того золота, що він отримав, збереглися досі, їх називають Raymundini.

**АЛЬБЕРТ ВЕЛИКИЙ** (1193?–1280) — монах-домініканець, народився в аристократичній родині (граф фон Больштедта). До нас дійшли п'ять його трактатів з алхімії. Був відомий як маг і чародій, про нього збереглося безліч казок, наприклад, про механічну людину.

**АРНОЛЬД ДЕ ВІЛЛАНОВА** (1235–1311) — великий лікар та алхімік, якого звинувачували у зв'язках з нечистою силою. Вважав золото універсальними ліками, використовував у медицині досягнення алхімії (солі Меркурію й сірчисті сполуки). Серед його пацієнтів був і Папа Римський.

**ПАРАЦЕЛЬС** (1493–1541). Справжнє ім'я — Філіпп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм. Чудовий лікар, перший з медиків почав розглядати процеси, які відбуваються в організмі, з хімічної точки зору. Загалом, він не був алхіміком, оскільки заперечував ідею філософського каменя, але методи алхімії успішно застосовував для отримання ліків.

*«Завдяки» різним  
пройдисвітам, які користувалися до цього здебільшого  
доброю славою алхімії,  
у XVI–XVII століттях ушлав-  
лена наука почала занепада-  
ти. Над ученими-алхіміками  
почали насміхатися.  
1610 року в одному з лон-  
донських театрів була  
поставлена комедія  
«Алхімік». А 1661 року  
Роберт Бойль опублікував  
книгу «Хімік-скептик», у якій  
переконливо розвінчував  
учення про перетворення  
металів. Заняття алхімією  
було прокляте католицькою  
церквою й заборонене  
в Англії, Франції,  
на території Венеції.*



## ОДИН КОРИНЬ

Слова «хімія» й «алхімія» мають один корінь. Хемія — грецька назва Єгипту, грецьке слово «Хео» означає «лити», що вказує на спорідненість хімії й алхімії з металургією. Нарешті, слово «хмі» — це єгипетський ієрогліф, що позначає чорну родючу землю.

Саме в рамках алхімічної науки на світ з'явилося поняття «хімічний елемент». Воно було введено в обіг у другій половині XVII століття англійським ученим Робертом Бойлем (першовідкривачем газового закону Бойля—Маріотта).

Виходячи з цього, можна стверджувати, що саме алхімія дала поштовх для розвитку сучасної хімії.

Сьогодні алхімія — мертва наука, яка не витримала випробування часом і брехнею, але й зараз вона іноді оживає на сторінках сучасної літератури. Пам'ятаєте, як усе-світньовідомий хлопчик-чарівник Гаррі Поттер, герой творів Дж. Роулінг, у романі «Гаррі Поттер і філософський камінь» потрапив у «неприємну ситуацію» через той самий філософський камінь, який до нього впродовж багатьох століть шукали відомі філософи й науковці? А як уславлений граф Жоффрей де Пейрак із серії романів про Анжеліку Анн і Сержа Голон намагався з допомогою методів алхімії добути так багато золота, щоб відчувати себе вільним?

Анастасія Чала



**АЛЬБЕРТ ВЕЛИКИЙ.**  
*Фреска Сімона Мартіні*



**ПАРАЦЕЛЬС**



# ВИНАХІД ВАРТІСТЮ В 10 МІЛЬЙОНІВ

---

*Нобелівську премію  
з хімії 2010 року, яка  
становила 10 мільйонів  
шведських крон,  
розділили між собою  
три лауреати:*

*Річард Хек  
(університет  
Делавара),  
Еї-Ічи Негіши  
(університет Пердью)  
та Акіра Сузукі  
(університет  
Хоккайдо)*



Нобелівський комітет пояснив, що цьогорічну премію згаданим науковцям вручили «за розробку нових більш ефективних шляхів поєднання атомів Карбону щодо синтезу складних молекул, які зможуть зробити кращим наше повсякденне життя». Цьогорічний винахід пов'язаний з тим, що три групи відомих реакцій, які носять ім'я згаданих учених, уже давно стали необхідними для синтезу великих і складних молекул сполук, важливих для фармації та медицини (зокрема, для створення лікарських препаратів), для полімерної хімії, отримання сполук з новими фізико-хімічними властивостями.

Хіміки-органіки вже звикли до того, що у своїй роботі їм необхідно мати справу з багатокомпонентними процесами, коли послідовно виконується понад 10–15 стадій. Але вони постійно шукають методи, які б допомогли скоротити кількість стадій у будь-якій хімічній реакції. За твердженням Нобелівського комітету, саме винахід цьогорічних лауреатів допомагає скоротити згадані стадії у важливих для сучасної науки реакціях.

### **СУТЬ СПРАВИ, АБО «НАХІМІЧИЛИ»**

Щоби створити складні сполуки для потреб сучасної фармації та медицини, хімікам необхідно з'єднувати більш прості молекули за рахунок створення вуглець-вуглець зв'язків між атомами, що перебувають в суворо визначеному положенні.

Чим складніша сполука, яку необхідно отримати, тим важче дотримати цієї

*Нобелівська премія — одна з найбільш престижних міжнародних премій. Сума премії не є чітко визначеною, вона змінюється залежно від доходів Нобелівського фонду. Премія була заснована згідно із заповітом шведського підприємця, винахідника Альфреда Бернарда Нобеля, який винайшов динаміт. Увесь свій статок (близько 31,5 млн шведських крон) він залишив на фінансування міжнародної премії. Нобель помер 1896 року, після чого парламенти Швеції та Норвегії, (які тоді утворювали міждержавний союз), протягом чотирьох років (до 1900 року) узгоджували конкретні умови нагородження.*



умови. Винахід згаданих науковців за участі сполук Паладію цю проблему здатен розв'язати.

Нобелівські лауреати розробили методи для реакцій, де каталізатором є паладій. Атом Паладію є немов «май-данчиком» для зустрічі двох атомів Карбону, які завдяки йому розташовуються так близько один до одного, що взаємодія починається саме між ними, а не між якимись іншими атомами. Тобто комплекси паладію в межах реакцій виконують функції класичних «свах», які «приводять» ті компоненти, що зв'язуються (у цьому разі — реагентів) тільки одним шляхом, ігноруючи деякі внутрішні та зовнішні негативні фактори.



НОБЕЛІВСЬКА МЕДАЛЬ



При цьому паладій, як і належить ката-лізатору, у такій реакції не витрачається, що важливо, бо він належить до до-рогоцінних металів. Цей метод має назву паладієвий каталіз. Він дозволяє отримувати такі складні сполуки, які до цього часу було під силу створити лише природі.

Шведська Академія наук вважає, що цьогорічні лауреати створили «точ-ний і ефективний інструмент, який буде використаний дослідниками всього сві-ту для розробки нових лікарських пре-паратів і молекул, що використовуються в електронній промисловості».

## ВПРИТУЛ. ХТО? ДЕ? КОЛИ?

**Ричард Хек** народився в Спрінгфілді (США) 1931 року, у 23 роки отримав ступінь доктора філософії в Каліфорнійському уні-верситеті м. Лос-Анджелес (США), працю-вав у Цюриху (Швейцарія), а наприкінці кар'єри — в університеті Делавара (США), де з 1989 р. після виходу на пенсію за-лишився почесним професором.

**Ей-їчи Негіши** — уродженець Чанчуня, що зараз належить Китаю, отримав ступінь доктора філософії в Пенсільванському університеті (США) і тривалий час працює професором університету Пердью (штат Індіана, США).

**Акіра Сузукі** народився в м. Мукаві 1930 р., навчався, отримав ступінь доктора і працював професором усе життя до ви-ходу на пенсію в університеті Хоккайдо (Японія). Цікавий факт — з 1963 по 1965 р. він стажувався у професора Г. Ч. Брауна





**НОБЕЛІВСЬКІ ЛАУРЕАТИ З ХІМІЇ  
2010 РОКУ.**



*Зліва направо:*

*А. Сузукі, Е. Ї. Негіші, Р. Хек*

в університеті Пердью (штат Індіана, США), тобто там, де працював Е. Негіші.

Сьогодні відкриття науковців використовують в органічному синтезі, наприклад, для модифікації природних молекул, а також у підтвердженні хімічної структури різних природних сполук, що можна довести, лише синтезувавши штучний аналог

у пробірці й порівнявши його властивості з властивостями природної речовини. Приклад — ванкоміцин (антибіотик), який уперше винайшли в 50-х роках ХХ століття в Борнео (Малайзія). Його використовують для лікування хвороб, збудниками яких є мікроорганізми, які мають «імунітет» до багатьох інших антибіотиків (таких як пеніцилін), — золотистого стафілококу й ентерококів. Учені з допомогою паладієвого каталізу мають на меті створити похідні цього антибіотику, щоб подолати стійкість згаданих організмів і дати людям ефективний інструмент для боротьби з інфекціями. ■

*Анастасія Чала*



# ГІДРОГЕН

---

Н

*Перший хімічний  
елемент у таблиці  
Д. І. Менделєєва,  
здавалося б, мусить  
мати найпростішу  
будову атома.  
Але не все так  
просто...*



Нашу подорож таблицею Д. І. Менделєєва ми почнемо, звичайно, з елемента № 1 — Гідрогену.

Історія його відкриття доволі проста: виділення горючого газу внаслідок узаємодії кислот і металів спостерігали ще в XVI і XVII століттях, на зорі становлення хімії як науки. Відомий англійський фізик і хімік Г. Кавендіш 1766 р. досліджував цей газ і назвав його «горючим повітрям». Він же визначив, що під час спалювання «горюче повітря» давало воду. Французький хімік А. Лавуазьє разом з інженером Ж. Менсьє, використовуючи спеціальні газометри, 1783 р. також здійснив синтез води, а потім і її аналіз, розклавши водяну пару розпеченим залізом. Таким чином, він установив, що «горюче повітря» входить до складу води й може бути з неї отримано. 1787 р. Лавуазьє дійшов висновку, що «горюче повітря» являє собою просту речовину й, отже, належить до числа хімічних елементів. Він дав йому назву *hydrogene* (від грецьк. *hydor* — вода й *gignomai* — народжую) — «той, що народжує воду».

Наприкінці 1931 р. група американських фізиків — Гарольд Юрі зі своїми

учнями Фердинандом Брикведде й Джорджем Мерфі, взяли 4 л рідкого водню й піддали його фракційній перегонці, одержавши в залишку всього лише 1 мл, тобто зменшивши об'єм у 4 тисячі разів. Цей останній мілілітр рідини після її випарювання й було досліджено спектроскопічним методом. Гарольд Клейтон Юрі помітив на спектрограмі збагаченого водню нові, дуже слабкі лінії, що були відсутні у звичайного водню. Це був ізотоп Гідрогену — Дейтерій —  ${}^2_1\text{D}$ . У його ядрі, на відміну від Протію, з'являється нейтрон, і він стає вдвічі важчим.

Цікаво, що Гідроген — єдиний елемент, у якого його різновиди — ізотопи — позначаються різними літерами.

1934 р. за відкриття важкого водню Юрі була присуджена Нобелівська премія з хімії.

У середньому в природному газі водню міститься 0,0156 % Дейтерію. У прибережній морській воді його трохи більше, у поверхневих водах суходолу — менше, у природному газі — ще менше (0,011–0,013 %). У звичайній воді міститься всього лише 0,017 % (за масою) Дейтерію, що дає співвідношення D:H = 1:6800.

| ІЗОТОП ГІДРОГЕНУ          | ЧИСЛО ПРОТОНІВ | ЧИСЛО НЕЙТРОНІВ |
|---------------------------|----------------|-----------------|
| Протій ${}^1_1\text{H}$   | один           | немає           |
| Дейтерій ${}^2_1\text{D}$ | один           | один            |
| Тритій ${}^3_1\text{T}$   | один           | два             |



**ЛЮМІНІСЦЕНТНІ ШКАЛИ  
ПРИЛАДІВ АВТОМОБІЛЯ**

*Цифра 1 наявна в багатьох характеристиках Гідрогену: 1 період, 1 група, в атомі елемента один протон і один електрон. А от нейтронів немає взагалі. Тому нуклід  ${}^1_1\text{H}$  називається Протій. Це найпоширеніший нуклід (атом) Гідрогену. Якщо такі атоми входять до складу води, то вона називається протієвою. Практично вся вода, яку ми використовуємо, — протієва.*



У Гідрогену є ще більш важкий ізотоп — Тритій. У складі його ядра один протон і два нейтрони, отже, маса дорівнює трьом. Записується він так:  ${}^3_1\text{T}$ . Радіоактивний, період напіврозпаду — 12,26 років; у разі бета-розпаду перетворюється на Гелій-3. Перший Тритій було отримано штучно 1933 р. у результаті ядерних реакцій, а от питання про існування його в природі залишалося поки відкритим. Вважають, що він міститься в природній воді в зовсім незначних кількостях, але виділити його з води тривалий час не вдавалося.

1935 р. норвежці провели небачений досі за масштабами експеримент: одержали важку воду, сконцентрувавши звичайну в мільярд разів! Спочатку електролізу було піддано 13 000 тонн звичайної води, з яких одержали 43,4 кг важкої води з вмістом  $\text{D}_2\text{O}$  99,2 %. Далі цю кількість шляхом майже 10-місячного електролізу зменшили до 11 мл. Умови електролізу були обрані так, щоби сприяти концентруванню передбачуваного Тритію. Таким чином, з 13 тисяч тонн води (а це 5 поїздів по 50 цистерн у кожному!) було отримано всього одну пробірку збагаченої води. Світ не знав ще настільки грандіозних дослідів!

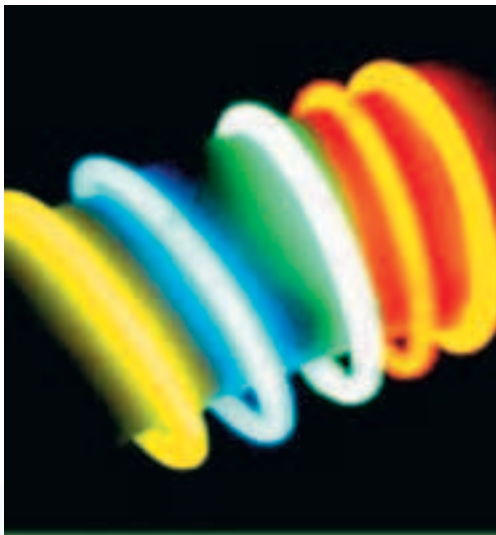
Запаси природного Тритію незначні. Тому весь Тритій, використовуваний для різних цілей, одержують штучно, шляхом опромінення Літію нейтронами. У результаті стало можливим одержати значні кількості чистого Тритію й вивчити його властивості, а також властивість його сполук. Синтезований Тритій порівняно дешевий, його застосовують у наукових

дослідженнях і в промисловості. Широке застосування знайшли тритієві світні фарби, які наносять на шкали приладів. Ці світосклади з погляду радіації менш небезпечні, ніж традиційні радієві. Наприклад, цинк сульфід, який містить невелику кількість сполук Тритію (приблизно 0,03 мг на 1 г світоскладу), безупинно випромінює зелене світло.

Такі світосклади постійної дії використовують для виготовлення показників, шкал приладів і т. п. На їх виробництво щорічно витрачають сотні грамів тритію.

А ще тритій є одним з основних компонентів вибухової речовини термоядерних (водневих) бомб.

Тамара Гранкіна



СВІТНІ БРАСЛЕТИ

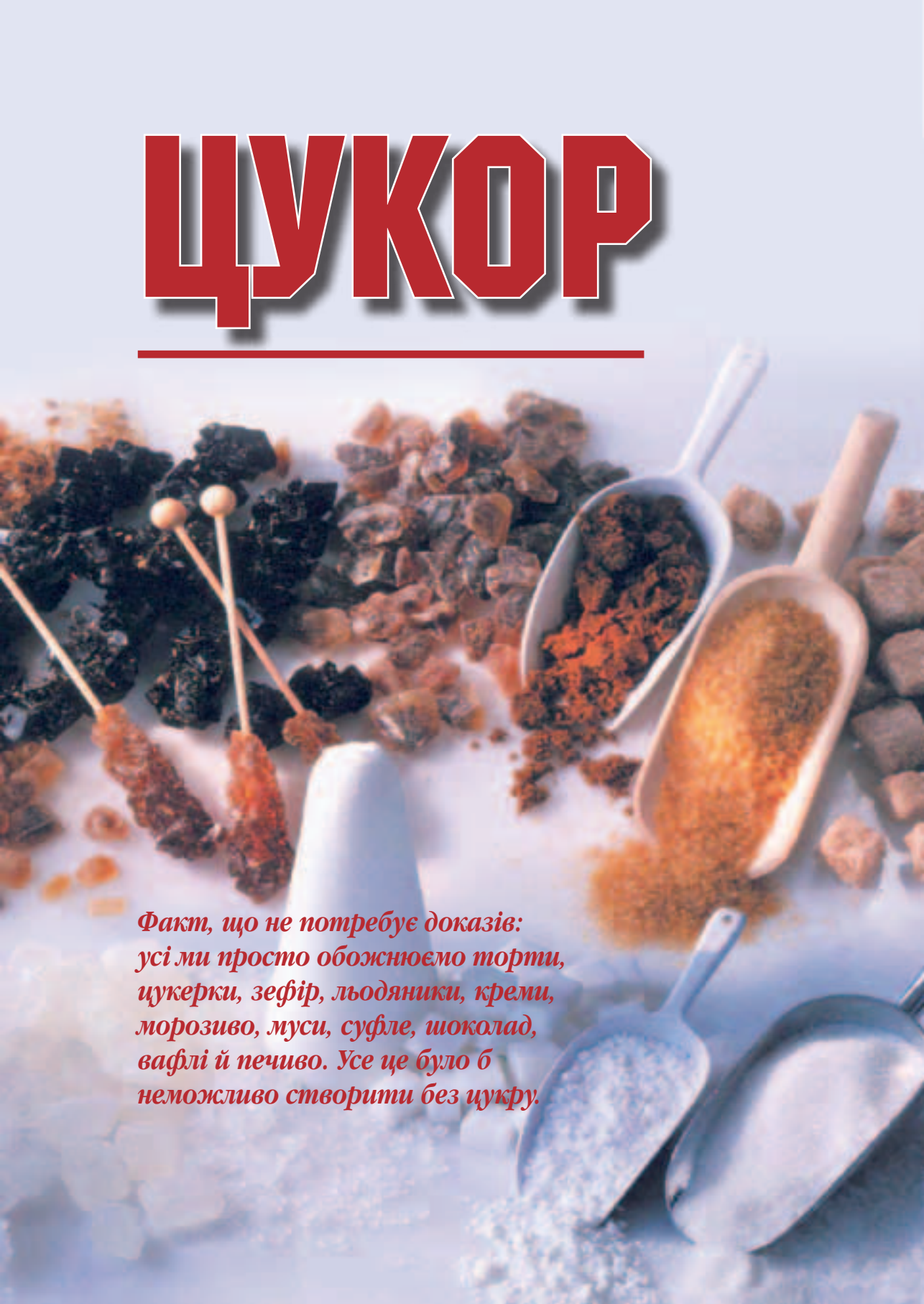


ВИБУХ ВОДНЕВОЇ БОМБИ



# ЦУКОР

---



*Факт, що не потребує доказів:  
усі ми просто обожнюємо торти,  
цукерки, зефір, льодяники, креми,  
морозиво, муси, суфле, шоколад,  
вафлі й печиво. Усе це було б  
неможливо створити без цукру.*

Слово «цукор» має індійське коріння й походить від санскритського «саркара», що означає «медоточивий», «солодкий».

Цукор, або, висловлюючись науковою мовою, сахароза, — не такий уже простий продукт, як багато хто звик думати. Так, так...

Сахароза належить до великого класу природних органічних речовин, які називаються вуглеводами, із загальною формулою  $C_m(H_2O)_n$ . Хімічна формула цукру  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , потрапляючи в організм людини він розщеплюється на глюкозу та фруктозу:  $C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$ .

Історія цукру сягає своїм корінням у глибоку давнину. Відомостей про походження цього важливого для людини продукту, а точніше харчової добавки, не так багато. Відомо, що батьківщиною цукрової тростини, з якої людство вперше почало виробляти цукор, був Індійський півострів, а точніше Бенгалія.

Першою визначеною датою в історії цукру можна вважати 510 рік до нашої ери: солдати перського імператора Дарія побачили на берегах індійських річок дивну рослину, здатну «виробляти мед без бджіл». Вони назвали її цукровою тростиною. Пізніше тростину почали вирощувати в Персії та Єгипті. В античному світі використовувався сік цукрової тростини, про який західний світ дізнався після походів армій Олександра Македонського в Індії.

Історія цукру в Росії починається приблизно з XI–XII століть. Коли цукор уперше завезли, спробувати його могли тіль-

ки князь і його наближені. Тому купецькі доньки чорнили собі зуби, ніби ті псувалися від солодкого.

Але в Європі до XVII століття цукор не виробляли. У середньовіччя до Європи його возили з арабських країн. Під час одного зі своїх плавань Колумб завіз на острів Сан Домінго цукрову тростину.

*У різних країнах цукор одержували в різний спосіб: китайці робили його із сорго, єгиптяни — з бобів, канадці — із кленового соку, а поляки — з березового, литовці — з коріння пастернаку, а в Білорусії — з петрушки.*





**ПАМ'ЯТНИК ЦУКРУ-РАФІНАДУ  
В ЧЕСЬКОМУ МІСТЕЧКУ КОШИЦЕ**



стину, яка там добре прижилася й далі поширилася на багато інших островів і країни Американського континенту.

За часів середньовіччя цукор був у Європі дуже дорогим продуктом і використовували його так само, як і прянощі, — потрошку. На початку XIV століття в Англії за одну чайну ложечку цукру давали суму, що майже дорівнювала 1 золотій монеті.

У XIX столітті цукор набув поширення, про що свідчать поварені книги того часу.

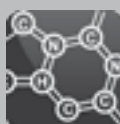
Залишається додати, що російські умільці нічим не поступалися німецьким.

Перша в Росії «цукрова палата» була відкрита Петром I на початку XVIII століття, і сировина для цукру ввозилася з-за кордону. 1802 року стало налагоджуватися виробництво цукру з вітчизняної сировини — цукрових буряків — спочатку під Тулою, а потім у багатьох інших районах.

Цікаво, що цукру, на знак подяки за його універсальність і смакові якості, було споруджено кілька справжнісіньких пам'ятників. Наприклад, у Чехії, де вперше навчилися виробляти цукор-рафінад, стоїть пам'ятник у вигляді величезного білого куба — шматочка рафінаду. З боку виглядає дуже ефектно. А от у місті Суми пішли ще далі. Влада міста, за наполяганням жителів, які вирішили не відставати від чехів, звела цілу скульптурну композицію, і теж на тему цукру рафінаду. А Берлінському музею цукру більше 100 років.



**ПАМ'ЯТНИК ЦУКРУ-РАФІНАДУ  
В МІСТІ СУМИ**



## ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ...

Чи знаєте ви, що жовтий цукор вважається значно більш корисним продуктом харчування, ніж білий? І це не вигадки. Він швидше засвоюється і вважається елітним сортом у США і Японії.

Деякі говорять: цукор — наркотик. Цукор, звичайно, не наркотик, але частка істини в цьому твердженні все-таки є. Учені, які полюбляють перевіряти все на світі, проводили досліди з лабораторними пацюками й мишами. Суть цих дослідів зводилася до такого. Тварин привчали до цукру, і через деякий час у більшості з них починалася справжня залежність від нього. Дослідження показали, що залежність можна було б з повним правом порівнювати з наркотичною.

З іншого боку, ті самі вчені довели: звичайний цукор можна сміливо називати частинкою щастя. Люди, які вживають його достатньою мірою, частіше посміхаються, у них рівніший і гарний настрій. А ось противники цукру частенько бувають

злыми й дратівливими. Правда, невідомо, наскільки швидко й сильно ми можемо до нього звикнути.

Цукор буває не тільки твердим, але й рідким, сипким, твердим, шматковим, колотим, льодяниковим, коричневим, кам'яним...

Деякі авіамоделісти використовують цукор у поєднанні з іншими компонентами для створення справжнього палива, яким заправляють свої моделі. І вони літають!

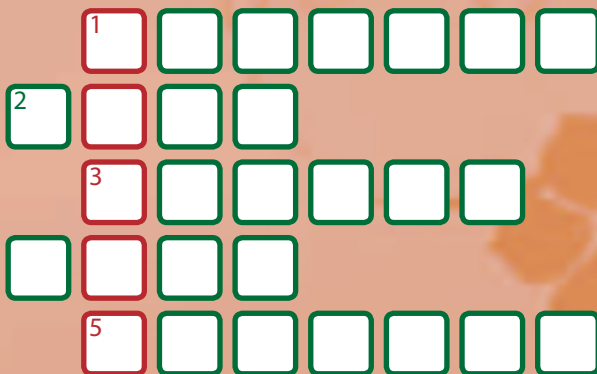
Але паливо — це ще не все. В одному з дослідних центрів створюють мобільні телефони, які працюватимуть не на стандартних батареях і акумуляторах, а на цукрі. Стверджується: ККД нового виробу буде перевищувати звичайні щонайменше у вісім разів. Фантастика!

Цікавий факт: у стандартній баночці «кока-коли» (0,5 літра) міститься рівно 16 кубиків цукру, або 7 повноцінних чайних ложок. А в «Пепсі» — усі 8 ложок. Це багато. Дуже багато. Тому будьте з подібними напоями обережніші.

Наталія Серова

## КРОСВОРД ЯКЩО ВИ УВАЖНО ЧИТАЛИ СТАТТЮ, ТО ВАМ БУДЕ ЛЕГКО.

1. Кондитерський виріб.
2. Українське місто, у якому встановлено пам'ятник цукру.
3. Мореплавець, який завіз цукор до Америки.
4. Одна з речовин, на яку розпадається цукор.
5. Цукор кубічної форми.



# САМОРОБНІ ІНДИКАТОРИ

---

*Колись було модно  
писати запрошення  
на пелюстках квітів.*

*До речі, писали їх,  
залежно від квітки  
й бажаного кольору  
натису, розчином  
кислоти або лугу,  
користуючись  
тонким пером або  
шпичкою.*



У хімічних лабораторіях часто користуються індикаторами для визначення середовища розчину: кислого, лужного, нейтрального. Слово «індикатор» у перекладі з латини означає «вказівник». Це органічні речовини, які можуть приєднувати йони  $H^+$  або  $OH^-$ . Залежно від того, який йон приєднала молекула індикатора, вона змінює свою структуру. У результаті ми спостерігаємо зміну кольору індикатора. Якщо індикатор містився в розчині — змінюється колір розчину, якщо він був нанесений на папір (індикаторний папір) — змінюється колір індикатора. Легко й зручно.

А чи можна одержати індикатори в домашніх умовах? Звичайно, так. Сировиною в цьому випадку будуть різні частини рослин. Важливо, щоби вони мали забарвлення, яке буде змінюватися залежно від середовища. Як правило, це частини рослин, забарвлені в темно-червоний або синій колір.

Так, сировиною для одержання індикаторів можуть бути червоні тюльпани, плоди чорноплідної горобини, чорниці, малини, вишні, чорної смородини, сік червоного буряка, квіти мальви й навіть чай каркаде, який роблять із квітів гібіскуса. Напевно, ви самі, трохи поекспериментувавши, знайдете ще природні індикатори в лісі, саду, городі, полі.

Речовини-індикатори містяться в клітинах рослин, і їх потрібно вилучити звідти. Це можна зробити по-різному: наприклад, з ягід, червоного буряку можна просто выдавити трохи соку. Сік слід розбавити водою так, щоби розчин став прозорим. ►

*Слово «індикатор» у перекладі з латини означає «вказівник». Це органічні речовини, які можуть приєднувати йони  $H^+$  або  $OH^-$ . Залежно від того, який йон приєднала молекула індикатора, вона змінює свою структуру. У результаті ми спостерігаємо зміну кольору індикатора.*

*Якщо індикатор містився в розчині — змінюється колір розчину, якщо він був нанесений на папір (індикаторний папір) — змінюється колір індикатора. Легко й зручно.*



З пелюстків квітів, чаю розчин індикатора можна одержати екстракцією, тобто просто залити окропом і дати настоятися. Розчинні речовини перейдуть у розчин — екстрагуються. Можна помістити частини рослин у водяну баню й там нагрівати доти, поки розчин не забарвиться. Водяну баню влаштувати зовсім просто: кладете в одну ємність досліджуваний матеріал, заливаєте водою, потім поміщаєте все це в ємність більшого розміру й ставите на вогонь (будьте обережні в поводженні з вогнем!). Такий розчин називають ще відваром.

Потім отримані розчини потрібно профільтрувати, злити в чистий посуд і зберігати в холодильнику. Пам'ятайте, що він легко може зіпсуватися, адже там немає консервантів. Краще відразу приступити до дослідів.

Візьміть три склянки. В одну налейте чистої кип'яченої води — це нейтральне середовище, в іншу — оцет, розчин лимонної кислоти. Це, звичайно, розчин з кислим середовищем. У третю склянку додайте розчин пральної або питної соди. Цей розчин має лужне середовище. Розчину потрібно зовсім небагато. Крапніть у кожен з них декілька крапель приготовленого вами індикатора. Як змінився колір розчину?

Якщо, наприклад, додати до них яскраво-синій відвар із квіток іриса, то під впливом оцту він стане червоним, соди — зелено-блакитним.

Результати всіх цих дослідів записуйте, краще за все, до таблиці (див. зразок).

Пропонуємо вам продовжити таблицю самостійно. Ці записи дуже знадобляться вам у подальших дослідженнях.



ПІВОНІЯ



ІРИС



## ЗАБАРВЛЕННЯ РОЗЧИНІВ ІНДИКАТОРІВ

| ІНДИКАТОР       | КОЛІР РОЗЧИНУ  |                         |                         |
|-----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|
|                 | ВИХІДНИЙ       | У КИСЛОМУ<br>СЕРЕДОВИЩІ | У ЛУЖНОМУ<br>СЕРЕДОВИЩІ |
| Виноградний сік | Темно-червоний | Червоний                | Зелений                 |
| Синій ірис      | Яскраво-синій  | Червоний                | Зелено-<br>блакитний    |

Розчином індикатора можна просочити смужки фільтрувального паперу (зроблені, наприклад, з фільтра для кави) і висушити їх. Такий папір зберігається довше, ніж розчин, і користуватися ним зручно. Папір, просочений відваром з темно-червоних пелюстків півонії, має фіолетовий колір.

У розчинах кислот він стає червоним, а в лужному середовищі — спочатку синім, а потім жовтим.

**З ІНДИКАТОРАМИ МОЖНА ПОКАЗАТИ ДОСИТЬ ЕФЕКТНІ ФОКУСИ. АЛЕ ПРО ЦЕ В НАСТУПНИХ НОМЕРАХ НАШОГО ЖУРНАЛУ.** ■



ЧОРНОПЛІДНА ГОРОБИНА

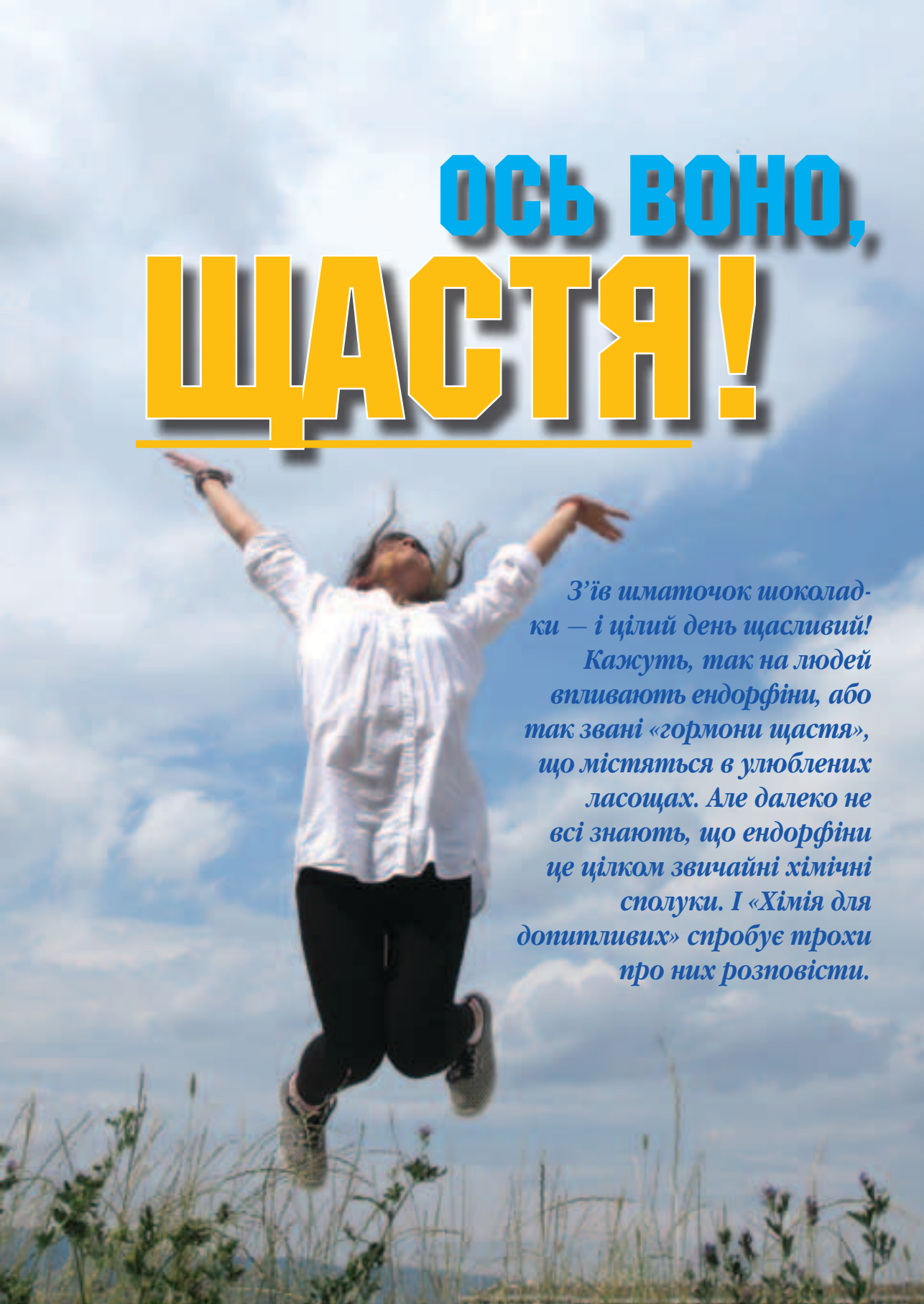


МАЛЬВА



# Ось воно, ЩАСТЯ!

---



*З'їв шматочок шоколадки — і цілий день щасливий! Кажуть, так на людей впливають ендорфіни, або так звані «гормони щастя», що містяться в улюблених ласощах. Але далеко не всі знають, що ендорфіни це цілком звичайні хімічні сполуки. І «Хімія для дотепливих» спробує трохи про них розповісти.*

## ЩО ТАКЕ ЕНДОРФІНИ ТА З ЧИМ ІХ ІДЯТЬ?

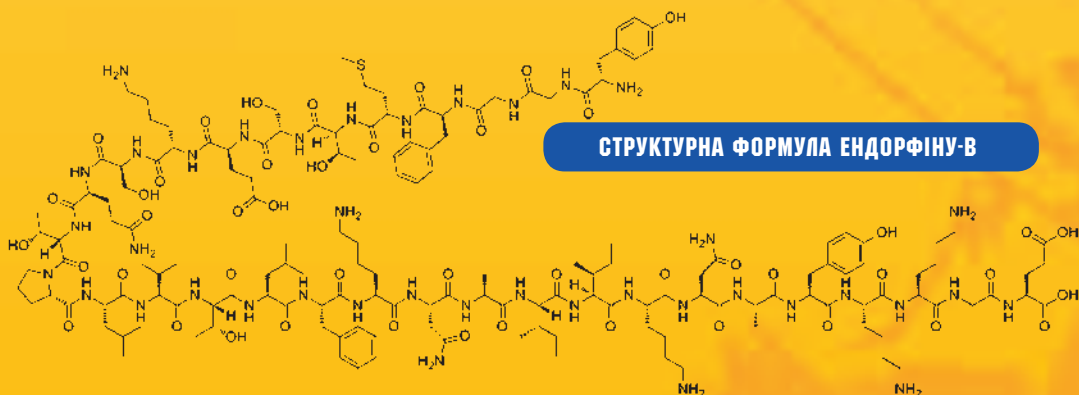
Ендорфін — представник групи біохімічних сполук, що природно виробляються в головному мозку й здатні блокувати больові відчуття й визначати емоційний стан людини. Ендорфіни виділяються з беталіпотрофіну (речовини, яку продукує гіпофіз). Гіпофіз, у свою чергу, підтримує гормональну рівновагу організму, а також «швидкою допомогою» для нашого тіла — у необхідних ситуаціях саме він виділяє необхідні активні речовини.

Механізм взаємодії ендорфіну з організмом доволі простий. Молекула ендорфіну зв'язується з рецептором, і починається активація певних зон кори головного мозку. Нервові імпульси, що передаються до спинного мозку, блокують больові сигнали, що надходять по волокнах вегетативної частини нервової системи. Людина, яка перебуває під впливом «гормонів щастя», не відчуває повною мірою ані болю, ані дискомфорту, ані інших

неприємних впливів ззовні, бо певні нервові рецептори виявляються заблокованими.

Через низький рівень «гормонів щастя» в організмі виникає депресія, апатія й навіть безпричинна туга. Ендорфін же приводить людину в стан ейфорії (блаженства). І навпаки: будь-які, навіть найнезначніші позитивні переживання підвищують рівень ендорфінів у крові.

Зустріти славнозвісний «гормон щастя» можна як у цілком очікуваних «місцях» (шоколад, морозиво, авокадо, червона смородина, молоко), так і в тих продуктах, які дуже складно назвати джерелами щастя. Так, наприклад, переможець «конкурсу гострот» перець чилі містить у собі солідну дозу ендорфінів. Не поспішай бігти на кухню, вибирати «найгарячіші» стручки й зі сльозами на очах поглинати благотворні ендорфіни — «пекучість» ніяк не пов'язана з концентрацією речовини, так що можеш обирати солодші стручки. Можна поласувати ендорфінами й з допомогою ще одного «сльозоточивого» продукту — звичайної гірчиці, доданої до улюбленої страви. Але є й більш гуманні ►



способи: картопля, наприклад, є відмінним джерелом калію, вміст якого в організмі стрімко зменшується під час стресу. (Тепер, я сподіваюся, ти розумієш, чому всі так сильно люблять смажену картопельку.)

## «ГОТУЄМО» ЕНДОРФІНИ В ДОМАШНІХ УМОВАХ

Але не будеш же постійно їсти, щоби зняти стрес, — так і до великих проблем



МОРОЗИВО, ПЕРЕЦЬ ЧИЛІ  
ТА АВОКАДО — ПРИРОДНІ ДЖЕРЕЛА  
ЕНДОРФІНУ



зі здоров'ям недалеко. Тому «Хімія для допитливих» підготувала для тебе кілька «неїстівних рецептів» одержання ендорфінів:

1. Одним із найкращих способів видобутку «гормону щастя» є спорт (до речі, й калорійність смаженої картопельки він компенсує). Особливо корисно займатися бігом, плаванням і тенісом. Під час тривалого тренування ти відчуєш, так би мовити, «абсолютний кайф» — це і є сигнал того, що відбувся викид ендорфінів у кров.

2. Хочеш щастя? Шукай нових вражень! Похід до театру, концерт улюбленого виконавця, екскурсія до незнайомого міста — чудові джерела ендорфінів. Але, на жаль, не щодня люди можуть себе таким побалувати. Більш доступним джерелом «гормону щастя» є улюблена музика, а найбільше та (не дивуйся!), яка викликає в тебе сльози.

3. І найголовніше: завжди налаштовуйся позитивно! На перший погляд це здається дуже складним, мовляв, «якщо мені погано, як я можу переконувати себе у зворотному?». На практиці все значно простіше: треба просто навчитися контролювати свої думки. Якщо ти раптом помічаєш, що в тебе виникає дуже погана думка, намагайся замінити її на хорошу. Це стимулюватиме відчуття щастя: ти не встигнеш і оком мигнути, як помітиш, що твій настрій покращився!

Тож «їж» ендорфіни, стимулуй їх викиди йі бувай щасливий!

Анна Кутас



# ЗАДАЧА

У лабораторії знадобилося приготувати  $100 \text{ см}^3$  підкисленого розчину ферум(II) хлориду з концентрацією  $0,1 \text{ моль/дм}^3$ . Для цього в  $100 \text{ см}^3$  концентрованої хлоридної кислоти розчинили порошок заліза. Для прискорення реакції порошок узяли у великому надлишку. Як, не користуючись хімічним аналізом, визначити, що концентрація ферум(II) хлориду досягла  $0,1 \text{ моль/л}$  і розчин уже час зливати з решток порошку заліза?

(Відповідь див. на останній сторінці.)

**ОСНОВА**

**ЗНАЮ КАК**

- Як стати популярним у колі однолітків
- Як знайти спільну мову з педагогами
- Як подолати комплекси
- Як навчитись учитися
- Як відстоювати свої права

Школа — невід’ємна складова життя кожної людини. Як зробити перебування в ній корисним і приємним? Як знайти спільну мову з педагогами та однолітками? Як захиститися від можливого свавілля з боку вчителів та однокласників? Усі ці запитання можна звести до одного: «Як вижити в школі?» Наша книга відповість на ці запитання і допоможе стати впевненою в собі особистістю.

**КАК ВЫЖИТЬ В ШКОЛЕ**

- як стати популярним у колі однолітків
- як знайти спільну мову з педагогами
- як подолати комплекси
- як навчитись учитися
- як відстоювати свої права

**ЗАМОВЛЯЙТЕ ЗАРАЗ**

- за тел.: (067) 731-96-35
- за адресою: 61001, м. Харків, вул. Плеканівська, 66, ВГ «Основа»
- на сайті [www.osnova.com.ua](http://www.osnova.com.ua)
- SMS-замовлення надсилайте на номер (067) 572-30-37

Вартість поштової доставки — 7,45 грн

Діана В. А.  
Діагностика В. А.  
Вік: 223112, 128 с.  
1998



# ПЕЧЕРА ГІГАНТСЬКИХ КРИСТАЛІВ НАІК



Гіпс. Що приходить в голову, коли ви вимовляєте це слово? Гіпсові пов'язки, декоративні вироби з гіпсу, будівельний матеріал ..... Все таке буденне. А ось вам загадка природи з гіпсу!

Надзвичайна загадка природи: печера гігантських кристалів Наїк.

На фотографії люди в термоізолюючих помаранчевих костюмах вивчають печеру, пробираючись крізь товщу велетенських кристалів. Ці абсолютно неймовірні гігантські «колони», цілком реальні.

Шахта, в якій знаходяться такі монументальні кристали, знаходиться на глибині 304 метри під мексиканським містом Наїк.

Це надзвичайне природне явище було виявлено в 2000 році, після чого в «кришталевий палац» направили кілька експедицій. У 2008 і 2009 році біологами проводилися дослідження підземної печери. Вони вивчали тваринний світ. Поки ніяких

статей з цього приводу ними опубліковано не було. У своїх коментарях вчені говорять тільки, що світ живої природи в цій печері незвичайний.

Кристали, що нагадують замерзлі промені світла, складаються з гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). За умови наявності певних факторів цей мінерал набуває кристалічна будова, переходячи в нову структурну різновид — селеніт. Незважаючи на те, що в природі цих формувань немає нічого незвичайного, їх гігантський розмір є безпрецедентним. Що ж до габаритів самої підземної печери, то по площі її можна порівняти з футбольним полем, а по висоті — з двоповерховим будинком.

Багатогранні колони здаються крижаними, але це оманливе враження: насправді підземна камера являє собою дуже жарке і задушливе місце. Під впливом глибинних потоків магми повітря в печері нагрівається до 48 градусів Цельсія, а рівень вологості досягає 90%. Такі умови смертельно небезпечні для людини: пробувши в печері трохи більше шести хвилин без спеціального обладнання, людина втрачає здатність орієнтуватися в просторі; в свою чергу, 30 хвилин чреваті летальним результатом. За словами астробіолога Пенелопи Бостон (Penelope Boston) печера є «жахливим і, в той же час, чарівним» місцем. ■



# СІЛЬ + КИСЛОТА = ОСНОВА?

Що таке парадокс? Це те, що суперечить здоровому глузду. А що таке здоровий глузд у хімії? Це загальноприйняті правила, теорії, закони, хімічні властивості речовин і т. д. Але немає правил без винятків. Наприклад, деякі речовини за певних умов можуть поводитися незвичайно, тобто не вступати в характерні для них реакції або, навпаки, реагувати з речовинами зовсім не так, як пропонують правила (тому дуже важливо звертати увагу, за яких умов відбувається реакція, яка речовина використана як розчинник і т. д.). От так виникають хімічні парадокси, йдуть реакції, яких «не буває».

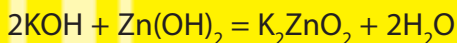
Розглянемо приклад.

## ПАРАДОКС

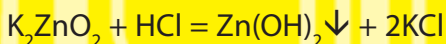
У разі додавання хлоридної кислоти до солі металу випадає осад його гідроксиду.

На перший погляд, така реакція здається зовсім неможливою. Усе-таки гідроксиди металів реагують із кислотами!

І звідки взагалі візьметься гідроксид? Адже в реакцію вступають сіль і кислота! Але все стає на свої місця, якщо згадати, що є амфотерними гідроксидами, які легко розчиняються в надлишку лугу з утворенням солей, наприклад:



Отриманий натрій цинкат реагує, наприклад, із хлоридною кислотою:



Тому в разі обережного підкислення цієї солі буде випадати осад цинк гідроксиду. Цю реакцію потрібно проводити дуже обережно, тому що за надлишкової кількості кислоти відбудеться розчинення осаду цинк гідроксиду:



А на початку експерименту яким це здавалося фантастичним: сіль плюс кислота — гідроксид! ■



# Невідомі пригоди **ШЕРЛОКА ХОЛМСА**

---

*Хто з вас  
не любить  
детективи?  
А що може  
бути  
цікавіше,  
ніж сюжет,  
заснований  
на знанні  
хімії?*



Не перший рік Шерлок Холмс ганявся за невловимим професором Моріарті. Професор, відчувачи, що Холмс буквально наступає йому на п'яти й от-от заарештує, у паніці кидається бігти на край світу — у крижану пустелю Гренландії.

І от чергова дія цієї драми відбувається на фоні неозорої криги. Холодний вітер пронизує наскрізь. На тисячі миль навколо немає людського житла.

У цих жорстких умовах ідуть випробування нових машин — всюдиходів. Їх лише два. Професор Моріарті, приспавши тільки йому відомою речовиною всю команду випробувачів, викрадає всудихід і мчить на ньому до узбережжя, де на нього чекає пароплав зі спільниками. Холмс і вірний йому доктор Ватсон спізнюються буквально на кілька хвилин — ще сніг клубиться за всудиходом, на якому зник професор.

— Що ж робити, Холмсе? — запитує доктор Ватсон.

— Уперед і тільки вперед! — відповідає невтомний сищик. — Беремо інший всудихід — і за ним!

Починаються перегони: хто ж переможе? Усе вирішать найближчі години. Але що ж це? Двигун всудихода, на якому Холмс і Ватсон уже доганяли ворога, раптом перестає ритмічно працювати, з вихлопної труби валить чорний дим, ще два-три рази машина невпевнено взривіла й... стихла.

— Що ж робити, Холмсе? — тривожно запитав доктор Ватсон.

— Я вивчав двигуни внутрішнього згоряння, — упевнено говорить ерудований сищик, — гадаю, що розберуся.

Через півгодини було зрозуміло, що відбулося. Підлий професор Моріарті підсипав у бензобак всудихода цукор! Ну, звичайно, він же мав забезпечити свою безпеку й усунути суперника!

— Що ж робити, Холмсе? — закричав доктор Ватсон.

— Із двигуном я впораюся, — спокійно відповів талановитий сищик.

— А як очистити бензин від цукру? У нас немає запасу чистого бензину! Моріарті знову піде! — панікує доктор Ватсон.

— Якщо ви пам'ятаєте, Ватсоне, я дуже старанно займався хімією. У кабіні всудихода є газовий пальник і якісь залізні ємності. Мені цього досить, щоб одержати чистий бензин, — відповів упевнений Холмс.

— Ви хочете перегнати бензин, підігрівачи його на пальнику?

— Ну що ви, Ватсоне! Так ми ризикуємо вибухнути. Є куди простіший і надійніший спосіб...

*Який спосіб очищення бензину від розчиненого в ньому цукру пропонує Холмс? У його розпорядженні є тільки згадані в розповіді речі й речовини.*

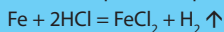
*Чому двигун всудихода стих?*

**ХОЛМС УПОРАВСЯ З ТРУДНОЩАМИ Й МАЙЖЕ НАЗДОГНАВ ПРОФЕСОРА МОРІАРТІ. МАЙЖЕ... ЦЕЙ ГЕНІЙ ЗЛА ЗНОВУ ВСТИГ УТЕКТИ. І НА НАС ЧЕКАЮТЬ ПОДАЛЬШІ ПРИГОДИ.**



## РОЗВ'ЯЗАННЯ ДО ЗАДАЧІ ЗІ СТ. 21

Запишемо рівняння реакції:



Утворення ферум(II) хлориду супроводжується виділенням водню, причому, згідно з рівнянням, число моль водню, який утворився, дорівнює числу моль отриманої солі.

Обчислимо кількість речовини солі в 100 см<sup>3</sup> розчину, для цього складемо пропорцію:

у 1000 см<sup>3</sup> міститься 0,1 моль

у 100 см<sup>3</sup> — х моль

Виходить, що в 100 см<sup>3</sup> розчину з концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup> ферум(II) хлориду міститься 0,01 моль цієї солі. Таким чином, число моль водню, який виділився, також дорівнює 0,01, а за н. у. він займе об'єм, який дорівнює 22400 см<sup>3</sup> • 0,01 = 224 см<sup>3</sup>.

Якщо збирати водень у мірну бюретку, то розчин необхідно буде злити із залізного порошку в той момент, коли об'єм газу досягне 224 см<sup>3</sup>.

### ЗАУВАЖЕННЯ

1) Слід ураховувати, що цей об'єм водню відповідає нормальним умовам, тобто температурі 273 К (0 °С) й тиску 101,3 кПа (1 атм.). Якщо в лабораторії умови вимірювання відрізняються від нормальних, то слід здійснити перерахунок за об'єднаним законом для газів:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$$

2) У результаті часткової заміни хлоридної кислоти на ферум(II) хлорид кінцевий об'єм розчину не буде так само дорівнювати 100 см<sup>3</sup>, і точність вимірювання внаслідок цього незначно знизиться.

## «ХІМІЯ ДЛЯ ДОПИТЛИВИХ»

Один випуск на місяць, індекс 49669

Засновник ТОВ «Видавнича група «Основа»»

Свідоцтво **серія КВ № 16551-5023Р** від 08.04.2010

Головний редактор: *Тамара Гранкіна.*

Дизайн та верстка: *Олексій Пилипенко.*

Редакція може не поділяти точку зору автора.  
Автори публікацій відповідають за достовірність фактів, цитат, власних назв.

Відповідальність за рекламну інформацію несе рекламодавець.

Рукописи не рецензуємо і не повертаємо.

Адреса для листування:

«Історія для допитливих»

61001, вул. Плеханівська, 66, «ВГ «Основа»»

Тел. (057) 731-96-33

e-mail: [chemy@osnova.com.ua](mailto:chemy@osnova.com.ua)

[www.osnova.com.ua](http://www.osnova.com.ua)

Виготовлено в друкарні «Тріада+»

м. Харків, вул. Киргизька, 19, тел. (057) 757-98-16,  
тел/факс (057) 703-12-21

Підписано до друку 19.07.2011

Формат 70х100/16. Папір крейдований.

Гарнітура «Myriad». Друк офсетний.

Умовн. друк. арк. 2, 6.

Зам. № 11-07/20-05.

Використано матеріали сайтів:

[wikipedia.org](http://wikipedia.org), [wikimedia.org](http://wikimedia.org), [nobelprize.org](http://nobelprize.org), [web.uvic.ca](http://web.uvic.ca),  
[aquaamerica.wordpress.com](http://aquaamerica.wordpress.com), [shutterstock.com](http://shutterstock.com)

Усі права захищені.

Будь-яке відтворення

матеріалів або фрагментів із них можливе лише за наявності письмового дозволу ТОВ «Видавнича група «Основа»»

@ТОВ «Видавнича група «Основа»», 2011 р.