

С В І Т

# ФІЗИКА

№1 '99

науково-популярний журнал



● Кінець фізики,  
чи початок нової?

● НОВІ РУБРИКИ:  
університети світу  
нобелівські лауреати



# V Соросівська олімпіада школярів України



Директор ЛФМЛ  
М.С.Добосевич

На початку листопада 1998 року в старовинному Львові відбувся фінал V Соросівської олімпіади школярів України. Учасників олімпіади гостинно прийняв Львівський фізико-математичний лицей при Львівському державному університеті ім. Івана Франка. В заключному етапі олімпіади взяли участь 177 школярів з усіх регіонів України.

Організатори олімпіади приклали багато зусиль, щоб учасникам та членам журі залишились в пам'яті добрі спогади про Львів, його старовинні вулиці, історичні місця, музеї та театри, за що слід подякувати дирекції та вчителям лицю.

## Переможцями V Соросівської олімпіади з фізики стали:

**9 клас**  
Ніколаєнко Сергій (Харків) — 1-е місце,  
Назарук Олександр (Рівне),  
Григор'єв Ігор (Артемівськ) — 2-е місце,  
Євтушинський Данило (Київ),  
Майзеліс Захар (Харків),  
Надашківський Олексій (Київ) — 3-е місце.

**10 клас**  
Ковалишин Євген (Вінниця) — 1-е місце,  
Волчков Сергій (Черкаси),  
Опекунов Олександр (Львів) — 2-е місце,  
Белецький Олег (Кузнецовськ),  
Кутафін Юрій (Київ), Чиркін Сергій (Київ) — 3-е місце

**11 клас**  
Бойко Павло (Вінниця) — 1-е місце,  
Галянт Валерій (Вінниця),  
Мірошниченко Олег (Дніпродзержинськ) — 2-е місце,  
Захожий Денис (Жовті Води),  
Тертичний Максим (Полтава),  
Слойко Максим (Київ) — 3-е місце

Приємно відзначити, що серед переможців олімпіади є учні Львівського фізико-математичного лицю. Учень 10-го класу Опекунов Олександр здобув II-е місце з фізики, одинадятикласник Давидов Максим виборов II-е місце з математики (як і в двох попередніх олімпіадах). Успішно виступили учні лицю з біології: першими стали — Левицький Роман (11 кл.) та Панчук Ростислав (10 кл.), серед дев'ятикласників III-е місце виборов Коник Віталій, яким допомагав готуватись до олімпіади вчитель біології Муращук М.М. А загалом у фіналі брали участь 14 учнів Львівського фізико-математичного лицю.



Олімпіада дає можливість зустрітись талановитим школярам з відомими вченими, поспілкуватись між собою, знайомитись з історичними та культурними надбаннями різних регіонів України. Змагання такого творчого віда є гарним стартом на життєвому шляху її учасників. Зичимо їм нові творчі успіхи і перемоги у наступних змаганнях!

Журнал "СВІТ ФІЗИКИ",  
реєстраційне свідоцтво № КВ 3180  
від 6.11.1997 р.

Засновники:  
Львівський держуніверситет  
ім. Ів. Франка,  
Львівський фіз.-мат. ліцей,  
СП "Євросвіт"

Передплатний індекс 22577

Головний редактор

**Іван Вакарчук**

заступники гол. редактора:

**О. Гальчинський,**

**Г. Шопа**

Редакційна колегія:

**О. Біланюк**

**М. Бродин**

**П. Голод**

**С. Гончаренко**

**Я. Довгий**

**І. Климичин**

**Ю. Ключковський**

**Б. Лукіянець**

**Ю. Ранюк**

**Й. Стахіра**

**Р. Федорів**

Художник **Володимир Гавло**  
Комп'ютерний набір і верстка  
СП "Євросвіт"

Адреса редакції:

м. Львів, вул. Січових Стрільців, 19,  
тел./факс 380 322 72 37 04,  
sach@lpml.lviv.ua

Адреса для кореспонденції:

290602, м. Львів,  
вул. Університетська, 1  
редакція журналу "Світ фізики"

## Шановні читачі!

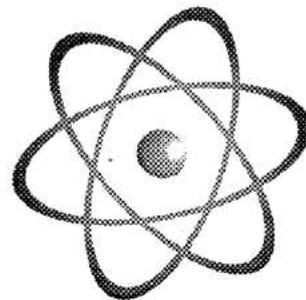
З цього числа журнал "Світ фізики" став доступним широкому загалу читачів України. Його можна передплатити на будь-якій пошті у великому місті, чи маленькому селі. Можливо, що дехто з Вас вперше гортає його сторінки і запитує себе, про що цей журнал, яка його спрямованість?

Зрозуміло, що наріжним каменем всіх публікацій є фізика. Для багатьох поняття "фізика" утотожнюється з поняттям "знання". Так ось, фізика, як одна із наук, які динамічно розвиваються, яка охоплює велику різноманітність явищ від загальновідомих до дуже тонких і специфічних, є прекрасним інструментом, який допоможе відточити свій розум, перевірити свою інтуїцію, навчить аналізувати складні проблеми, розв'язувати нестандартні ситуації.

Фізика показує нам, який великий і водночас близький до людини світ, в якому ми живемо. Фізика дає змогу людині відчувати свою велич, надзвичайну силу свого розуму, робить її наймогутнішою істотою у світі.

Ось так можна сформулювати концепцію журналу в широкому розумінні. В більш вузькому — він повинен вести читача у світ фізичної науки, допомогти йому орієнтуватися в ньому, виявляти свої здібності й випробовувати сили в олімпіадах, турнірах, науковій роботі, знайти свою дорогу в житті.

*Редколегія*



## 1. Нові і маловідомі явища з фізики

Біланюк Олекса. На обр'ях фізики

3

## 2. Про фізиків України

Ранюк Юрій. ННЦ Харківський фізико-технічний інститут

8

Шевчук Володимир. Борис Грабовський і виникнення телебачення

10

## 3. Фізика світу

Шопа Галина. Альберт Айнштайн

14

## 4. Університети світу

Києво-Могилянська Академія - перша українська вища школа

19

## 5. Нобелівські лауреати

О. Гальчинський, Л. Монастирський. Тунельний мікроскоп

24

## 6. Олімпіади, турніри...

Кремінський Борис. XXXV Всеукраїнська та XXIX Міжнародна олімпіади юних фізиків

27

Умови задач Всеукраїнської олімпіади з фізики за 1998 р.

29

Умови задач олімпіади з фізики школярів Львівщини за 1998 р.

32

## 7. Творчість юних

Філінчук Ярослав. Хімічна речовина в світлі x-променів

34

## 8. Розв'язки задач

Всеукраїнська олімпіада з фізики (1998)

38

IV Соросівська олімпіада школярів

України (закінчення)

41

## 9. Інформація

Науковому товариству ім. Шевченка - 125 років

44

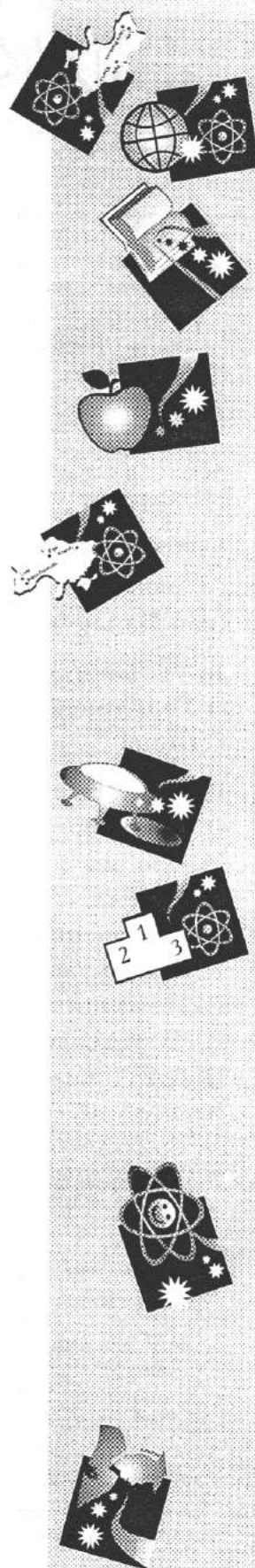
## 10. Гумор

47

## 11. Реальність та фантастика

Роман Паславський. Гарячий лід-2

48





Редакція зберегла правопис автора, який характерний науковій мові українців Америки. Олекса Біланюк є президентом Української Вільної Академії Наук, однієї з найперспективніших наукових установ діаспори, віце-президентом Світової Ради Наукового Товариства ім. Шевченка, іноземним членом Національної Академії Наук України. У грудні 1998 року проф. О. Біланюк побував на Україні, де брав участь в урочистостях, присвячених 80-ти річчю НАН України.

Нагадуємо нашим читачам, що детальніше про цього ученого можна прочитати в журналі "Світ фізики" (1997, № 2).

## НА ОБРІЯХ ФІЗИКИ

ОЛЕКСА БІЛАНЮК

### Від атома до кварка

Ще не так давно вважалося, що основними складниками матерії є атоми. Атоми уявлялися, як мініатюрні "планетарні" системи, в яких навколо ядер кружляють електрони. В свою чергу вважалося, що складниками ядер є протони і нейтрони. Хоча таке уявлення подекуди все ще є корисною моделлю побудови матерії, цей образ зазнав далекоіснуючого поглиблення. Виявилось, що протони й нейтрони не є фундаментальними, бо вони самі складаються з т. зв. *кварків*, які "зліплені" т. зв. *глюонами*. Так що, основними і неподільними складниками повсякденної матерії тепер вважаються електрони і кварки. Встановлено, що з кварків складаються не лише протони і нейтрони, але і весь "звіринець" коротко-живучих частинок, що спостерігаються у космічних променях і у прискорювачах при високо-енергетичних реакціях. Серед відомих стабільних частинок залишились неподільними, тільки основні кварки, електрони, фотони й найлегше нейтрино. Квантова теорія поля, що називається *стандартною*, охоплює усі частинки та сили, що діють між ними. Досі усі передбачення цієї теорії — здійснювалися.

### Чи і кварки складені?

Та вже на горизонтах фізики з'явилася нова, *суперсиметрична* теорія, згідно ціла низка споріднених суперсиметричних теорій, з яких виходить, що навіть кварки, мабуть, не є фундаментальними частинками. Експериментальні натяки на те, що стандартна теорія можливо не є вповні правильною, зовсім недавно з'явилися при високо-енергетичних (300 GeV) зіткненнях зустрічних пучків позитронів і протонів у прискорювачі HERA (Hadron-Electron Ring

Accelerator) біля Гамбургу в Німеччині. Спостережено неочікуване збільшення появи т. зв. "кваркових джетів". У першій фазі цих досліджень, з 1994 до 1996 року, спостережено 24 такі явища, замість передбачених стандартною теорією  $14 \pm 1$ . Такий факт можна пояснити двома припущеннями: або це лише випадкове статистичне відхилення, або ці додаткові джети походять з появи нових, передбачених суперсиметричними теоріями, частинок. Дослідження наполегливо продовжуються.

### На шляху до всеохопної теорії взаємодії

Суперсиметричні теорії народилися у намаганні об'єднати усі частинки і їхні взаємодії в одну всеохопну теорію. Ще до недавня вважалося, що сили, якими частинки матерії взаємодіють між собою, поділяються на чотири, одна від одної незалежні, категорії: сильну ядерну силу; слабку ядерну силу; електромагнетні сили; і силу тяжіння (гравітації). Та виявилось, що ці взаємодії не такі вже самостійні. Першою стратила свою окремішність слабка ядерна сила. У поширеному математичному формулюванні вдалося довести, що при високих енергіях електромагнетизм і слабка ядерна сила є виявами одної взаємодії. Наслідок цього об'єднання прийнято називати *електро-слабкою* (electro-weak) взаємодією.

Згодом після цього здійснено "велике об'єднання" (grand unification) у рамках згаданої вже *стандартної* теорії, коли доведено, що при достатньо високих енергіях три перші взаємодії (слабка і сильна та електромагнетна) є лише різновидами одної і тої ж універсальної взаємодії. Непохитне



переконав Альберта Айнштейна, що усі фізичні сили є лише відмінними аспектами одної, єдиної всеохопної взаємодії, зближається щораз то ближче до здійснення. Та за “велике об’єднання”, довелося заплатити досить високу ціну: воно передбачає, що навіть протон є радіоактивний — він мав би розпадатися з часовою константою  $\tau_{1/2} = 10^{30}$  років. Та журитися, що протони, з яких ми у великій мірі складені, швидко розпадутся, і ми з ними, поки що нема потреби, бо  $10^{30}$  років це на  $10^{20}$  років довше, ніж існування нашого Всесвіту...

Вперто стоїть на перепоні до повного об’єднання лише Айнштейнова теорія тяжіння. Її ніяк не вдається безпротирівно вкласти у квантовий формалізм стандартної теорії. Можна вважати парадоксом, що від самого початку їхнього створення у першій чверті ХХ-го сторіччя, два головні стовпи, на яких оперта сучасна фізика — загальна теорія відносності та квантова механіка — були, і поки що все ще є, несумісними. Додаткова трудність полягає в тому, що гравітаційна взаємодія між протоном і електроном в атомі водню є на  $10^{38}$  разів слабша від електромагнетної. Взяти її під увагу це так, якби при обчислюванні потужности урагану пробувати врахувати і внесок руху повітря внаслідок руху крил комара...

### Струни й барабани

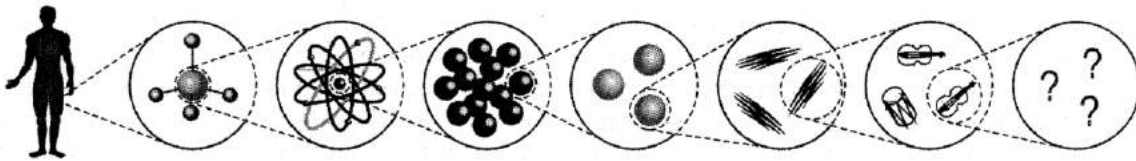
Та наперекір усім таким труднощам, на обріях фізики вже видніє надія, що навіть з цього тупика можна буде знайти вихід. Шлях до можливої розв’язки веде через одиссеї різних “теорій струн” (string theories), згідно з якими основними складниками усіх частинок є малесенькі (довжиною  $10^{-33}$  см) струни, що вібрують у десяти вимірах. Хоча математика в цих теоріях невмолимо складна, сама ідея, що зародила ці теорії, зовсім доступна: вібруюча струна має свою основну частоту і низку вищих гармонічних частот. На рівні квантової механіки з частотою  $f$  є пов’язана енергія  $E = hf$ , де  $h$  - це константа Планка. В свою чергу ми маємо, згідно з Айнштейном,  $E = mc^2$ . З цього бачимо, що кожній частоті

відповідає маса  $m = hf/c^2$ . Саме тому струна може грати роль частинки. Насправді справи набагато складніші, бо маса не є єдиною прикметою частинки...

Ці теорії вже пережили дві “революції” (зміни напрямку) — одну в 1970-их і другу в 1980-их роках, а зараз проходять посилені намагання виявити з поміж них найбільш обіцяючу. Тепер основні частинки вже не звуки струн, а гук барабанів, бо головну роль в цій теорії вже грають малесенькі вібруючі мембрани (“branes”), деякі з них, т. зв. поверхні Дирихлета (D-branes), з дивовижними прикметами мініатюрних “чорних дірок”. З найбільш надійних п’яти теорій струн і незалежної від них теорії “супертяжіння” (theory of supergravity) ви-кристалізується одна об’єднана теорія, що її звать “теорією М” (M-theory). Професор Едвард Віттен (Edward Witten), один з найвизначніших дослідників теорії струн, пояснює, що “М” означає, залежно від вашого вибору, Магію, або Містерію, або Мембрану. Беручи під увагу математичну головоломність та райдужні перспективи цієї теорії, багато фізиків схиляються скоріше до вибору одного з двох перших значень.

### Частинки і “клей”, що їх зліплює

Щоб отримати хоча б схематичне уявлення про суть суперсиметричних теорій, треба пригадати, що згідно з прийнятою моделлю, кожна із окремих чотирьох сил, яка діє між частинками-складниками матерії, спрацьовує завдяки частинкам-носіям цієї сили. Між усіма, без винятку, частинками діє сила тяжіння. Згідно з Айнштейновою теорією, частинками-носіями гравітаційної сили є, досі ще не спостережені, *гравітони*. Між усіма частинками, що мають електричний заряд, діє електромагнетна взаємодія. Носіями електромагнетної взаємодії є *фотони*. Частинки, що поряд з гравітаційною і електромагнетною силами, взаємодіють слабкою (але не сильною) ядерною силою, називаються *лептонами*. До лептонів належить родина електронів (повсюдний стабільний електрон та два його важкі коротко-живучі “брати”, мюон і тау, та споріднене з ними неутріно). Слабка



ядерна сила передається між ними т.зв. частинками  $W$  і  $Z$ . Частинки, що взаємодіють між собою насамперед сильною ядерною силою, це *кварки*. Сильна взаємодія між кварками передається *глюонами*.

### Племена частинок

Усі ці частинки відрізняються між собою відмінними прикметами. Однією такою прикметою є електричний заряд. Маємо частинки позитивні, негативні та нейтральні. Симетрія, яка існує у зв'язку із електричним зарядом зумовляє, що для кожної частинки з даним електричним зарядом існує частинка-близнюк. Ця т. зв. *античастинка*, яка відрізняється від свого партнера переважно лише тим, що вона має протилежний електричний заряд. (Згадані вгорі, у зв'язку із прискорювачем "HERA", *позитрони* є античастинками електронів). Отож, частинки ділимо згідно з їхнім електричним зарядом на позитивні, негативні та нейтральні, а також на частинки і античастинки. (Деякі нейтральні частинки, наприклад фотони, є своїми античастинками).

Як уже згадано, родина частинок, що взаємодіє слабкою ядерною силою, це *лептони*, частинки, що взаємодіють сильною ядерною силою, це *гадрони*.

Іншою важливою прикметою частинки є її маса. Наприклад, електрон має масу приблизно 1836 разів меншу від протона. У нейтріно маса зовсім незначна — до недавня вважалось, що нейтріно взагалі не мають маси спокою, що вони, так як фотони, існують лише на швидкості світла. Частинки, що їх можна сповільнити і "зважити", тобто частинки, які г. о. діють масою спокою, називаються *тарбонами*; частинки без маси спокою (фотони і глюони), що приречені існувати лише на швидкості світла — це *люксони*. (Ще не відкриті гіпотетичні частинки, які могли б існувати лише по той бік швидкості світла, прийнято називати *тахіонами*).

Щоб в'яснити, як кварки творять нуклони (протони й нейтрони), та безліч ефемерних елементарних частинок (баріонів і мезонів), треба було усвідомити собі, що кварки, крім маси й електричного заряду, мають ще інші, такі ж основні, прикмети. Ці прикмети отримали назви: смак (*flavor*) та кольоровий заряд (*color charge*). Кварки діляться на три *покоління* (*generations*), а кожному поколінню відповідають два смаки. Значення цих термінів у фізиці не має нічого спільного з їхнім звичайним значенням — багато термінів у модерній фізиці постало жартома.

Та, без сумніву, найбільш значною є класифікація частинок на *бозони* і на *ферміони*. Усі частинки характеризуються їхнім внутрішнім обертовим імпульсом, т. зв. спіном  $s$  (*spin*). Квантова одиниця спіну дорівнює константі Планка

$$\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с.}$$

Усі частинки, що в цих одиницях мають половинчастий спін ( $s = 1/2, 3/2, 5/2, \dots$ ) називаються *ферміонами*. Це частинки з яких складається матерія — здебільшого кварки й електрони. Згідно з квантовою теорією, ферміони повинуються "принципові виключення" (*exclusion principle*): дві ідентичні частинки не можуть знаходитися в той самий час на тому самому місці. Завдяки цьому принципові матерія має об'єм. В свою чергу, усі частинки-носії взаємодій — глюони, фотони,  $W^+ Z^0 W^-$ , та гіпотетичні гравітони — усі вони мають цілий спін ( $s = 0, 1, 2, \dots$ ) та називаються *бозонами*. На бозони принцип виключення не діє.

### Суперсиметрія і дуальність

У 1917 р. Амалія Еммі Нитер (*Amalie Emmy Noether*) показала, що збереження таких величин, як маса, електричний заряд, імпульс, є наслідком симетрій. Ми знаємо, що енергія зберігається внаслідок того, що закони фізики симетричні в часі,



що вони такі ж сьогодні, якими були вчора і якими будуть завтра. Імпульс зберігається, бо закони фізики є симетричними в просторі — вони ті самі в лабораторіях у Львові, як і в Києві. Симетрія, яку 1928 року відкрив англійський фізик Пол Дірак (Paul Adrien Maurice Dirak) у релятивістському рівнянні електрона, вказала на те, що існує “дзеркальний” світ згаданих вище античастинок. Це лише приклади того, що симетрія і перетворення, які її виявляють, відіграють ключову роль у фізиці.

Під час праці над теоріями струн виявилось, що дальшому розвитку цих теорій допомогло б існування нової, досі ще не спостереженої, симетрії. Йдеться про симетрію до певної міри аналогічну до симетрії між частинками й античастинками, лише в цьому випадку симетрія відноситься не до заряду, а до спіну частинок. Згідно з цією симетрією, для кожного бозона існує невідкритий ще партнер-ферміон, тотожний зі своїм бозоном за всіма ознаками, за винятком спіну, який у нього на  $1/2$  одиниці менший. І навпаки: для кожного нам відомого ферміона мав би існувати неспостережений ще партнер-бозон. Таку симетрію названо *суперсиметрією*.

Слід згадати ще другий підхід, що характеризує суперсиметричну теорію струн і мембран (М-теорію). Йдеться про *дуальність* (duality). Відомо, що рівняння Максвелла були б повністю симетричні, якщо б існував т. зв. магнетний монополь — аналогічний до електричного заряду магнетний заряд. Тоді у рівняннях Максвелла можна б переставити заряди і поля та отримати рівняння такі ж придатні до розв’язування задач, як і первісні рівняння. Отака можливість називається дуальністю. У роботі над теоріями струн виявилось, що існує багато випадків, коли за допомогою дуальності вдається знайти розв’язок набагато легше, ніж оригінальним шляхом. Цей метод опанував дослідженнями суперсиметричних теорій настільки, що зараз чи не частіше говориться про дуальні, ніж про суперсиметричні, теорії.

Якщо суперсиметрична теорія себе накінець повністю виправдає, вона в розвитку теоретичної фізики стане таким же наріжним каменем, як Ньютонові закони, поєднання електрики й магнетизму в теорії Максвелла, теорії відносності, квантова механіка.

Однак, у народженні суперсиметричної теорії бере участь безліч повитух і ці роди довгі та важкі, що не відомо коли, і як вони закінчаться. І це не дивно. Праця над цією всеохопною теорією вимагає докорінного знання квантової теорії поля, квантової хромодинаміки, теорії відносності, тяжіння і солітонів та математичного апарату, від теорії груп до топології.

### Завдання для XXI століття

Суперсиметричні теорії струн, а саме, дуальна суперсиметрична “теорія М”, робить два незвичні передбачення:

1. В основі кварків, і усіх інших частинок, знаходяться *одновимірні струни* (strings) та *двовимірні, мембрани* (branes).

2. Як для кожної частинки існує її античастинка, так для кожного ферміона існує його *партнер бозон, і навпаки*.

Перше передбачення поки що перевірити неможливо. Найменші розміри, що їх можуть “нащупувати” сьогоднішні прискорювачі є порядку  $10^{-16}$  см. Хтозна чи так швидко (і чи взагалі) буде можливо підвищити просторову роздільну здатність фізичних пристроїв на  $10^{17}$  порядків, до розмірів струн мембран —  $10^{-33}$  см. Тут поки що можна надіятись лише на опосередковані докази.

Інша річ з другим передбаченням. Якщо суперсиметрія дійсна, вже наступна черга прискорювачів повинна б виявляти деякі із суперсиметричних братів і сестер усіх наших ферміонів та бозонів. Для них вже навіть створено свою номенклатуру: щоб отримати ім’я суперсиметричної сестри даного бозона, слід до його імені додати закінчення “-іно”. Так сестрою глюона є *глюіно*, фотона — *фотіно*, гравітона — *гравітіно*. Імена суперсиметричних братів ферміонів отримуємо додаючи на початку букву “с-”. Так, сподіватимемось, матимемо *селектрона* для електрона і *скварка* для кварка. (Поукраїнськи аж напрошується називати скварка — шкварком!).

У 2005-му році в Європейському Центрі Ядерних Досліджень (CERN — Centre Européen de Recherche Nucleaire), що біля Женеви у Швейцарії, буде закінчено спорудження найпотужнішого досі прискорювача (LHC — Large Hadron Collider). Є надія, що він буде придатний для незаперечного доказу існування першого “шкварка”!





### Кінець фізики, чи початок нової?

Ентузіасти суперсиметричної М-теорії впевнені, що усі труднощі, які ще стоять перед нею, вдасться побороти. Один із "сфізиків" (фізиків, що працюють над суперсиметрією), Кумрун Вафа з Гарвардського університету, навіть заклався з Едвардом Віттенем, що ця теорія знайде розв'язок своїх головних заковик ще до кінця 2000 року. Те, що він запропонував лише порцію морозива, як винагороду у цьому парі, мабуть свідчить, що не такий він уже впевнений у своєму виграші.

Та коли, М-теорія, або якийсь її нащадок, справді osiąгне повної консистентності, фізика докорінно зміниться. Зникне конфлікт між загальною теорією відносності та квантовою теорією поля — до речі, вони обидві зникнуть як такі, і стануть частинами нової, всеохопної квантум-гравітаційної теорії. Простір і час набудуть квантових, зернистих прикмет. Принцип невизначеності Гайзенберга,  $\Delta x \geq \hbar \Delta p$  буде поширений на  $\Delta x \geq \hbar \Delta p + a' \Delta p / \hbar$ , де  $a'$  означає напруження струни. (Якщо теорія струн є дійсною, тоді на розмірах  $10^{-33}$  см панує невизначеність  $\Delta x \geq a' \Delta p / \hbar$  незалежно від квантової механіки). Сукупність частинок і взаємодій вложиться в єдину логічну схему. Тому, що усі фізичні величини, які зберігаються (енергія, імпульс, електричний і "кольоровий" заряди тощо) є наслідками симетрій у природі. Студентам-фізикам уже на першому курсі наголошуватимуть на зрозумінні поступових та дзеркальних перетворень, різницю між притаманними їм топологічними симетріями, механізмах ламання симетрій.

У математиці багато більше часу присвячується матрицям і групам, та вже на другому курсі студенти довідаються про різницю між абелевими і неабелевими трансформаціями.

Нова теорія дасть відповідь на безліч питань, що віддавна турбують фізиків. Стане ясним, чому електричний заряд електрона має величину  $e$ , а кварки  $e/3$  і  $2e/3$ . Зрозумілим стане гравітаційний провал і можна буде математично "заглянути" в нутро чорної дірки. Є сподівання на те, що найлегша с-частинка виявиться стабільною і що саме

такі с-частинки є тією "прихованою масою", яка потрібна для того, щоб зрозуміти швидкість обертання галактик (див. статтю Б. Новосядлого "Прихована маса у Всесвіті та компактні масивні об'єкти Галактики" ("Світ фізики" 1998, № 2(4)) і можливо надати всесвітові замкненої Ріманової геометрії.

Якщо ця теорія буде теорією "всього і вся" (по-англійськи її звуть "ТОЕ — Theory of Everything") і вона дасть відповіді на усі фізичні питання, чи тоді дослідницька фізика вже стане зайвою? Хтозна. Коли ми подивимось на розвиток фізики за останніх 300 років, побачимо, що кожен раз, коли здавалося, що фізика виходила на вершок своїх досягнень, перед нею на обріях виринали нові, ще вищі, висоти, що їх доводилось здобувати. Так безумовно буде те ж із очікуваною "ТОЕ". Навіть зараз, коли ця теорія далеко не завершена, вже зустрічаються натяки, що можливо навіть струни та мембрани не є фундаментальними, що і вони складені із ще більш фундаментальних частинок.

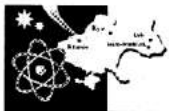
Знову ж таки, опираючись на досвід з історії фізики, можна бути впевненим, що усі її нові здобутки, навіть, на перший погляд далекі від щоденного життя, скоріше чи пізніше знайдуть застосування в нових технологіях, і врешті приведуть до підвищення життєвого стандарту людини. А може навіть і до підвищення якості життя, якщо у застосуванні нових технологій людство буде керуватись не лише розумом, але і мудрістю.

Читайте на цю ж тему:

1. Philippe Bruel, Emanuelle Perez et Yves Sirois. Le modele standard bonscule dans HERA // La Recherche (Paris), 1997, Mai, N 298, p. 37-39.
2. Edward Witten. "Duality, Spacetime, and Quantum Mechanics" // Physics Today, May 1997, pp. 28-33.
3. Hans Christian von Baeyer. "Desperately Seeking SUSY (Supersymetry). // The Sciences, Sept./ Oct. 1998, pp. 10-13.

Детальніше про "ТОЕ":

1. Steven Weinberg. Dreams of a Final Theory, Pantheon Books, 1992.



## ІНЦ “ХАРКІВСЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Нещодавно наукова громадськість України відзначила 70-ти річчя з дня заснування Національного наукового центру “Харківський фізико-технічний інститут”, який відомий у світі своїми значними науковими досягненнями.

Редколегія журналу “Світ фізики” вітає з ювілеєм увесь колектив інституту, бажає творчих успіхів і нових наукових звершень.

Український фізико-технічний інститут (УФТІ) один із найстаріших і найбільших в Україні науково-дослідних центрів був заснований в 1928 р. Перед ученими цього інституту було поставлено завдання розвивати теоретичні експериментальні дослідження в різних галузях фізики, що могли сприяти технічному прогресові. Інститут одразу зайняв одне з передових місць серед наукових колективів країни. Тут працювала плеяда талановитих учених: Л. В. Шубніков, І. В. Курчатова, Л. Д. Ландау, І. В. Обреїмов, К. Д. Синельніков, А. К. Вальтер, О. І. Лейпунський, Г. Д. Латишев, Л. Ф. Верещагін і багато інших.

Багато з того, що робилося в інституті супроводжувалося словами “перший” і “вперше”. Перші в Радянському Союзі рідкі водень і гелій отримані в криогенній лабораторії інституту; вперше в СРСР було розщеплено атомне ядро; споруджено найбільший у Європі електростатичний генератор на енергію 4 МеВ; виконано важливі дослідження з надпровідності, ядерному парамагнетизму в твердому водні; створено один з перших радіолокаторів.

Розвиткові наукових досліджень сприяли широкі наукові контакти інституту із вітчизняними і зарубіжними науковими центрами. Особливо тісні зв'язки були з Лейденською (Нідерланди) та Кавендишською (Великобританія) лабораторіями. В різний час в інституті працювали такі відомі фізики як Ф. Ланге, Ф. Хоутерманс, М. Русман, Б. Подольський, В. Вайскопф, Л. Тісса, Г. Плачек, П. Еренфест. Відвідували інститут Н. Бор, Ван-де-Грааф, П. Дірак, П. Блекетт, Ж. Перрен, Р. Пайерлс та інші.

Інститут організував і успішно провів перші теоретичні конференції (1929, 1931, 1934), перша криогенна конференція, конференція з ядерної фізики в 1939 р., що дало поштовх розвиткові цих наукових напрямків.

Після війни інститут брав участь в роботах з програми Уранового проекту. Для цього було створено при інституті лабораторію № 1.

У 1950-их роках під керівництвом І.В.Курчатова та К.Д.Синельнікова були розпочаті дослідження властивостей та способів утримання плазми. УТФІ брав участь у розв'язанні проблеми керованого термоядерного синтезу.

Власноручний запис Нільса Бора в книзі почесних відвідувачів УФТІ. Травень, 1934 р.

*I am glad to get opportunity to give express for the feeling of great admiration and pleasure with which I have seen the beautiful new physical technical institute in Char'kov, where the excellent conditions for experimental work in all branches of modern physics are obtained with greatest enthusiasm and success under most distinguished leadership and devoted collaboration with brilliant scientific spirit.*

22-5-1934.

*Niels Bohr*

Я радий можливості висловити свої почуття великого захоплення і задоволення, з якими я оглянув чудовий новий фізико-технічний інститут в Харкові, де хороші умови для експериментальної роботи в усіх галузях сучасної фізики, використовуються з великим ентузіазмом і успіхом під керівництвом і в тісній співпраці з яскравим фізиком-теоретиком.

21-5-1934

Н. Бор

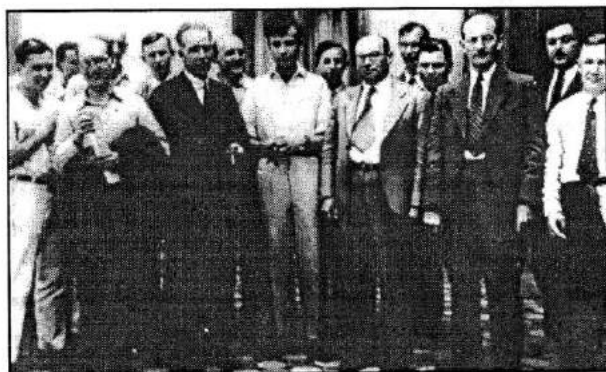
Розвиток нових наукових напрямів вимагав створення якісно нових сучасних фізичних установок. Так виникли проекти лінійних прискорювачів на енергію 360 МеВ і 2 ГеВ, проект термоядерної установки — стеларатора “Ураган”, а разом з ними розпочалося будівництво нових корпусів інституту.

Харківський фізико-технічний інститут був ініціатором створення фізико-механічного факультету у Харківському політехнічному інс-



титуті і фізико-технічного факультету у Харківському університеті. На його базі були створені Інститут радіофізики і електроніки, Фізико-технічний інститут низьких температур. Велика кількість науковців УФТІ склала ядро нових фізичних інститутів у Калузі, Донецьку, Сумах.

Незважаючи на складні для української науки часи, інститут зберіг свій науковий потенціал. Зараз в інституті працює 300 кандидатів і 80 докторів наук, академіки Національної Академії наук Б.Г.Лазарев, О.І.Ахієзер, Я.Б.Файнберг, С.В.Пелетмінський, члени-кореспонденти НАН України В.В.Сльозов, К.М.Степанов. Понад п'ятдесят осіб є лауреатами державних та іменних премій. За останні роки працівники інституту написали понад 50 монографій і підручників.



Учасники Міжнародної конференції з теоретичної фізики (УФТІ), Харків, 1934 р.  
Зліва направо. 1-й ряд: Д.Іваненко, Л.Розенфельд (Бельгія), Н.Бор (Данія), Л.Ландау (УФТІ), Я.Френкель, Р.Вільямс (Великобританія), І.Тамм;  
2-й ряд: (перший праворуч) В.Фок.

Значна частина науково-технічної діяльності інституту виконується в рамках міжнародних програм, за угодами і контрактами із закордонними фірмами США, Франції, Німеччини, Італії, Австрії, Іспанії, Нідерландів, Бразилії, Польщі, Кореї, Японії, Швейцарії.

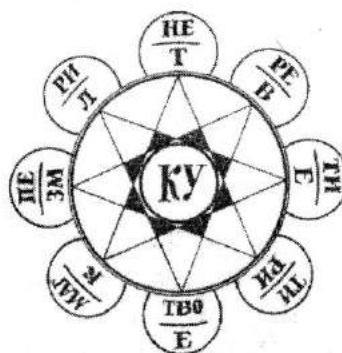
Враховуючи загальнодержавне значення робіт, які виконує інститут, його авторитет і визнання у науковому світі, Указом Президента України від 23 червня 1993 року інституту надано статус першого в Україні Національного наукового центру (ННЦ ХФТІ). Згідно з указом у ННЦ ХФТІ (Генеральний директор В. І. Лапшин) на основі наукових напрямів створено:

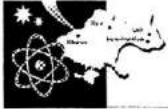
- Інститут фізики твердого тіла, матеріалознавства і технології;
- Інститут фізики високих енергій і ядерної фізики;
- Інститут теоретичної фізики;
- Інститут фізики плазми;
- Інститут плазмової електроніки і нових методів прискорення;
- Науково-дослідний комплекс "Прискорювач";
- Науково-технічний комплекс "Ядерний паливний цикл".

Отже, можна стверджувати, що і через 70 років від дня заснування, Харківський фізико-технічний інститут працює на найбільш пріоритетних напрямках української науки, шукає нові форми і методи організації наукової діяльності.

**Юрій Раноук,**  
доктор фіз.-мат. наук,  
професор ННЦ "ХФТІ"

Відшукавши перший кружок, з якого починається текст проблеми, яку поставив перед собою англійський фізик, читайте з'єднаними лініями літери у верхній половині кружків, а потім — у нижній. Завершує вислів склад поміщений в центрі.





## БОРИС ГРАБОВСЬКИЙ І ВИНИКНЕННЯ ТЕЛЕБАЧЕННЯ

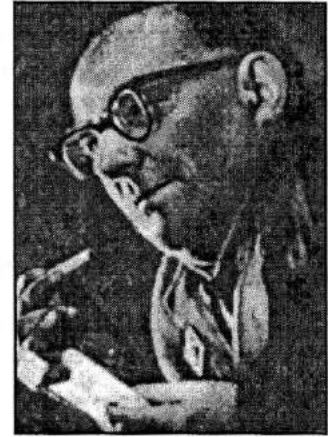
Без системи телебачення (ТБ) неможливо уявити сучасне людське суспільство і новітню науку. Не кожен може назвати імена творців ТБ, що так природно увійшло в наше життя та у світове інформаційне середовище.

Задум написати цей матеріал виник після прослуханого короткого повідомлення, що прозвучало на хвилях радіо "Україна" наприкінці липня 1998 р. Зокрема повідомлялося про 70-річний ювілей створення першої у світі діючої системи електронного ТБ і проведення з її допомогою першої телепередачі 26 липня 1928 р. у м. Ташкенті маловідомим раніше інженером-фізиком і талановитим винахідником Борисом Грабовським. У той же час, як відомо з усіх відповідних джерел, пріоритети пов'язують, зазвичай, з іменами А. К. Свінтонна (1863-1930) з Англії, Б. Розінга (1869-1933) із Росії, В. Зворікіна (1889-1982) та Ф. Фарнсуорта (1906-1971) із США... Не применшуючи вагомий внесок у розвиток ТБ цих та багатьох інших учених і винахідників, спробуємо поглянути на діяльність Б. Грабовського зі створення ТБ у варіанті, близькому до сучасного.

Вважають [1, 2], що термін "телебачення" вперше застосував інженер К. Перський 1900 р. на міжнародному електротехнічному конгресі у Парижі. Фахівці вважають, що ТБ — це заснована на фундаментальних відкриттях у фізиці галузь радіотехніки, тобто прикладної науки, за допомогою якої здійснюється передавання та одержання у приймальній частині системи зв'язку неспотворених зображень. У шкільному підручнику [3] написано, що система ТБ — це засіб передавання зображень на відстань за допомогою ультракоротких електромагнітних хвиль. Уже з цих означень випливає, що розв'язання складної проблеми ТБ стало можливе завдяки праці великої кількості фізиків світу, винахідників, конструкторів. В енциклопедії (БСЭ) [4] названо десятки імен, причетних до реалізації процесів ТБ у другій половині XIX — початку XX ст.

Про початок створення ТБ єдиної думки немає [2, 5]. Одні схильні віднести ідею ТБ до часів Архімеда, який, зокрема, вивів закон спіралі. У 1884 р. інженер П. Ніпков використав спіраль Архімеда для розгортання телевізійного зображення. Оптико-механічний пристрій був запатентований у Німеччині і дістав назву диска Ніпкова. Він був основним вузлом перших теле-

візійних систем механічного ТБ. Зародженням ідеї ТБ можна вважати також винайдення 1609 р. Г. Галілеєм першого телескопа. Без сумніву, на ТБ мало вирішальний вплив створення телеграфного зв'язку (П. Шілінг, 1832 р.; Б. Якобі, 1841 р.; А. Бен, 1843 р.), розробка послідовної, елемент за елементом пере-



дачі зображень із спіральною розгорткою (А. де Пайва, 1878 р.; К. Сенлек, 1880 р.; П. Бахметьєв, 1880 р.), винайдення радіо наприкінці XIX ст. (О. Попов, Г. Марконі). Такий перелік можна доповнювати. У період з 1880 до 1900 р. у різних країнах світу з'явилося понад сто проектів передачі зображень. Та лише деякі мали практичне значення.

Основою для створення ТБ послужили блискучі відкриття у фізиці. Суттєвими для ТБ стали явища внутрішнього і зовнішнього фотоелектричного ефекту, завдяки яким візуальна інформація перетворюється в електричну. Фотоелектричний ефект першим виявив 1839 р. А. Беккерель. 1873 року У. Сміт вперше дослідив явище фотопровідності кристалічного селену. Т. Едісон 1883 р. відкрив термоелектронну емісію, а Г. Герц у 1886 р. спостерігав зовнішній фотоелектричний ефект і відкрив електромагнітні хвилі. 1888 року О. Столетов вивів закони зовнішнього фотоелектричного ефекту. Наступні кроки зробили основоположники квантової теорії М. Планк (гіпотеза квантів, 1900). А. Айнштейн (квантова теорія фотоелектричного ефекту, 1905).

Альтернативою механічному ТБ стало електронне з використанням безінерційних технічних засобів — електронно-променевих трубок. Але механічне ТБ успішно розвивалося до 1935 р. В Англії експериментальні передачі проводили з 1928 р. Перші передачі ТБ в Україні були прийняті в Одесі 1931 р. Проблемами ТБ займався інститут інженерів зв'язку. У Харкові також здійснювали прийом. Ера механічного ТБ у США закінчилася 1931 року.

Ідейна боротьба двох напрямів розвитку ТБ позначилася на долі Б. Грабовського і його винахо-



дів. Зокрема це вплинуло на стосунки Б.Грабовського з Б.Розінгом та П.Шмаковим. Перший був творцем змішаного електронно-механічного ТБ (1911) із застосуванням електронно-променевої трубки у приймачі [6], всіляко підтримував Б.Грабовського. П.Шмаков спочатку активно розробляв механічне ТБ і вважав проєкт електронної системи неперспективним.

Механічні телеприймачі мали екран розміром з сірникову коробку, зображення неякісне. Настало розчарування у механічних системах. І тому у 1933 р. П. Шмаков став співавтором проєкту суперіконоскопа (удосконаленої передавальної трубки). Попередника сучасного кінескопа (1931) створив В. Зворикін.

У ранніх телевізійних проєктах знаходили застосування джерела світла на основі електричного розряду в газі. Розвиток газорозрядних джерел світла пов'язують з іменами Г. Гейслера (1815-1879), І. В. Гітторфа (1824-1914), У. Крукса (1832-1910). Донедавна замовчуване ім'я видатного українського фізика І. Пулюя (1845-1918) у цьому зв'язку не згадувалося. Але його трубки були відомі, широко застосовувалися у науковому світі і стали важливою віхою у розвитку вакуумної техніки. Результати досліджень газорозрядних процесів І. Пулюй опублікував у 1880-1882 рр.

Очевидно, на основі досліджень Крукса, Пулюя та інших К. Браун 1897 р. винайшов осцилографічну катодну трубку, а 1907 р. Розінг створив "електронний телескоп" — катодну трубку для відтворення зображень. Від трубки Брауна остання відрізнялася можливістю регулювати густину електронного променя.

Батько Бориса Грабовського — відомий український поет Павло Грабовський (1864-1902), якого переслідував царський режим тодішньої Росії, був висланий у східний Сибір. У 1899 р. йому дозволили переїхати у м. Тобольськ [7]. Тут він одружився з Анастасією Лук'яною, на той час ученицею фельдшерсько-акушерської школи. А 26 травня 1901 р. у них народився син Борис. Після смерті П. Грабовського сім'я перебралася в Україну. Спочатку до Києва, Одеси, а потім у Харків до брата П. Грабовського. За деякий час вони переїхали у Середню Азію у м. Токмак (Киргизія) [8]. Тут Борис закінчив гімназію. Навчившись читати за книжками батька, Б. Грабовський, однак, продовжувати займатися літературою не захотів. Захоплювався технікою, конструюванням, законами фізики.

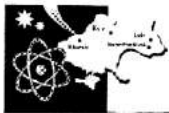
Перебуваючи на військовій службі, постійно займався конструюванням, винахідництвом. Його рекомендували у Середньоазіатський універси-

тет (м. Ташкент). Б. Грабовський влаштувався лаборантом на фізико-математичному факультеті цього ж університету. Тут він проводив самостійно складні експерименти, вивчав нові фізичні теорії, конструював. Розуміючи, що для серйозної наукової роботи потрібні знання, Б. Грабовський [7] 1940 р. вступив на фізико-математичний факультет Киргизького педінституту, який закінчив у 1945 р. З 1933 р. Грабовський переселився у м. Фрунзе (тепер м. Бішкек) і проживав тут до кінця життя, яке обірвалося 15 січня 1966 р.

У 1920-тих роках, перебуваючи у ташкентському університеті, Б. Грабовський ознайомився з проєктами електробачення (електричної телескопії, катодної телескопії, телевізування, електронного далеkobачення, бачення по радіо тощо), як тоді називали ТБ [2, 6]. У 1924 р. Борис Грабовський винайшов катодний комутатор, що став основою побудови електронно-променевого перетворювача "світло-сигнал", тобто передавальної телевізійної трубки. Електронний промінь у трубці Грабовського перебігав по поверхні fotocутливої пластини [8], на яку проєктувалося зображення. Взаємодія фотоелектронів і катодного пучка породжувала електричний сигнал, який можна передавати. Шлях до створення електронної системи ТБ, перспективнішої від механічної, був відкритий. На розробку проєкту пішов рік. У м. Саратові разом із фізиком М. Піскуновим та інженером В. Поповим 1925 р. був створений проєкт електронної системи ТБ, яку Грабовський назвав "радіотелефот". Захист проєкту в Саратовському університеті пройшов успішно. Авторам виділили кошти для поїздки до Москви та Ленінграда (тепер Санкт-Петербург).

Доповівши у Москві в особливій секції військово-технічного управління у присутності відомого тоді радіотехніка М. Шулейкіна, винахідники звернулися до Розінга у Ленінграді. Той був експертом з питань ТБ. Розінг особливу увагу приділив конструкції катодного комутатора і запропонував негайно подавати патентну заявку, бо це було відкриття. Наступного дня, 9 листопада 1925 р. Грабовський, Попов і Піскунов подали опис і схеми радіотелефота у Комітет у справах винаходів. Пізніше отримали патент за № 5592 [9]. Через чотири дні заявку на передавач подав О. Чернишев, який працював з Розінгом.

Експертна комісія для розгляду радіотелефота зібралась у Ленінградському тресті заводів слабого струму у складі Б. Розінга, О. Чернишова, В. Бурсіана, В. Гурова, Л. Мандельштама, М. Папалексі та інших. Радіотелефот схвалили.



Б. Розінг у відгуку на радіотелефот писав: “Найбільша цінність проекту полягає у застосуванні на обох станціях (відправній і приймальній) катодних променів, які мають властивість безінертності і допускають тому можливість найбільш досконалої синхронізації рухів” [6].

Пізніше, у червні 1926 р., у нарисі [10] Розінг зазначив: “Перший проект електронного телескопа катодного типу склав автор цієї статті в 1910 р. Але в особливо чистому вигляді цей новий принцип отримав застосування в проекті англійця Кемпбелла-Свінтонна в 1911 р. Цей останній проект залишався тривалий час забутим, і тільки минулого року він відродився в електричному телескопі Грабовського, Попова, Піскунова”. Радіотелефот вигідно відрізнявся від проектів, які вже були. Слід наголосити, що перші проекти не були втілені у діючі моделі [2, 11].

На основі вивчення архівних і патентних матеріалів автори статті [11] зробили висновок про те, що Грабовському вдалося вперше у світі виготовити повністю електронну телевізійну установку. Запропоновані схеми радіотелефота, крім передавальної і приймальної трубок, включали всі основні елементи, властиві сучасній електронній телеустановці: системи стрічкової і кадрової розгортки, систему синхронізації, засновану на жорсткому зв'язку стрічкової і кадрової частот за допомогою подільника частоти, підсилювачі на електронних лампах, радіопередач та приймач. Передавальну трубку пропонувався зробити із суцільним фотошаром (Свінтон пропонував “мозаїчний” екран — із окремих фоторезисторів), електростатичним відхиленням променя і магнітним фокусуванням. У приймальну трубку вперше вводилася керуюча сітка (сіткова модуляція). У схемах використовувалися чотирисіткові лампи-гексоди. Останні були новизною також, бо їх розповсюдження у світі відзначається і чатком 30-тих років [8].

На жаль, виділений тримісячний термін на створення на Ленінградському електровакuumному заводі “Светлана” діючого радіотелефота був явно недостатнім, окремі вузли були виготовлені недосконало. Але Б. Грабовський не відступив. Повернувшись у Ташкент, він разом з лаборантом дослідної станції слабких струмів Середньоазіатського округу зв'язку І. Белянським продовжують роботи.

У 1928 р. установка запрацювала. Провели випробування. Грабовський пізніше згадував: “... 26 липня 1928 р. для нас настав радісний день. Цього дня ми отримали на екрані рухоме зображення. Щастя першому з'явитись на екрані

електронно-променевої трубки випало моєму лаборантові І. Ф. Белянському, який стояв біля передавача...” Експеримент повторили. Грабовський за допомогою апарата передав зображення трамваю і пішоходів, що рухались по ташкентській вулиці. Удосконалений варіант радіотелефота був запатентований 25 липня 1928 р. Через півтора року повністю електронну установку ТБ продемонстрував Ф. Фарнсуорт.

Після успішної демонстрації радіотелефота у Ташкенті апаратуру відправили до Москви. Ящики з унікальним вантажем прибули на станцію призначення. Однак, виявилось, що скляні деталі були розбиті, а металеві конструкції погнуті. Грабовський ще кілька років пробував зацікавити вчених радіотелефотом. Та підтримки не було. На той час перемогла дискова система. Заради справедливості зазначимо, що у 60-тих роках механічна і електронна системи ТБ, в минулому непримиренні конкуренти, все ж поєдналися у космічному ТБ [2], завдяки чому була досягнута висока чіткість зображень поверхні космічних об'єктів.

Проживаючи у Фрунзе, Грабовський викладав фізику, працював на підприємствах і не залишав винахідництва. У невеличкій прибудові до садиби, у якій проживав із сім'єю, він влаштував лабораторію. Матеріали і деталі для експериментів та пристроїв купував за власні заощадження, нечасто грошові винагороди за винаходи і гонорари, як спадкоємця, за публікацію творів батька. Він зробив низку винаходів у найрізноманітніших галузях техніки. За словами автора книги про П. Шмакова [5], у липні 1962 р. Грабовський отримав лист з Інституту електрозварювання ім. Є. Патона АН України, підписаний директором цього інституту Б. Патонем: “Ми з великою зацікавленістю і задоволенням ознайомились з Вашим патентом вакуумного пристрою для отримання катодного променя (№ 5771). Найбільш ймовірно, що, йдучи цим шляхом, ми будемо використовувати Вашу схему виводу електронів в атмосферу...”. За півроку Б. Патон повідомив Б. Грабовського про перші успішні експерименти. Б. Грабовського справедливо ставлять [12] у число перших серед творців трубок миттєвої дії, як ще називають електронно-променевої трубки.

Заслуги Бориса Грабовського визнані лише в останні роки його життя. Комісією ЮНЕСКО з питань науки, освіти і культури, Міжнародною спілкою преси з радіотехніки і електроніки та іншими авторитетними організаціями, урядовими установами. Біля витоків світового ТБ поряд з іменами інших всесвітньо відомих учених чіль-



не місце зайняв раніше забуте ім'я нашого співвітчизника, фізика-експериментатора Бориса Грабовського.

Але проблема ТБ не вичерпана. Техніка ТБ постійно розвивається, базуючись на досягненнях сучасної фізики, електронного матеріалознавства, нових технологій. Змінюються покоління телевізорів. За повідомленнями преси, в Україні нещодавно налагоджено випуск телевізорів шостого покоління. Віддаляючись від початків електронного (лампового) ТБ і перших експериментальних установок такого типу, віддаємо належне першопрохідцям.

1. Домбругов Р. М. Телевидение. К.: Вища шк., 1979. 176 с.
2. Урвалов В. А. Очерки истории телевидения. М.: Наука, 1990. 216 с.
3. Гончаренко С. У. Фізика: пробний навчальний посібник для 11 кл. К.: Освіта, 1998. 287 с.
4. БСЭ, 3-е изд. М.: Сов. Энциклоп., 1978. Т. 25.
5. Узилевский В. А. Легенда о хрустальном яйце. Л.: Лениздат, 1965. 272 с.

6. Горохов П. К. Б. Л. Розинг — основоположник электронного телевидения. М.: Наука, 1964. 120 с.
7. Павло Грабовський у документах, спогадах і дослідженнях / Ред. О. І. Кисельов, В. М. Поважна. К.: Дніпро, 1965. 415 с.
8. Баранцев А. И., Урвалов В. А. У истоков телевидения. М.: Знание, 1982. 64 с.
9. Попов В. И., Грабовський Б. П., Пискунов Н. Г. Аппарат для электрической телескопии. Патент № 5592 (СССР) от 9 ноября 1925 г.
10. Розинг Б. Л. Новейшие достижения в области дальновидения. // Наука и техника. 1926. № 30 (175). С. 1-3.
11. Белянский И. Ф., Урвалов В. А. Первые электронные телевизионные установки в СССР // Радиотехника. 1967. Т. 22, № 5. С. 74-77.
12. Самойлов В. Ф., Хромой Б. П. Телевидение. М.: Связь, 1975. 400 с.

**Володимир Шевчук,**

канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.  
Львівського держуніверситету  
ім. І. Франка

*Вітаю шановних читачів "Світу фізики" з унікальним для нашого часу виданням. Бажаю молоді, яка обрала для себе цілью до науки, з задоволенням знайомитись з матеріалами науково-популярного видання і наполегливо виступити.*

*З повагою Алла  
Засл. вчитель України*

## Газета "Фізика"

З вересня 1998 р. у Києві почала виходити восьмисторінкова газета для вчителів "Фізика". Газета має на меті допомогти фахівцям в їх практичній діяльності, поширювати передовий досвід кращих учителів, інформувати про семінари, конкурси, фестивалі, олімпіади. В окремих розділах публікуються матеріали для молодих вчителів: консультації зі складних питань шкільного курсу фізики, опорні конспекти, таблиці тощо. Цікавими є рубрики "Сторінки майбутніх підручників і посібників", "Дидактична бібліотека вчителя", "Штрихи до портретів".

Учитель фізики знайде й іншу потрібну інформацію корисну в щоденній кропіткій праці.

Газета розповсюджується лише за передплатою.

А.І.Шапіро

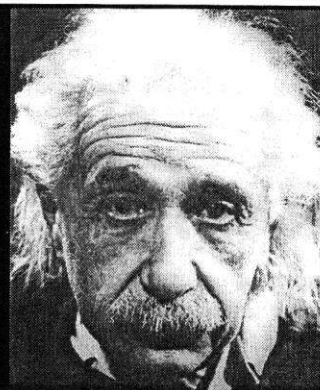


# Альберт АЙНШТАЙН

*Тому, кому вдалося знайти ідею,  
яка дозволяла б проникнути трохи  
глибше у вічну таїну природи,  
дарована велика милість*

А. Айнштайн

**120 років  
від дня народження  
Альберта Айнштайна**



**С**вітова слава Айнштайна сягнула далеко за межі наукового середовища. Що спричинило, що життям і діяльністю мало знаного фізика з Європи раптом з дня у день почав цікавитися увесь світ?

Айнштайн був кимось більшим, ніж відомим фізиком. Теорія відносності, яку він створив, змінила закостенілі на той час погляди на простір, час та будову Всесвіту. Для більшості людей це було незрозуміло, але для них він був перш за все генієм.

На столику відомої співачки Едіт Піаф завжди поряд з образком Святої Терези лежала Біблія і книжка про теорію відносності. Коли вона 1947 р. приїхала до Америки і її запитали, кого вона найперше хоче побачити, вона відповіла: "Альберта Айнштайна".

А. Айнштайн був талановитим музикантом, філософом, усебічно розвинутою людиною, моральним авторитетом світового масштабу, хоча в контактах з людьми витримував дистанцію; мав багато друзів, але тільки декілька близьких. Двічі одружувався, мав двох синів. Щоб ефективно працювати, потребував самотності і духовної ізоляції.

Народився Альберт Айнштайн 14 березня 1879 року в м. Ульмі, в будинку під 135 на вулиці Bahnhofstrasse В. Містечко розташоване на півдні Німеччини на березі Дунаю. Батьківський будинок не зберігся, він був зруйнований під час Другої світової війни. Зараз ученому там стоїть пам'ятник.

Батьки мали чималий вплив на формування характеру сина. Батько, Герман Айнштайн, мав математичний склад розуму, був педантом і перш, ніж прийняти якийсь рішення, усебічно його виважував. Одночасно він був людиною дуже лагідною, щиро-сердечною і толерантною. Мати, Пауліна Айнштайн, була інтелігентна, начитана, дуже цікавилася музикою. Сім'я не була заможною, батько мав в Ульмі магазин електро-

техніки, який великого прибутку не приносив. Нерідко родичі дружини, які були заможнішими, покривали видатки магазину.

Сімейна легенда говорить, що коли вперше мати побачила свого сина, то була переконана, що народила каліку, оскільки Альберт мав величезну і кантувату голову. Лікар швидко заспокоїв матір, що причини для хвилювань немає. Однак Айнштайн і в дорослому віці мав велику голову.

На початку 1880 р. родина Айнштайнів переїжджає до Мюнхену, де батько сподівається покращити свій фінансовий стан, заснувавши з братом невелику фабрику, де виготовляли електричні прилади.

Маленький Альберт ріс тихий та замкнутий в собі. Він майже ніколи не бавився з іншими дітьми, любив ігри, які вимагали терпіння і настирливості.

Альберта і його молодшу сестру Майю батьки віддали в найближчу католицьку школу, де вони вивчали традиції і догмат католицької віри. У десятирічному віці Альберт перейшов до гімназії. Пізніше він згадував: "Учнем я був ані дуже добрим, ані дуже поганим. Моїм слабким місцем була погана пам'ять, особливо на слова і тексти. Тільки з фізики й математики йшов далеко попереду шкільної програми, завдяки моїм самотійним заняттям..."

Великий вплив на його розвиток мала музика. Ось, що він сам писав: "Я брав уроки гри на скрипці з 6 років... По справжньому я почав займатися лише у віці близько 13 років, ...коли "закохався" в сонати Моцарта. Намагаючись хоч якоюсь мірою передати їх художній зміст і неповторну витонченість, я відчув необхідність удосконалювати техніку — саме так, а не шляхом систематичних вправ я досягнув успіху. Взагалі, я впевнений, що любов — кращий учитель, ніж почуття обов'язку..."

В 11 років Альберт почав вивчати геометрію Евкліда. Як він сам згадує, це стало однією із найважливіших подій у його житті,





може звабливою, як перше кохання. Він багато читав. Тринадцятирічним він познайомився з працями Канта. Одним із наслідків впливу філософських праць на вразливого Альберта був його раптовий відхід від Бога. На якийсь час він перетворився в закоренілого скептика, який з глибокою недовірою ставився до авторитетів. Через сорок літ з цього приводу він невесело пожартував: *“Щоб покарати мене за мою зневагу до авторитетів, доля перетворила мене самого в авторитет”*. Подібне ставлення до авторитетів відіграло вирішальну роль в житті Айнштайна: без цього не була б реалізована та могутня незалежність мислення, яка дала йому мужність кинути виклик традиційному науковому світогляду і тим здійснити переворот у фізиці.

Фінансові справи батька у фірмі погіршилися і у 1894 р. родина переїжджає до Італії. У п'ятнадцять років Альберт залишається сам у Німеччині. Його гнітить самотність, неприязнь оточуючих, дисципліна та зазубрювання матеріалу в гімназії. У нього виникають проблеми з навчанням. Все це призвело до того, що незадовго до випускних екзаменів він покидає школу і їде до батьків в Італію.

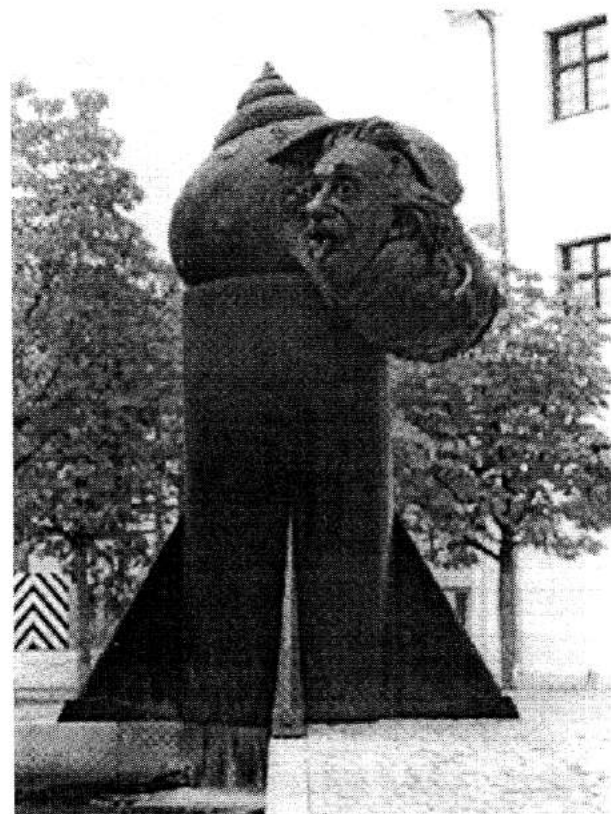
У 1895 р. Альберт робить спробу вступити до Цюрихського вищого технічного училища в Швейцарії. Він блискуче склав математику, одяк, знань з іноземних мов, ботаніки і зоології виявилось недостатньо, і тільки після року навчання в школі в м. Аарау, він одержав атестат зрілості і восени 1896 р. успішно склав вступні іспити на педагогічний факультет.

Студентом він був недисциплінованим, лекції відвідувати нечасто, конспекти писати не любив. Більшу частину свого часу використовував для самостійних занять, із захопленням занурювався в чарівний світ науки, ставив експерименти, вивчав праці з природознавства та філософії.

Після закінчення педагогічного факультету Політехніки для Айнштайна настали важкі часи. Альбертові виповнився 21 рік. Його мрія про наукову кар'єру в галузі теоретичної фізики здійснилась не відразу. Протягом майже двох років дипломований викладач фізики не міг знайти постійної роботи за фахом. Він ледве зводив кінці з кінцями, перебиваючись випадковими заробітками — учителював у школі, давав приватні уроки. Клопотання про посаду асистента у Вищому технічному училищі у Цюріху та в Інституті фізичної хімії у Ляйпцігу були безрезультатними.

1901 року в авторитетному науковому журналі “Annalen der Physik” була опублікована стаття Айнштайна з проблеми капілярності, з якою він пов'язував великі надії. Він звернувся до відомого фізико-хіміка, професора Ляйпцізького університету Вільгельма Оствальда, майбутнього лауреата Нобелівської премії, з проханням надати йому роботу. *“...Я наважился звернутися до Вас з подібним проханням лише тому, що знаходжусь без засобів для існування, а робота дала б мені можливість продовжити мою освіту”*, — писав у листі Альберт. Йому, невідомому одинакові, що веде боротьбу за існування, довелося виявити всю свою мужність, щоб написати такого листа. В ті часи в Німеччині професор був людиною з дуже високим становищем, майже недосяжною особистістю для простих людей. Відповіді він не одержав.

У ті важкі дні 1901 р. Айнштайн знаходив втіху і порятунком у музиці. І що найважливіше, його розум знову був збуджений науковими ідеями і роздумами. Але навіть тоді, коли його розум піднімався високо над всім земним, він не переставав відчувати свою безпорадність в трясовині довколишнього світу, в якому для нього нема місця.





Нарешті, за рекомендацією друзів, він отримав посаду експерта в Федеральному бюро патентів у Берні. Айнштайн пропрацював у цьому "світському монастирі", як він називав бюро патентів, понад сім років. Постійне місце праці давало йому незалежність, а у вільний час він повністю заглиблювався в дослідницьку роботу та в ідеї, що одна за одною визрівали в його голові. У цій своєрідній теплиці його геній набував зрілості. Айнштайн вважав цей час найщасливішим та найпліднішим періодом свого життя.

Приблизно в середині "щасливих бернських років" А. Айнштайн опублікував перші результати своїх фізичних досліджень, які, незважаючи на недостатній науковий стаж

дослідника, мали визначальний вплив на наступний етап розвитку фізики. Особливо плідним виявився 1905 р., коли Айнштайнові виповнилось 26 років. Хронологічно першим було його дослідження з молекулярної фізики. У центрі уваги був броунівський рух. 1827 року англійський ботанік Роберт Броун проводив спостереження квіткового пилку під мікроскопом і зауважив, що завислі у рідині мікроскопічні частинки неперервно хаотично рухаються. Протягом десятиліть вчені безуспішно намагались пояснити це явище. В 80-х роках ХІХ ст. виникла гіпотеза, що броунівський рух є результатом випадкових ударів, яких зазнає зависла у рідині частинка з боку невидимих під мікроскопом молекул рідини. Однак ця гіпотеза не мала ні математичного, ні експериментального підтвердження. В своїй роботі, присвяченій цій проблемі, Айнштайн за допомогою статистичних методів показав, що між швидкістю руху завислих частинок, їх розмірами і коефіцієнтом в'язкості рідини існує кількісний взаємозв'язок, який можна експериментально перевірити. Він надав завершену математичну форму статистичному поясненню цього явища, яке уже до нього сформулював львівський фізик М. Смолюховський.

Дослідження Айнштайна з теорії броунівського руху продовжили і логічно завершили роботи його попередників у галузі молекулярної фізики. Однак його роботи з теорії світла, які також ґрунтувались на вже зробленому відкритті, з самого початку мали революційний характер і намітили злам у розвитку науки.

У своїх нових поглядах на природу світла Айнштайн опирався на гіпотезу, висловлену М. Планком у 1900 р. Вона полягала в тому, що в процесах теплового випромінювання енергія випромінюється і поглинається дискретно, у формі маленьких порцій, квантів, величина яких визначається елементарним квантом дії  $h$ , так званою сталою Планка. Відкриття дискретної стрибкоподібної природи процесів випромінювання не вписувалось в канони класичної фізики. Сам Планк невпинно шукав шляхи, які б узгодили його гіпотезу з положеннями класичної фізики. Айнштайн за стилем свого мис-





лення був ким завгодно, але тільки не консерватором. Він зрозумів, що послідовне застосування гіпотези Планка повинно радикально змінити вчення про світло. Хоча світло і є хвильовим процесом, однак світлова енергія настільки сконцентрована в деяких ділянках простору, що спричиняє його корпускулярні властивості.

Вчення Айнштейна про світлові кванти дало змогу пояснити фотоелектричний ефект. Він зумовлений обміном енергією між квантами світла й електронами і полягає в тому, що світлові промені, які падають на метал, виривають електрони з його поверхні. Кінетична енергія, з якою електрони покидають поверхню металу, залежить не від інтенсивності падаючого світла, а тільки від його довжини хвилі, і є максимальною для ультрафіолетових променів.

Створене Айнштейном нове вчення про світло набагато випередило погляди його сучасників. На ньому ґрунтується весь наступний розвиток атомної фізики. Без неї немислима наменита модель атома Нільса Бора, створена 1913 р., а також геніальна гіпотеза французького фізика Луї де Бройля про "хвилі матерії", які заклали фундамент квантової фізики.

Пізніше, оцінюючи свої наукові здобутки, Айнштейн говорив своїм голландським друзям: *"Чому, власне, люди весь час говорять про мою теорію відносності? Я також створив й інші корисні речі, можливо, ще вагоміші"*. Безсумнівно, оцінка висловлена в цій фразі стосується його теорії світла. Якби Айнштейн не став творцем теорії відносності, він все одно став би одним з найвизначніших фізиків усіх часів. Його роботи з проблем теплового руху, квантової природи світла і теорії теплоємності твердих тіл мали фундаментальне значення для розвитку природознавства. Однак теорія відносності стала найвагомішим та найвідомішим його досягненням. Навколо неї розгорілись найгостріші дискусії, і саме вона запалила факел світової слави Айнштейна.

Дослідження Айнштейна з теорії відносності відкривались статтею "До електродинаміки рухомих тіл" обсягом 30 друкованих сторінок, опублікованою 1905 р. у журналі "Annalen der Physik". У тому ж журналі і цього ж року з'явилось суттєве доповнення до першої статті. Вона називалась "Чи залежить інерція тіла від його енергії?" Обидві роботи увійшли до збірника основопо-

ложних праць з історії теорії відносності "Принцип відносності", який опублікований 1913 р. Ці праці знову кардинально змінили погляди на природу таких фундаментальних понять класичної фізики, як час, простір, маса, енергія.

Ставлення фізиків початку ХХ ст. до ранніх праць молодого Айнштейна було суперечливим. Для багатьох його принципово нові ідеї були надто незвичними і важкими для розуміння. Інші, зокрема М. Планк та Г. Мінковський (до речі, Г. Мінковський був учителем Айнштейна в Цюріху) усвідомили їх глибину і значення для розвитку науки. Загалом, свого визнання Айнштейнові довелося чекати ще доволі довго.

1905 року Айнштейн не без труднощів захистив в Цюріхському університеті докторську дисертацію. Як дисертацію він подав одну зі своїх статей з молекулярної фізики. За два роки після здобуття наукового ступеня, спробуючи зайняти посаду доцента з теоретичної фізики в Бернському університеті, він знову зазнав невдачі. Згодом чергова спроба зайняти цю посаду виявилась успішною, і зимового семестру 1908/09 навчального року тридцятилітній приват-доцент прочитав свої перші лекції, які стосувалися теорії випромінювання. В аудиторії були присутні всього чотири слухачі, а один із них був його колега по роботі в бюро патентів.

Навесні 1909 р. Айнштейна призначили професором теоретичної фізики Цюріхського університету і цього ж року він вперше виступив перед науковою громадськістю на конференції природодослідників у Зальцбурзі. Там він особисто познайомився з М. Планком, В. Віном, А. Зоммерфельдом, М. Борном.

У Цюріхському університеті Айнштейн пропрацював лише три семестри. Після цього він прийняв запрошення німецького університету у Празі зайняти посаду професора теоретичної фізики (До речі, саме там, у Празі, він познайомився з Іваном Пулюєм). Тут він також викладав три семестри і влітку 1912 р. повернувся до Цюріха, де йому запропонували посаду професора в Політехніці на спеціально для нього створеній кафедрі математичної фізики, в тому закладі, де десять років тому йому відмовили в посаді асистента. Справді, великий учений повинен пройти тернистий шлях до свого визнання.



10 липня 1913 р. А. Айнштайна обирають дійсним членом Берлінської академії наук. Незважаючи на початок Першої світової війни, Айнштайн займається науковою роботою. На початку 1916 р. у журналі "Annalen der Physik" з'являється його праця "Основи загальної теорії відносності". Ця праця, обсягом майже 50 сторінок, є однією з вершин теоретичної фізики ХХ ст. У ході своїх досліджень Айнштайн прийшов до переконання, що простір неоднорідний, його геометрична структура залежить від розподілу мас, речовини і поля. Загальна теорія відносності обмежила застосовність у фізиці евклідової геометрії і ньютонівської теорії гравітації тільки випадками слабкої взаємодії мас. Айнштайн наголошував, що основна цінність загальної теорії відносності полягає не в тому, що вона підтверджується малими ефектами, а в значному спрощенні теоретичної основи всієї фізики. За рік після першої публікації про загальну теорію відносності Айнштайн друкує ще одну працю, яка мала революційне значення. Вона стосувалась космологічних проблем, і хоч запропонована в цій праці модель Всесвіту була суттєво скорегована наступними дослідниками, відтоді загальна теорія відносності стає основою для вивчення будови та розвитку Всесвіту.

А. Айнштайна став знаменитістю. Його запрошували читати лекції у відомі університети світу, він одержав багато нагород, відвідав Англію, Америку, Францію, Японію, де його приймали перші особи держав. У 1921 р. А. Айнштайну присуджено Нобелівську премію "за відкриття закону фотоелектричного ефекту і за його роботи у області теоретичної фізики". Теорія відносності не згадувалась, зрозуміти її було ще не просто. На офіційній церемонії Айнштайн не був присутнім. Диплом і медаль йому вручив згодом у Берліні посол Швеції. Учений у своїй промові з приводу отримання нагороди знехтував офіційними формальностями і говорив про теорію відносності.

У 1933 р. А. Айнштайн переїхав до Америки в м. Принстон штату Нью-Джерсі. Напередодні Другої світової війни Айнштайна хвилював розвиток політичних подій у Європі. Відкриття поділу ядра урану і перспективи створення ядерної зброї, які відкривались у зв'язку з цим, переповнило глибоким неспокоєм фізиків. Виникла реальна загроза, що ядерна зброя може бути створена в Німеччині і потрапити до рук Гітлера, а це загрожувало б існуванню всієї цивілі-

зації. Щоб перешкодити цьому, молоді фізики Вігнер і Сціллард, які як і Айнштайн емігрували в США, вирішили розшукати свого знаменитого колегу і порадитись із ним. У результаті такого обміну думок з'явився відомий лист Айнштайна президентові США Рузвельту про необхідність вивчати можливість застосування ядерної енергії у військових цілях. У 1952 р. Айнштайн, відповідаючи на питання, яка його роль у виготовленні американської ядерної зброї, сказав, що його участь в цій справі полягала лише в єдиному вчинку: він підписав лист президентові Рузвельту. Однак, до кінця життя його мучило сумління, що він був причетний до створення атомної бомби.

Від себе можемо додати, що і у розв'язанні проблеми ядерної зброї, або більш загально ядерної енергетики роль Айнштайна одна із визначальних, адже теоретичною основою її є знаменита формула:  $E = mc^2$ .

Помер великий геній 18 квітня 1955 р. Він попросив, щоб не було ані офіційної, ані релігійної церемонії похорону. Його провели до крематорію лише кілька найближчих друзів, а попіл розсіяно вітрами.

*"Найвищим обов'язком фізиків є пошук тих загальних елементарних законів, із яких шляхом чистої дедукції можна одержати картину світу... Душевний стан, що сприяє такій праці, подібний до почуття віруючого або закоханого: зусилля кожного дня здійснюються не за якоюсь програмою, не за якимись визначеними намірами, а за велінням серця".*

**Галина Шопа**

Редакція щиро вдячна панові Флоріану Фрай, екскурсоводу з Ульму (Німеччина), за екскурсію по Айнштайнівських місцях та за матеріали люб'язно надані ним для підготовки цієї статті.





Журнал "Світ фізики" започатковує нову рубрику "УНІВЕРСИТЕТИ СВІТУ". Важлива роль університетів у житті суспільства, вплив на долю окремих держав і поступ науки, безперечно, визнаються усіма, однак, значення діяльності окремих університетів має світовий масштаб.

Ми плануємо докладно ознайомити наших юних читачів з цими, справді, світовими центрами науки, освіти і культури.

Розпочинаємо рубрику інформацією про першу українську вищу школу — Києво-Могилянську академію, яка була одним із перших осередків освіти у Східній Європі.



## КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ

### ПЕРША УКРАЇНСЬКА ВИЩА ШКОЛА

В усі часи освіта була важливим елементом суспільного життя в Україні. Добре відомо, що у XI - XII століттях у Київській Русі освіта і культура досягли високого рівня. Освіченими були не тільки князі чи ченці-літописці, а й прості люди, ремісники. Про це свідчать численні написи "графіті" на стінах тогочасних будівель, зокрема на стінах храму св. Софії у Києві. Зроблені під час будівництва на свіжих мурах загостреною паличкою чи іншим загостреним предметом, ці написи після завершення будівництва, були затиньковані і так збереглися до наших днів. Були у Київській Русі і спеціальні жіночі школи. Анна, дочка князя Ярослава, яка вийшла заміж за французького короля Генріха I, була грамотною, привезла зі собою у Францію книги, тоді як сам король був неписьменний. Хоч феодальне роздроблення держави і татаро-монгольська навала уповільнили розвиток українського шкільництва, воно все ще охоплювало широкі верстви населення. Арабський мандрівник П. Алепський, подорожуючи у середині XVII ст.

Україною, записав: "На усій цій землі ми побачили прекрасну рису, яка викликала наше здивування: усі вони, за винятком небагатьох, навіть більшість їхніх жінок і дочок, уміють читати. У Києві ченці вміли не тільки читати, а й були обізнані з філософією, логікою і писали твори".

Але до кінця XVI ст. шкільництво в Україні більше поширювалось, ніж поглиблювалось, українські школи брали за взірць для себе школи князівської доби. У цих школах навчали слов'янської грамоти, основ арифметики, нотного співу, латинської мови. Щоб поглибити свою освіту, українські юнаки змушені були їхати туди, де на той час уже діяли школи нового, вищого типу — університети й академії.

Відомо, що у XIV-XVII ст. сотні, а може, й тисячі українських студентів навчалися у різних європейських університетах — в Італії, Польщі, Німеччині, Англії. (Див.: Микитась В. "Давньо-українські студенти і професори". К., 1994; Нудьга Г. "На літературних шляхах" К., 1990).

Два основних чинники мали

вплив на зародження і формування вищої школи в Україні. Перше — дух нової європейської науки і культури, дух того процесу, який ми називаємо Відродженням, що його приносили українські юнаки, вертаючись з навчання на рідну землю. Освічених людей в Україні шанували, до їхнього голосу прислухалися. Щоб підтримувати і розвивати дух високої освіти і культури на рідній землі, потрібні були власні культурні осередки, власні школи культурного зразка. Першою з таких шкіл стала школа в м. Острозі на Волині, заснована у 70-тих роках XVI ст. відомим українським політичним і культурним діячем та меценатом князем В.К.Острозьким. Ця школа, яку ще називали Острозькою Академією, зосередила видатні тогочасні наукові сили і зробила значний вплив на розвиток української культури.

Другим чинником, який стимулював розвиток освіти в Україні, була діяльність католицьких і протестантських місіонерів на українських землях. Щоб поширити і зміцнити вплив на місцеве населення,



вони закладали свої школи — колегіуми, з якими старим українським школам важко було конкурувати. Опозиційно налаштоване православне населення українських міст, щоби протистояти цьому впливові, об'єднувалося у своєрідні громадські організації — братства. Одним з найважливіших завдань братств було закладати школи, які б за своїм рівнем не поступалися колегіумам. Отже, дух суперництва, який переростав у відкриту конфронтацію і навіть нерідко у збройну боротьбу, мав і позитивний вплив на розвиток освіти в Україні. Освіта ставала однією із ланок боротьби за національне самовизначення.

Перша братська школа була відкрита у Львові в 1586 р. На кінець XIV ст. братські школи вже були в багатьох українських містах, зокрема у Луцьку, Рогатині, Перемишлі, Кам'янці-Подільському, Холмі, Кременці, Вінниці. Викладання у цих школах намагалися наблизити до рівня європейських шкіл.

В історії української культури Київ займає особливе місце, у свідомості народу він завжди був центром українських земель. У київських монастирях писалися і переписувалися літописи й книги, у школах при монастирях навчали дітей. У Києві, як і в інших містах, важливим осередком українського життя було братство, яке виникло тут у 1615 р. Цього ж року, 15 жовтня, киянка Єлизавета (Галшка) Гулевичівна передала у власність братству свої спадкові землі на Подолі в Києві, з умовою, що на цьому місці буде збудовано монастир, будинок для паломників і “школа дітям, як шляхетським, так і міщанським”. Умови Галшки братство виконало, школу збудували і відк-

рили, а день 15 жовтня стали відзначати як день заснування Київської братської школи, родоначальниці (попередниці) Києво-Могилянської Академії. Першим ректором школи став колишній ректор Львівської братської школи Іов Борецький (народився у с. Бірча, поблизу Перемишля). Єрусалимський патріарх Теофан, відвідавши у 1620 р. Київ, з захопленням писав про “школу наук еллінослов'янського і латинсько-польського письма, де наука через вчителів щедро подавана”.



**Петро Могила**

Восени 1631 р. у Києві відкрилася ще одна школа високого рівня — Лаврська. Її засновником був архімандрит Києво-Печерської Лаври Петро Могила (1596-1647). Петро Могила залишив помітний слід в історії української духовності і культури. Син молдавського господаря (господарями називалися правителі Молдавії), він після недовгої військової кар'єри постригся у ченці і 1627 р. переїхав на Україну. Невдовзі став архімандритом Києво-Печерської Лаври, а потім і Київським митрополитом. Він добре розумів значення духовної

культури в житті народу і прагнув поєднати православ'я, яке ізолювало себе від зовнішніх впливів, із західною культурою та наукою. Лаврську школу було створено на зразок європейських вищих шкіл. У ній були підготовчі класи, у яких учні опановували слов'янську, латинську, грецьку і польську мови, середні — у яких вивчали піїтику і риторіку, та вищі — де викладали філософію і теологію. Отже, Лаврська школа ставала суперницею Київської братської школи. Та суперництво тривало недовго, бо вже 1632 р. школи було об'єднано, і Петро Могила став “довічним охоронцем і наставником” цієї нової школи, яку назвали Києво-Братською колегією. Помираючи, він заповів школі усе своє майно, і відтоді на його честь колегія стала іменуватися Києво-Могилянською.

У новоствореній колегії вивчали “сім вільних наук”, які були основою навчання у тогочасних університетах. Вони поділялися на “трівіум” — граматику, риторіку і діалектику, та “квадрівіум” — арифметику, геометрію, астрономію, музику. Одним з привілеїв вищих шкіл Європи було право закладати школи нижчого рівня. Хоч Києво-Могилянська колегія не мала від польського короля статусу вищої школи, вона започаткувала низку таких шкіл (у Кременці, Вінниці, Гощі) і керувала ними.

Український народ та його гетьмани підтримували свою вищу школу. У договорах Б.Хмельницького з польським королем 1649 і 1651 рр. було записано, що “Колегія Київська має залишатися при колишніх правах, згідно з старовинними привілеями”. Ці права підтверджував Хмельницький і своїми універсалами у 1651 і 1656 рр. Наступний після Хмельниць-



кого гетьман І. Виговський добився від короля визнання за Києво-Могилянською колегією прав, які мав Краківський університет, але статусу вищої школи колегія усе ще не мала. Часи "Руїни" ("Руїна" — період від смерті Б. Хмельницького до обрання гетьманом І. Мазепи, понад 30 ро. з) були важкими і для колегії. У тогочасних складних політичних умовах Київ опинявся під владою то Польщі, то Росії. Українські землі були розорені, господарство зруйноване, матеріальне становище колегії було дуже важким. Тому 1666 р. керівництво колегії звернулося до російського царя з проханням надати матеріальну підтримку, але одержало відповідь, що "лучше бы тех школ вовсе не заводить". Тільки після того, як гетьманом став І. Мазепа, становище колегії змінилося. Гетьман збудував для неї новий корпус, виділяв значні кошти на утримання і, нарешті, добився офіційного визнання її вищим навчальним закладом. Це сталося 1701 р., відтоді її стали називати Києво-Могилянською Академією.

Як це було в європейських вищих школах, Київська Академія мала чітку структуру. Вона поділялася на класи з встановленим обсягом предметів, що викладалися. Всього в Академії було вісім класів — чотири граматичних: фара, інфима, граматика і синтаксима, і чотири вищих класи: поетики, риторики, філософії і богослов'я. Повний курс навчання тривав 12 років.

У граматичних класах учні вивчали слов'янську, книжну українську, латинську, грецьку та польську мови, а також арифметику і геометрію, нотний спів і катехизис. Особливу увагу звертали на вивчення латинської мови, мови тогочасних

учених, дипломатів, політиків. З середини XVIII ст. до навчальних програм Академії вводять німецьку, французьку і старосврейську мови.

Після граматичних класів учні Академії ставали студентами (спудеями) і вивчали пітику (1 рік), риторику (1 рік), філософію (2-3 роки) і богослов'я (2-4 роки). У класах поетики та риторики вивчали твори римських і грецьких авторів — Гомера, Горация, Вергілія, Арістотеля, Цицерона, Плавта, Сенеки, а також італійських авторів доби Відродження.

У класах філософії професори Академії посилювалися на праці Арістотеля, Анаксагора, Демокріта, Епікура, Агріколи, Еразма Роттердамського, Муціана Руфа тощо. З часом викладачі Академії все частіше звертаються до праць учених нового часу — Тихо Браге, Галілея, Коперника, Бекона, Гоббса, Спінози. Курси, які викладали студентам, містили елементи астрономії, біології, медицини, мінералогії, фізики, хемії. До філософського курсу входила також математика. З початку XVIII ст. історія і географія викладалися в Академії як окремі предмети. У другій половині XVIII ст. було відкрито клас чистої математики, де викладали алгебру і геометрію, і клас застосовної математики, де викладали механіку, астрономію, гідравліку і гідрографію, оптику, цивільну і військову архітектуру тощо. У філософському класі вивчали також праці медиків — Гіпократта, Галена, Авіценни, Везалія, тому не дивно, що багато вихованців Академії стали лікарями.

Богослов'я в Академії викладали професори, які знайомили своїх вихованців із працями як східних, так і західних богословів — св. Августина,

Томаса Аквінта, Дунса Скота, Іоанна Золотоустого, Василя Великого, Іоанна Дамаскіна. Студентів вчили критично ставитись до різних теологічних праць, зіставляти їх, відшукувати перекручування та підтасовування джерел. Богословські системи склалися переважно за західними зразками. Багато чого бралось від протестантизму і від католицизму, наприклад, учення про таїнства, про чистилище, про непорочне зачаття. Отже, Академія готувала високоосвічених богословів, які могли дискутувати з прихильниками різних релігійних напрямів.

Зупинімося тепер коротко на внутрішньому житті Академії, на стосунках між студентами і викладачами. До викладачів Академії ставилися високі наукові, моральні і етичні вимоги. Ці посади були виборними, і перевага надавалася тим, хто, крім наукових і педагогічних здібностей, відзначався високими особистими якостями. "Діячі науки завжди повинні бути для учнів високим взірцем скромності", — було записано у положенні про Академію. Викладачами до Академії запрошували й іноземців. "Ми росли в середовищі осіб навчених не тільки у Києві, а й у Кенігсберзі, Ляйпцігу, Лейдені, Геттінгені, Оксфорді і Единбурзі", — згадував один з випускників Академії. Студентами могли стати не тільки аристократи, а й діти простих козаків і міщан, таких було більше. Студенти поділялися на дві конгрегації (братства) — вищу (sodales majoris congregationis) для студентів старших курсів і нижчу (sodales minoris congregationis) для учнів перших чотирьох класів. Вони обирали свій суд і правління. Навчальний процес підтримували самими студентами, для цього



були цензори (стежили за поведінкою), декуріони (за тишею), аудитори (вислуховували знання своїх товаришів), аудитори аудиторів, сеньйори, сенатори.

Надзвичайно популярним в Академії було театральне і хорове мистецтво. Хор Академії був одним з найкращих у Києві, без хору не обходилося жодне академічне свято. Тут закладалися початки українського національного театру і професійної української музики. Студентам Академії, які після навчання пов'язували своє життя із запорозьким козацтвом, приписують творення козацьких дум. І основне, що студенти, які під час канікул подорожували, збираючи кошти для дальшого навчання, популяризували мистецтво й науку серед широких народних верств. Студенти вдягалися в однострій. Буденний — жовтий чи блакитний жупан, у свято поверх жупана одягали білу кирею, застібнуту фібулою. Описаний М. Гоголем однострій — цеглистого кольору козакін з малиновим коміром було заведено вже наприкінці, за 10 років до закриття Академії.

У другій половині XVIII ст. посилюється реакційна політика російського царського уряду щодо України. Було заборонено друкувати книги і вести офіційне діловодство українською мовою. І ли 1763 р. гетьман К. Розумовський хотів перетворити Академію в університет, він не дістав на це дозволу. Після зняття гетьмана матеріальне становище Академії погіршало. На її утримання в 1767 р. було виділено всього 200 рублів, тоді як "на стіл його величності графа П. Рум'янцева — 4000 рублів, полковниці Лановій — 1000 рублів".

З 1784 р. викладачі Києво-Могилянської Академії були

зобов'язані вести викладання "с соблюдением выговора, который наблюдается в Велико-росии", і дотримуватися правил "российского правописания" під страхом звільнення з посади. У 1786 р. цариця Катерина II хотіла перенести Академію на територію Лаври і підпорядкувати її монастиреві, та киянам вдалося відстояти свою Академію на Подолі. Але не надовго.

У 1817 р. Києво-Могилянську Академію було закрито.

Нині, оглядаючись назад, не можна не відзначити того великого впливу, який зробила Києво-Могилянська Академія на культуру України, Росії, Бі-



лорусі, Молдови та інших країн. До 1687 р. Києво-Могилянська Академія була єдиним вищим навчальним закладом на східнослов'янських землях. Коли того року в Москві було засновано Слов'яно-греко-латинську академію, то її першими ректорами і професорами були вихідці з Києво-Могилянської колегії. За період з 1701 до 1762 рр. у Московську Академію було переведено з Києво-Могилянської Академії 95 професорів. За цей час посаду ректора Московської Академії займали 21 особа, з них 18 — вихідці з Київської Академії, посаду професора — 25 осіб, із них 23 з Київської Академії.

Отже, фактично основи російської освіти і культури закладалися у Києво-Могилянській Академії. Чому ж така сумна доля судилася їй саме з вини

російських урядових кіл. Основною була та ж причина, яка й породила Київську Академію, — освіта і наука були важливими чинниками у боротьбі. Цього разу це була не боротьба за збереження національної ідентичності українців, як у часи створення українських шкіл і самої Київської Академії — а, навпаки, боротьба з цією національною самоусвідомленістю, спроба зруйнувати її, бо тільки так можна було зміцнити "єдину і неподільну" імперію. І, не маючи змоги подолати Києво-Могилянську Академію на ниві науки, культури й освіти, її існування припинили силовими методами — за царським розпорядженням.

Мрія багатьох поколінь української інтелігенції про відродження нашої духовної святині збулася 19 вересня 1991 р., коли голова Верховної Ради України Леонід Кравчук підписав розпорядження про відродження Києво-Могилянської Академії. Ідею відновлення академії підтримали відомі в Україні люди: міністр оборони К. Морозов, віце-прем'єр М. Жулинський та інші. В. Брюховецькому вдалося зібрати групу однодумців, які сформували оригінальну прогресивну концепцію навчання, створили навчальні програми, факультети і кафедри, залучили до роботи відомих учених.

23 серпня 1992 р. було офіційно відновлено університет "Києво-Могилянська Академія".

Сьогодні Національний університет "Києво-Могилянська Академія" складається з трьох факультетів і трьох департаментів, де навчаються півтори тисячі студентів. Створено дві філії — у містах Острозі та Миколаєві, шість колегіумів у різних областях України. Серед трьох факультетів є і факультет





тет природничих наук. Базовими навчально-науковими структурами факультету є кафедри біології, фізико-математичних наук, екології та хемії.

Природничий факультет готує бакалаврів та магістрів за спеціальностями: екологія, біологія та фізика. Унікальність ситуації полягає в тому, що спеціалізації в галузях біології, екології та фізики здійснюється за оригінальними навчальними програмами, які відрізняються від стандартних програм інших університетів України. Спеціалістів фізиків готує кафедра фізико-математичних наук.

Концепція підготовки спеціаліста цього професійного спрямування полягає в тому,

що це насамперед **фізик**, який може працювати в галузі біології та біомедицини. Фахівці в цих галузях будуть формувати новітні технології XXI століття, матимуть вагомий вплив на напрями наукових досліджень як у самій фізиці, так і в математиці, біології та медицині.

Університет співпрацює з багатьма науковими та навчальними закладами України та з понад тридцятьма провідними університетами світу. З часу відродження університету минуло вісім років. В ньому працювало вже понад 150 викладачів з різних куточків світу. Як багато вмістили ці роки!

Була сповнена понижень і

витривалості боротьба у високих кабінетах і виснажливі пошуки спонсорів в Україні і за кордоном; були прикрі помилки й болісне виправлення їх; були, навіть, ситуації, коли доля молодого університету висіла на благодійній ниточці.

Однак було протягом цих восьми років й інше: були очі тисяч людей, які вважали за честь підтримати університет грішми, організаційними та інтелектуальними зусиллями; були перші студенти, які теплим серпневим вечором зі свічками в руках увійшли в святую браму університету; було перше студентське весілля; були перші випускники, які подарували своїй Alma mater крихітну черепаху Альма — символ мудрості й виваженого консерватизму, такого, здавалося б, дивного в стінах, де так часто звучить слово "перший".

Усе це було і усе це є. Все це залишається в пам'яті, в душі і серцях тих, хто працює і хто навчається в університеті "Кієво-Могилянська Академія". І до того ж є ще одне. Є завтра. Є прийдешній день, коли долю держави будуть вирішувати молоді, розумні, сміливі й незалежні люди з доброю, справді вищою освітою.



*Редакція журналу висловлює вдячність професорові М. Кратку, завідувачу кафедри фізики та математики П. Голоду та ректорові Кієво-Могилянської Академії С. Іванюку за надані матеріали до цієї статті.*



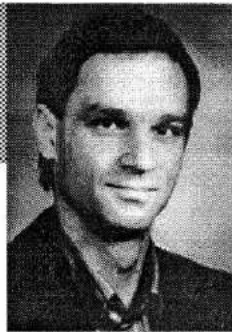
Чи зацікавлять допитливих читачів нашого журналу розповіді про Нобелівських лауреатів? Немає в цьому жодного сумніву! Адже розповіді ці будуть повчальними принаймні, з двох причин. По-перше, висвітлення нових ідей та здобутків сучасної фізики, про що у підручниках не знайдете. По-друге, життєпис видатних учених слугуватиме добрим взірцем для нашої творчої молоді.

Серед численних публікацій про нобелянтів найповнішою є двотомна енциклопедія "Nobel Prize Winners" що була видана у Нью-Йорку 1987 року. Її перекладено декількома мовами, у т. ч. російською (вид-во "Прогрес", 1992 р.).

## НОБЕЛІВСЬКІ ЛАУРЕАТИ

# 1986

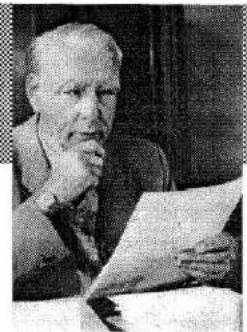
### Тунельний мікроскоп



Герд Бінінг



Хейнріч Рорер



Ернест Руска

**Н**обелівська премія з фізики за 1986 р. була присуджена вченим, які зробили визначальний внесок у розвиток електронної мікроскопії. Одна частина премії присвоєна фізикам Е. Русці (E. Ruska) за створення електронного мікроскопу, друга її частина Г. Бінінгу (G. Binnig) та Г. Рореру (H. Rohrer) за скануючий тунельний мікроскоп (СТМ). В обох випадках мова йде про отримання зображення за допомогою потоку електронів. Перший електронний мікроскоп створив Е. Руска ще 1931 р. Тепер цей інструмент досліджень широко використовується у багатьох наукових лабораторіях і збільшення сучасних електронних мікроскопів становить  $\sim 1$  мільйона. На відміну від звичайного оптично мікроскопа роль, світлового променя відіграє потік електронів, що керується електронною оптикою — аналогом системи оптичних лінз.

Наступний довгоочікуваний крок у світ розмірів менших від атома (діаметр атома  $\sim 1 \text{ \AA}$ ) учені зробили за допомогою СТМ. Тунельний мікроскоп має збільшення, що перевищує 100 мільйонів і дає змогу вивчати деталі атомної структури поверхонь твердих тіл. У тунельному мікроскопі немає пристроїв, подібних за призначенням до лінз, і працює він не за принципом "бачення", а за принципом "відчуття".

Оскільки, тунельна мікроскопія є одним із основних досягнень в галузі мікроскопії і ґрунтується на сучасних фізичних принципах, детальніше розглянемо основи цього методу. Робота СТМ ґрунтується на явищі тунелювання.

Дослідження руху частинок у полі, яке може бути представлене у вигляді потенціального бар'єра, дає змогу виявити низку принципово нових властивостей частинок, які підкоряються дії квантових законів. Розглянемо нескінченно протяжний бар'єр заввишки  $U_0$ . У класичній механіці будь-яка частинка, що рухається зліва направо з енергією, меншою від висоти бар'єра  $U_0$ , повністю відбивається. Тобто ймовірність знаходження частинки в положенні  $x > 0$  дорівнює нулеві:

$$W(x) = 0.$$

У квантовій механіці для такої задачі маємо принципово інший результат: ймовірність перебування частинки, що має одночасно, крім корпускулярних і хвильові властивості, у ділянці  $x > 0$  має скінченне значення, яке визначається квадратом так званої хвильової функції  $\psi(x)$  — розв'язку квантово-механічного рівняння Шредінґера:

$$W(x) = |\psi(x)|^2 \cong A \cdot e^{-2\kappa x} \neq 0, \text{ для } x > 0.$$



Тут  $A$  - деяка функція,  $\kappa = 1/\hbar\sqrt{2m(V_0 - E)}$ ,  $V_0$  - висота потенціального бар'єру,  $E$  - повна енергія частинки,  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ ,  $h$  - стала Планка.

Отже, поведінка квантових і класичних частинок різна. Проникнення частинок у ділянку заборонених енергій є специфічним квантовим ефектом, що отримав назву тунельного ефекту. Оцінимо глибину проникнення "δ" частинки в ділянку потенціального бар'єру. Нехай  $U_0 - E = 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ . Тоді віддаль, на якій ймовірність перебування частинки зменшиться в  $e$  раз порівняно з ділянкою  $x < 0$  визначиться

$$\delta = \frac{1}{2\kappa} = \frac{\hbar}{2\sqrt{2m(V_0 - E)}} \approx 10^{-8} \text{ м} = 10 \text{ нм}$$

Ефект можна зауважити тільки для мікроскопічних розмірів.

На практиці частіше використовується бар'єр П-типу. Розрахунки, аналогічні до попередніх, свідчать, що ймовірність тунелювання через бар'єр відмінна від нуля, якщо

$$\frac{2}{\hbar} \sqrt{2m(V_0 - E)} \cdot \alpha \leq 1$$

де  $\alpha$  - ширина бар'єру.

Отже, тунелювання можна розглядати як дію принципу не визначеності в квантовій механіці, який свідчить, що мікрочастинки не мають точного розміру, або, іншими словами, визначеної межі. Наприклад, для атома, розміри якого визначаються електронною хмарою, не існує чіткої межі, такої, щоб можна було сказати: всі електрони знаходяться всередині, а ззовні їх немає. Однак, у невеликій ділянці біля ядра знайти електрони можна майже напевно, а при віддаленні від ядра ця ймовірність падає приблизно за законом  $W(x) \sim e^{-2\kappa x}$ . Оцінка показує, що "хвіст" у розподілі електронів тягнеться не дуже далеко: його густина зменшується в 10 раз при віддаленні від центра на кожний  $\sim 1 \text{ \AA}$ . Сам собою електрон від атома нікуди не відходить. Однак, якщо помістити атом в електричне поле, то за рахунок зміни величини енергії, електрон може залишити атом. Розрахунок показує, що тунелювання може відбуватись при напруженостях електричного поля  $\sim 10^8 - 10^9 \text{ В/см}$ .

Технічно створити такі величезні електричні поля можна в системі з двох електродів, один з яких гостра голка з малим радіусом заокруглення  $r$ . При  $r \gg 10^{-5} \text{ см}$  (а такі вістря виготовляють

досить просто електрохімічним травленням) потрібне для тунелювання поле  $\sim U/r$  досягається при напругах  $U \approx 10^3 \text{ В}$ . Якщо віддаль між електродами  $S$ , то струм тунелювання пропорційний ймовірності проникнення через потенціально бар'єр

$$J \sim U \rho(E_F) \exp\left(-\frac{2S}{\hbar} \sqrt{2m(V_0 - E)}\right)$$

де  $\rho(E_F)$  - густина станів на рівні Фермі. Вольтамперна характеристика тунельного проміжку виражає структуру енергетичних зон речовини. Це і лежить в основі методу тунельної спектроскопії, створення якого Л. Есакі, А. Джайвером і П. Джозефсоном принесло їм Нобелівську премію за 1973 р. Цьому методу було вже понад 10 років, коли на нього звернули увагу майбутні нобелівські лауреати Рорер і Біннінг, які поставили собі за мету створити тунельний мікроскоп.

Чутливим елементом СТМ, буквально "зондучим" поверхню, служить вольфрамове вістря, настільки загострене, що на кінці його поміщається всього лише декілька атомів. Вістря за допомогою високоточних механізмів підводиться перпендикулярно до досліджуваної поверхні аж до появи помітного ( $10^{-9} \text{ А}$ ) струму електронів, які тунелюють через проміжок "вістря-поверхня". Потім починають свою роботу так звані п'єзоелементи-пластини із спеціальної кераміки, які змінюють свою довжину при прикладанні електричного поля. Дія такого п'єзоелементу ґрунтується на зворотньому п'єзоелектричному ефекті — виникненню в деяких кристалах механічних деформацій під дією електричного поля.

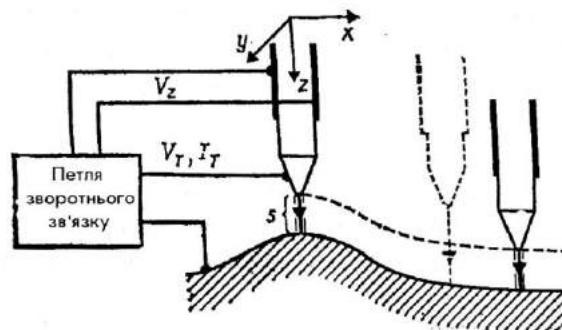


Рис. 1. Принципова схема СТМ

Електромеханічна система з п'єзоелементів автоматично підтримує віддаль від вістря до поверхні постійним і рівним  $10 \text{ \AA}$  (рис. 1). Зміна віддалі на невелику величину викликає відхи-



лення тунельного струму від заданого значення, і електронна схема зворотного зв'язку подає електричний сигнал на п'єзоелемент, що наближає або віддаляє вістря відносно поверхні так, щоб тунельний струм, а отже, і віддаль "вістря-поверхня" не змінювалась. Ефективна робота системи автоматики забезпечується надзвичайно різкою залежністю тунельного струму від величини проміжку. Так, зміна проміжку "вістря-поверхня" на  $2 \text{ \AA}$  збільшує тунельний струм у 1000 разів. Поданням електричних сигналів на інші п'єзоелементи системи вістря переміщується по двох координатах у площині поверхні. Поверхня послідовно "переглядається", або, як кажуть, сканується (від англійського scan — поле зору). Тому тунельний мікроскоп називається ще скануючим.

У результаті роботи всієї системи вістря буде своїм осьовим переміщенням відслідковувати з високою точністю  $\sim 0,01 \text{ \AA}$  рельєф поверхні, яка вивчається. Інформація про рельєф поверхні в різних її точках записується в пам'ять ЕОМ і після обробки, яка полягає у фільтрації, тобто усуненні шумів і паразитних сигналів, виводиться на дисплей ЕОМ у вигляді "топографічної карти" поверхні.

Описаний пристрій запрацював і видав неочікувані результати. З'ясувалось, що вже на перших зареєстрованих топограмах поверхні золота видно великі сходинки моноатомної висоти. Вони свідчили про розділення в одиниці ангстрем. Поясненням цього могло бути те, що вістря, складене з атомів, не може закінчуватись гладко, а завжди є один або кілька атомів, що містяться на самому кінчику і через які тече весь струм. У руках у дослідників неочікувано опинився унікальний інструмент, який дав змогу "побачити" на поверхні кристала окремі атоми (рис. 2). Насправді, СТМ не "бачить" картини атомного масштабу, а відтворює двомірний розподіл густини електронів певної енергії, який, безпосередньо зв'язаний з топологією поверхневих і приповерхневих атомів.

Враховуючи поступ електроніки до все більшої мініатюризації, коли розміри елементів інтегральних схем становлять долі мікрметрів, роль СТМ стає незаперечною. Особливо важлива роль СТМ у відпрацюванні технологій таких інтегральних схем. Річ у тому, що традиційний метод електронної мікроскопії застосовує для таких як у СТМ розділень енергії зондуєчих електронів у десятки і сотні кілоелектрон-вольт. Є ще один напрям — це робота СТМ в активному режимі: нанесення мікрорисунка, легування мікрообластей і буквально перенесення речовини з місця на місце окремими атомами. Передбачається, що вістрям

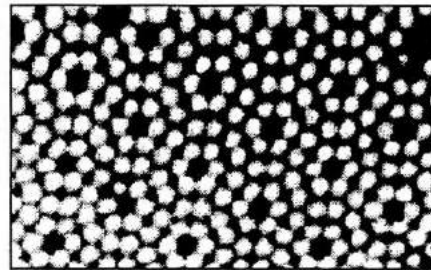


Рис. 2. "Топографічна карта" поверхні кремнію. Світлі ділянки відповідають положенню окремих атомів кристалічної ґратки

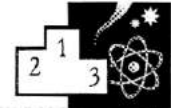
тунельного мікроскопа можна "малювати" на поверхневому шарі мікросхем із розміром в сотні і навіть десятки атомних одиниць. Значний досвід розробки і виготовлення таких унікальних приладів у Західному регіоні України має НВП "Диполь".

Щороку ми стаємо свідками нових етапів мікромініатюризації електроніки. І допомагає нам у цьому скануючий тунельний мікроскоп, який подарували світові Нобелівські лауреати Руска, Бінінг та Рорер.

**Олександр Гальчинський,  
Любомир Монастирський**

---

Редакція журналу "Світ фізики" вдячна Центрові математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики НАН України (Директор Євген Чапля, головний інженер Андріан Горський) за надання технічної допомоги у макетуванні журналу.



## XXXV ВСЕУКРАЇНСЬКА ТА XXIX МІЖНАРОДНА ОЛІМПІАДИ ЮНИХ ФІЗИКІВ

### Результати, проблеми, перспективи

У 1997-1998 навчальному році відбулася XXXV Всеукраїнська олімпіада юних фізиків. У першому етапі олімпіади взяло участь майже 176,5 тисяч учнів 8-11 класів, у другому — понад 29 тисяч учнів, у третьому — брали участь 2224 учні.

У квітні 1998 року в м. Чернігові відбувся підсумковий четвертий етап Всеукраїнської олімпіади юних фізиків, в якому взяли участь 187 школярів 8-11 класів. До участі в змаганнях четвертого етапу були допущені лише переможці попереднього, третього етапу та ще 12 переможців відомої та престижної фізичної олімпіади, яку в рамках міжнародної освітянської програми проводить Міжнародний фонд "Відродження". За результатами змагань переможцями четвертого етапу було визнано 93 школярі, з яких 20 — отримали дипломи I ступеня, 35 — дипломи II ступеня та 38 — дипломи III ступеня.

Десятьох переможців серед учнів 11-х класів було визнано кандидатами до складу збірної України для участі в Міжнародній олімпіаді юних фізиків 1998 року. У весняних відбірковотренувальних зборах до Міжнародної олімпіади взяли участь такі учні:

- Закусило Олександр, м. Житомир, СЗШ N 6,
- Шербатій Олександр, м. Київ, гімназія N 136,
- Кашуба Олексій, м. Київ, УФМЛ КУ,
- Стеценко Павло, м. Київ, УФМЛ КУ,
- Дяченко Кирило, м. Київ, УФМЛ КУ,
- Войтичук Олег, Рівненська обл., СЗШ N 1 м. Кузнецовська,
- Середняк Станіслав, м. Дніпропетровськ, ЛІТ,
- Заболотий Володимир, Львівський фізико-математичний ліцей,
- Мірошниченко Олег, Дніпропетровська обл., технічний ліцей м. Дніпропетровська.

Найкращі результати здобула команда м. Києва, майже такі ж результати показала команда Вінницької області. Добре виступили команди Українського фізико-математичного ліцею, Рівненської та Харківської областей.

Результати підсумкового етапу Всеукраїнської олімпіади юних фізиків свідчать, що в переважній більшості областей ведеться цілеспрямована плідна робота з формування в учнів зацікавленості до фізики, розвитку їх здібностей та створенню умов для реалізації творчого потенціалу молоді.

Аналіз рівня змагань та результати виступів школярів дають змогу відзначити дві тенденції:

перша — постійне зростання наукового рівня завдань і відповідне зростання рівня робіт більшості учасників, що безумовно є позитивним; друга — зростання розриву між рівнем знань, яких набуває школяр у звичайній загальноосвітній школі (особливо сільській), вивчаючи фізику за загальною програмою та рівнем знань учнів спеціалізованих середніх навчальних закладів, програму вивчення фізики, в яких істотно розширено. Останнє особливо актуальне для школярів із сільської місцевості. З року в рік зменшується кількість дітей із сільських шкіл, які беруть участь в четвертому етапі Всеукраїнських олімпіад з усіх предметів, а кількість переможців з сільських учнів зовсім мізерна. Так, 1998 року серед 93 переможців четвертого етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики був тільки один сільський учень та 16 учнів із районних центрів, решта переможців навчалась в закладах освіти обласних центрів України.

Подолати таку тенденцію, на наш погляд — один з важливих напрямів роботи з обдарованою молоддю на всіх рівнях організації освітнього процесу в державі.

Цій справі могли б служити заходи, починаючи з відродження гурткової роботи та районних предметних факультативів, відкриття заочних шкіл при провідних вищих навчальних закладах освіти України аж до створення в областях спеціалізованих шкіл-інтернатів для обдарованих дітей із сільської місцевості на зразок Українського фізико-математичного ліцею Національного університету ім. Тараса Шевченка. Позитивний і цікавий досвід створення саме таких навчальних закладів в Херсонській та Львівській областях, де вже досить давно успішно працюють ліцеї, в яких проживають і навчаються обдаровані діти з сіл і районних центрів області.

На наш погляд, великий внесок у роботу з обдарованою молоддю взагалі і сільською, зокрема, вже вносить і може вносити журнал "Світ фізики", публікуючи олімпіадні, конкурсні завдання, авторські розв'язки, методичні поради тощо, тобто матеріали для допитливих школярів, які прагнуть навчатися самостійно, а також для їх учителів.

Необхідність зберегти високий рівень олімпіадних завдань, з одного боку, та зробити їх оригінальними, зрозумілими і цікавими для школярів, з іншого, вимагає відповідних вимог до олімпіадних задач. Тому запрошуємо до співпраці



фахівців-фізиків. Якщо Ви є автором оригінальних, ще не відомих фізичних задач, які можуть бути розв'язані в межах знань поглибленого шкільного курсу фізики та математики і Вам би хотілось запропонувати ці задачі широкому загалу школярів (можливо, на четвертому етапі Всеукраїнської олімпіади), просимо надсилати умови задач та Ваші авторські розв'язки на адресу:

*254070 Київ-70, вул. Сагайдачного, 37, Інститут змісту і методів навчання, відділ роботи з обдарованою молоддю, Кремінському Б. Г.*

Влітку 1998 року команда школярів України взяла участь у ХХІХ Міжнародній фізичній олімпіаді, яка проходила в столиці Ісландії — Рейк'явіку. У змаганнях взяли участь команди з 59 країн світу, а загальна кількість учасників становила 266 осіб. Традиційно змагання відбувались в два тури: перший — теоретичний і другий — експериментальний.

Особливістю завдань Міжнародних фізичних олімпіад є дуже високий їх теоретичний рівень. Розв'язання задач вимагають майстерного володіння математичним апаратом та відповідними методами його застосування, через що, на жаль, іноді фізичний зміст задач відходить на другий план. Виконання завдань експериментального туру завжди передбачає вміння користуватись новітнім фізичним устаткуванням, а також ретельно проводити вимірювання та аналізувати результати. Головна вимога до юних учасників змагань — вони повинні бути однозначно відмінними теоретиками та експериментаторами.

У вільний час учасники Міжнародної фізичної олімпіади побували в ісландських сім'ях, спілкувалися з місцевими однолітками, ознайомилися з дуже своєрідною природою Ісландії. На олімпіаді Україну представляли: Батрак Дмитро (виборов бронзову медаль) — випускник школи-ліцею № 15 м. Чернігова, якого до олімпіади підготував А. А. Давидьон; Дяченко Кирило (виборов бронзову медаль) та Стеценко Павло (нагороджений Почесною грамотою) — випускники Українського фізико-математичного ліцею Національного

університету ім. Тараса Шевченка. До олімпіади їх підготували вчителі: Г. І. Салівон, І. Л. Рубцова; Мірошніченко Олег (нагороджений Почесною грамотою) — учень 10 класу технічного ліцею м. Дніпродзержинська Дніпропетровської обл., Олега підготував Ю. М. Толстих; Олександр Закусило — випускник СЗШ № 6 м. Житомира. Олександра вчила Л. М. Яценко. Науковим керівником команди України був завідувач кафедри Національного університету ім. Тараса Шевченка, професор Ігор Павлович Пінкевич. Організаційно-методичне забезпечення підготовки команди до олімпіади здійснював відділ роботи з обдарованою молоддю Інституту змісту і методів навчання Міністерства освіти України.

На жаль, сумною тенденцією останніх років є те, що через важкі умови життя та навчання в Україні майже 80% учасників Міжнародних фізичних олімпіад від України їдуть на навчання до Москви або в далеке зарубіжжя, куди їх персонально запрошують та створюють сприятливі матеріальні умови.

Одним з шляхів припинення відтоку талановитої молоді з України є подолання основної його причини — важкого матеріального становища більшості талановитих студентів. Необхідно створити системи спеціальних стипендій, можливо іменних, які б призначалися здібним і перспективним українським учням та студентам, що дало б їм змогу повноцінно навчатись та займатись науково-дослідницькою діяльністю саме в Україні, зміцнюючи її авторитет та науковий потенціал. Меценатів та спонсорів запрошуємо до співпраці.

**Борис Кремінський,**  
*завідувач відділу роботи  
з обдарованою молоддю Інституту  
змісту і методів навчання  
Міністерства освіти України,  
кандидат педагогічних наук*

---

*Редакція журналу "Світ фізики" вдячна пані Валерії Вігні з Філадельфії (США)  
за підтримку українських обдарованих школярів  
із малозабезпечених сімей.*

## XXXV Всеукраїнська олімпіада юних фізиків, м. Чернігів, 1998 р.

### 8 клас

#### Задача 1.

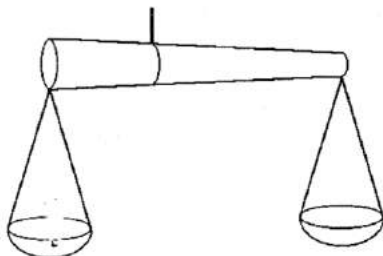
Неуважний чоловік йшов додому берегом річки проти течії з швидкістю в півтора рази більшою за швидкість течії річки, тримаючи в руках капелюх і в лице. В певний момент він кинув у річку капелюх, переплутавши його з палицею, і продовжував йти проти течії річки з тією самою швидкістю. Через певний час він помітив помилку, кинув палицю у річку і побіг назад з швидкістю, вдвічі більшою за ту, з якою він йшов. Догнавши пливучий капелюх, він миттю витягнув його з води, повернувся і пішов проти течії з попередньою швидкістю. Через 10 хв. він зустрів палицю, що пливла по річці. На скільки раніше чоловік прийшов би додому, коли б не переплутав палицю з капелюхом?

#### Задача 2.

Чотири резистори, опори яких 1 Ом, 2 Ом, 3 Ом і 4 Ом, з'єднали так, що загальний опір кола виявився рівним 1 Ом. Яка потужність виділяється у резисторі опором 2 Ом, якщо через резистор опором 3 Ом сила струму дорівнює 3 А?

#### Задача 3.

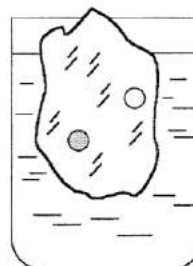
Рибалка зважує спійману рибу на саморобних терезах, виготовлених з палиці та мотузки (див. рис.), і отримує правильну вагу. Рибалка кладе рибу лише на ліву шальку терезів і проводить не більше двох зважувань. Як досягає рибалка точного зважування? "Коромисло" терезів з порожніми шальками займає горизонтальне положення. Рибалка має достатній набір гир.



#### Задача 4.

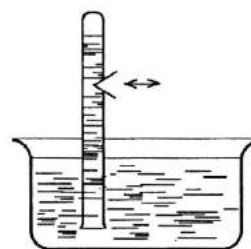
У товщі куска льоду, який плаває у посудині з водою, зроблено дві однакові порожнини. Одна порожнина заповнена речовиною, що не розчиняється у воді, густина якої в два рази більша

за густину льоду (див. рис.). Як зміниться рівень води у посудині після того, як лід розтане?



#### Задача 5.

У довгу трубку налили ртуть, закрили отвір пальцем і, перевернувши, опустили трубку вертикально у посудину із ртуттю. В трубці залишиться стовпчик ртуті висотою 760 мм (див. рис.). Тепер уявіть собі, що в трубці — на ділянці ртуті — збоку є маленький отвір закритий корком. Що станеться із стовпчиком ртуті, якщо корок витягнути?



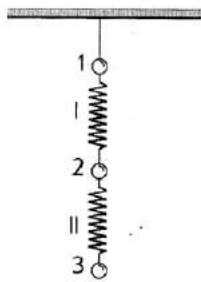
### 9 клас

#### Задача 1.

Три однакові кульки 1, 2, 3 підвішені на пружинах одна під другою так, що віддаль між ними однакова (див. рис.). Це означає, що центр мас цієї системи збігається з центром другої кульки. Якщо перерізати нитку, яка тримає кульку 1, то система почне падати, причому прискорення центру мас системи повинно бути  $3mg/3m = g$  (з відомого закону: прискорення центру мас системи тіл рівне сумі зовнішніх сил, що діють на систему, поділеної на масу всієї системи). Однак пружина I тягне кульку 2 доверху сильніше, ніж пружина II тягне цю кульку



вниз (сила розтягу пружини I в початковий момент  $F_1 = 2mg$ , а сила розтягу пружини II в початковий момент  $F_2 = mg$ ). Це означає, що кулька 2 починає падати з прискоренням меншим, ніж  $g$ . Виходить, ми прийшли до суперечності. 1. Пояснити суперечність; 2. Визначити прискорення всіх кульок в початковий момент; 3. Визначити початкове прискорення кульок, якщо ми переріжемо не нитку, а пружину, яка утримує кульку 3.



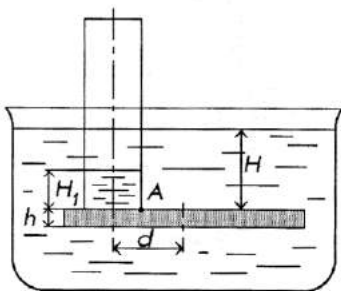
речності. 1. Пояснити суперечність; 2. Визначити прискорення всіх кульок в початковий момент; 3. Визначити початкове прискорення кульок, якщо ми переріжемо не нитку, а пружину, яка утримує кульку 3.

**Задача 2.**

Людині захотілося спуститись по канатній драбині з аеростату, який вільно висить. Якої мінімальної довжини драбину вона повинна прив'язати до гондоли аеростату, щоб, ступаючи на останню сходинку, торкнутися землі? Маса людини 80 кг, маса аеростату 400 кг, віддаль від землі до аеростату в початковий момент часу 15 м.

**Задача 3.**

Трубка радіуса  $r$  закрита знизу дерев'яною пластинкою, яка має форму циліндра з радіусом  $R$  і висотою  $h$ , і опущена у воду на глибину  $H$  (див. рис.). Відстань між вісями трубки і пластинки дорівнює  $d$ . Тиск води притискає пластинку до трубки. До якої висоти  $H_1$  потрібно налити води в трубку, щоби пластинка почала випливати? Густина води  $\rho$ , а дерева  $\rho_1$ .



**Задача 4.**

Для вимірювання невідомого опору  $R$  резистора збрали коло за схемою 1 (рис. 1), при цьому амперметр показав  $I_1 = 1 \text{ mA}$ , а вольтметр  $U_1 = 4.8 \text{ V}$ . Тоді збрали коло за схемою 2 (рис. 2) із цих самих елементів, при цьому прилади показали силу струму  $I_2 = 2.5 \text{ mA}$  і напруги  $U_2 = 4.5 \text{ V}$ . Визначити значення опору  $R$  резистора. Визначити також опір амперметра  $R_A$  і вольтметра  $R_B$ . Напругу на клеммах джерела вважати постійною.

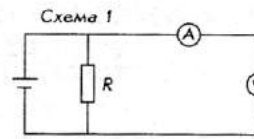


рис. 1.

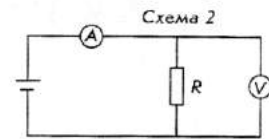


рис. 2.

**Задача 5.**

Нагрівачий пристрій, що живиться струмом постійної напруги, складається із двох паралельно з'єднаних резисторів з опором  $R_1$  і  $R_2$ , які можуть мати довільні значення. Як зміниться потужність, яку споживає прилад, при заміні паралельного з'єднання резисторів послідовним, вкажіть межі зміни.

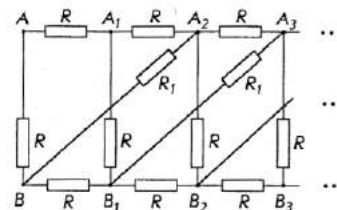
**10 клас**

**Задача 1.**

Через трубопровід пропускають газ і нагрівають його електронагрівачем. Нехтуючи втратами тепла, визначити питому теплоємність газу, якщо потік газу через трубопровід становить 700 кг/год, потужність нагрівача 1 кВт, температура газу перед нагрівачем  $18^\circ\text{C}$ , за нагрівачем  $23,2^\circ\text{C}$ . Тиск повітря в трубопроводі вважайте постійним. Запропонуйте, як, не змінюючи методу вимірювання, усунути вплив втрат тепла через стінки на результати дослідів.

**Задача 2.**

Визначити опір кола між точками А і В. Довести, що у випадку  $R = R_1$  деякі резистори можна вилучити, не змінюючи опір всього кола. Які це резистори?



**Задача 3.**

Маємо склянку з водою, об'єм якої  $V$ , склянку з вином об'ємом  $V'$  і ложку об'ємом  $V_0$ . а) Наберімо повну ложку вина, вилеємо його в склянку з водою і добре перемішаємо. Далі наберемо ложку цієї суміші і вилиємо її назад у склянку з вином. Яка кількість води (в об'ємних одиницях) буде в склянці з вином? Яка кількість вина буде в склянці з водою? б) Ті ж самі питання, що в пункті а), але початково набираємо ложку води і виливаємо її в склянку з вином, а далі ложку отриманої суміші виливаємо назад у склянку з водою.



**Задача 4.**

Металевий диск підвішено за його край на однакових вертикальних нитках довжиною  $l$ . Якщо диск повернути навколо вісі і відпустити, то він почне здійснювати крутильні коливання. Як зміниться період його коливань, якщо в центрі диска розмістити невеликий за розмірами вантаж, маса якого дорівнює масі диска?

**Задача 5.**

Знайти ККД водяного реактивного двигуна катера, якщо площа вхідного отвору двигуна  $S = 0.9$  м, а вихідного  $s = 0.02$  м.

**11 клас**

**Задача 1.**

Конденсатор ємністю  $C$  приєднали до джерела напруги, яке має е.р.с.  $E$ . Нехай  $R$  — повний опір кола. Знайти ефективність процесу зарядки конденсатора, якщо підтримувати постійним а) значення напруги джерела, б) струм у колі. Порівняти ефективність процесів а) і б), якщо час зарядки: малий; великий. Ефективність процесу визначається відношенням енергії, запасеної конденсатором, до затраченої під час зарядки.

**Задача 2.**

Сім'я вирішила зробити прогулянку на повітряній кулі, підйомна сила якої виникає при підйомі повітря через отвір у нижній частині кулі. Загальна маса пасажирів, корзини і балону з пропаном для газового пальника 221 кг. У балоні знаходиться 800 г пропану. а) Чи зможе піднятися куля, якщо повітря в ній нагріли до  $127^\circ\text{C}$ ? б) Якою має бути мінімальна маса пропану в балоні, щоб куля могла піднятися у повітря? Нехтувати нерівномірністю нагріву повітря в кулі та теплообміном через її оболонку. Теплоємність повітря  $33$  Дж/моль $\cdot$ К, тепловірна здатність пропану  $2.21 \cdot 10^6$  Дж/моль, температура навколишнього повітря  $27^\circ\text{C}$ , маса моля пропану  $44$  г/моль.

**Задача 3.**

а) На рис. 1-4 зображено хід монохроматичного променя світла в одній і тій же прямій рівнобедреній призмі при падінні променя на різні її грані або під різними кутами. В чому принципова різниця характеристик світла після призми в цих випадках, якщо на призму падає біле світло?

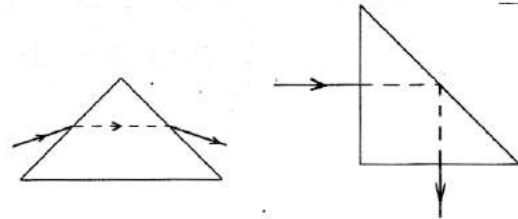


рис. 1.

рис. 2.

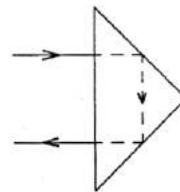


рис. 3.

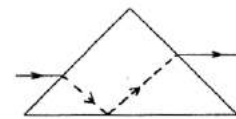


рис. 4.

б) Нехай на призму падає світловий пучок, як на рис. 4, який складається з червоного та фіолетового променів. Знайти максимальну ширину  $d$  світлового пучка, при якій промені на виході призми будуть спостерігатись розділеними. Довжина ребра призми  $4$  см, показник заломлення червоного світла  $1.33$ , фіолетового —  $1.34$ . Пучки променів вважаються розділеними, якщо відстань  $l$  між ними більша, ніж ширина пучків  $d$ . При розрахунках скористайтесь тим, що при малих значеннях  $x$ :

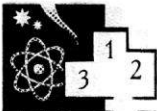
$$(1 + x)^{-1} \approx 1 - x, (1 - x)^{-1/2} \approx 1 + x/2.$$

**Задача 4.**

Плазма складається з однакової кількості вільних електронів і додатньо заряджених іонів, так що в середньому в кожному елементі об'єму система електронейтральна. Внаслідок теплового руху частинок виникають флуктуації їх концентрації, а, отже, густини заряду. Маса іонів набагато більша, ніж електронів, а тому зміну густини заряду можна пов'язувати лише з рухом електронів. Запропонуйте модель, яка описує флуктуації густини заряду, і, скориставшись нею, покажіть, що ці флуктуації мають коливальний характер. Знайдіть частоту коливань густини заряду.

**Задача 5.**

Для забезпечення правильного заходу літака на посадку застосовують систему, яка складається з радіопередавача, що працює на частоті  $f = 3000$  МГц, і двох передавальних антен, розміщених на відстані  $H = 10$  м одна від одної. Які відхилення від точного курсу літака може виявити, приймаючи сигнали цієї радіосистеми, радист літака на відстані  $L = 5$  км від точки посадки?



## Теоретичні завдання обласної XXXVIII олімпіади з фізики школярів Львівщини, 1998 р.

8 клас

9 клас

### Задача 1.

В калориметр налили 0,5 л води при температурі  $20^\circ\text{C}$  і вкинули 1 кг льоду при температурі  $-40^\circ\text{C}$ . Скільки льоду залишиться після процесу теплообміну?

### Задача 2

По паралельних коліях назустріч рухаються два поїзди: пасажирський довжиною 300 м з швидкістю 60 км/год і товарний з швидкістю 40 км/год. Машиніст пасажирського поїзда виміряв, що товарний поїзд проїжджає повз нього за 21,6 с. Визначити відстань від точки зустрічі поїздів до точки розходження останніх вагонів.

### Задача 3.

Два циліндри з'єднані внизу трубою. В один з них налили воду, а в другий — нафту. При цьому різниця між рівнями нафти і води становила  $h = 5$  см. Переріз циліндра з нафтою  $S = 80$  см<sup>2</sup>. У циліндр з нафтою кладуть невагомий поршень і деякий вантаж на поршень. При якій масі вантажу рівні води і нафти будуть однакові? Під час експерименту нафта не перетікає в інший циліндр.

### Задача 4.

Автомобіль, маючи 1 л палива, може проїхати по горизонтальній дорозі 6 км. Яку відстань він зможе проїхати на цьому ж запасі палива, піднімаючись вгору по дорозі з ухилом 10 м на 1 км шляху? Спускаючись вниз при тих самих умовах? Сила тертя у всіх випадках становить 2 % від ваги автомобіля.

### Задача 5.

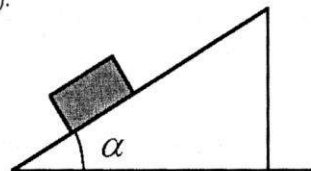
Циліндричну посудину кладуть на воду в одному випадку вниз дном, в другому — догори дном. В обох випадках посудина плаває. На посудину кладуть вантаж. У якому з цих випадків максимальний вантаж, при якому посудина ще плаває, більший? Відповідь пояснити.

### Задача 1.

Під яким найменшим кутом до горизонту слід кинути м'яч, щоб він пролетів скрізь баскетбольне кільце зверху, не вдарившись в нього. Радіус м'яча  $r$ , радіус кільця  $R = 2r$ , висота кільця над підлогою  $H = 3$  м. Баскетболіст кидає м'яч з висоти  $h = 2$  м. Віддаль по горизонталі від баскетболіста до кільця  $l = 5$  м. (Вважати:  $\sqrt{3} = 1,8$ ).

### Задача 2.

На похилій площині, що утворює з горизонтальною площиною кут  $\alpha = 30^\circ$  лежить брусок (див. рис.). В брусок попадає і застрягає в ньому куля, після цього брусок починає ковзати по похилій площині з початковою швидкістю  $v = 280$  м/с, паралельно похилій площині. Визначити повний час руху бруска? Коефіцієнт тертя між похилою площиною та бруском  $\mu = 0,7$  ( $g = 10$  м/с<sup>2</sup>).



### Задача 3.

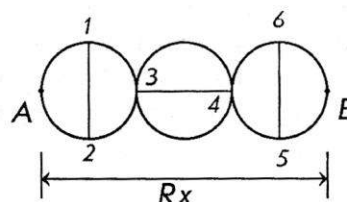
Маса зваженого на терезах у повітрі тіла виявилась рівною  $m$ . Яка справжня маса тіла, якщо густина тіла  $\rho_1$ , важків —  $\rho_2$ , і повітря —  $\rho_3$ ?

### Задача 4.

Дзеркало, поперечний переріз якого є півколом, помістили в широкий пучок світла, паралельний оптичній осі дзеркала. Знайти найбільший кут розходження променів при відбиванні світла від дзеркала.

### Задача 5.

З дротини опором  $R = 4,14$  Ом виготовили три однакових кільця з діаметральними перемичками. Кільця з'єднані між собою, як показано на рис. Визначити опір такої системи.



10 клас

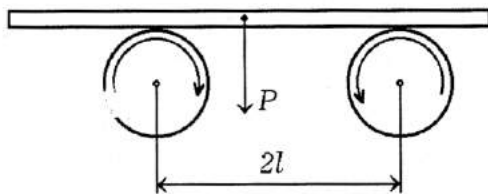
**Задача 1.**

Тіло масою  $m = 1$  кг ковзає без тертя по гладкій горизонтальній поверхні і зустрічає нерухому гладку перешкоду масою  $M = 5$  кг, яка також без тертя може ковзати по поверхні. Висота перешкоди  $H = 1.2$  м. При якій мінімальній швидкості тіло подолає перешкоду? Знайти кінцеві швидкості тіла і перешкоди при початкових швидкостях тіла  $V_0 = 5$  м/с і  $V_0 = 6$  м/с.



**Задача 2.**

Два паралельних однакових валики обертаються з однаковими швидкостями в напрямках показаних на рис. На валики горизонтально покладена дошка вагою  $P$ , центр якої дещо зміщений відносно середини віддалі між валиками. Віддаль між осями валиків дорівнює  $2l$ . Коефіцієнт тертя між валиками і дошкою дорівнює  $k$ . Як рухається дошка? Висновок обґрунтувати розрахунками.

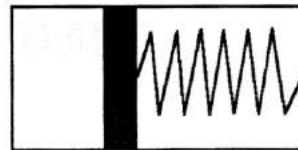


**Задача 3.**

Мильна бульбашка, наповнена гарячим повітрям, нерухомо висить у повітрі. Атмосферний тиск дорівнює  $P_0$ , температура оточуючого повітря  $T_0$ , а молярна маса  $\mu$ . Густина мильної плівки  $\rho$ , її товщина  $\delta$ , а радіус бульбашки  $r$ . Знайти температуру повітря всередині бульбашки; а) невраховуючи сил поверхневого натягу; в) враховуючи поверхневий натяг (коефіцієнт натягу  $\sigma$ ).

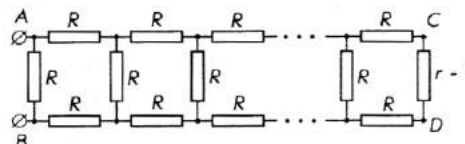
**Задача 4.**

Теплоізолюваний, закритий стінками з обох боків циліндр розділений на дві частини теплоізолюючим поршнем, який може пересуватися без тертя. В лівій частині циліндра міститься 1 моль ідеального одноатомного газу, в правій — вакуум. Поршень з'єднаний з правою стінкою циліндра пружиною, довжина якої у недеформованому стані дорівнює довжині циліндра. Визначити теплоємність  $C$  системи. Теплоємність циліндра, поршня і пружини знехтувати.



**Задача 5.**

Який опір необхідно під'єднати до точок С і D останньої ланки схеми, щоб опір між точками А і В не залежав від кількості елементарних ланок?



11 клас

**Задача 1.**

До конденсатора, що складається з двох квадратних пластин зі стороною 10 см, розташованих на віддалі 1 см одна від одної і розділених повітрям, прикладено напругу 0.1 В. Між пластини конденсатора влітає електрон зі швидкістю  $v_0$ , напрямленою паралельно до пластин конденсатора та перпендикулярно до однієї з його сторін. В початковий момент віддаль електрона від від'ємно зарядженої пластини 4 мм. Якою має бути початкова швидкість, щоб електрон пролетів крізь конденсатор? Відношення заряду електрона до його маси  $1.759 \cdot 10^{11}$  Кл/кг.

**Задача 2.**

Чому, коли ми підносимо наелектризований гребінець до дрібних клаптиків паперу, вони всі притягуються до гребінця і жоден не відштовхується? Чи буде поведінка клаптиків такою самою, якщо ми піднесемо до них наелектризовану скляну паличку?

**Задача 3.**

У вертикальному циліндрі під поршнем масою  $M$ , що може ковзати без тертя, перебуває газ. Висота поршня від дна циліндра  $h$ . Якою буде висота поршня від дна циліндра, якщо циліндр буде рухатись вертикально вгору з прискоренням  $a$ , а температура газу залишиться незмінною?

**Задача 4.**

На тонкій гумці, яка без навантаження мала довжину 0.5 м та коефіцієнт жорсткості 0.98 Н/м, підвісили тягарець масою 10 г. Після встановлення рівноваги тягарець відтягнули вертикально вниз на 20 см від рівноважного розташування і відпустили. Визначте період коливань та найменшу віддаль тягарця від точки підвісу.

**Задача 5.**

Який найбільший кут може бути між двома гранями призми, виготовленої з прозорого матеріалу з показником заломлення 2, щоб через ці дві грані ще можна було побачити джерело світла?



## ХІМІЧНА РЕЧОВИНА В СВІТЛІ Х-ПРОМЕНІВ

Вже давно минули ті часи, коли єдиним джерелом інформації про будову хімічної сполуки були її хімічні перетворення. Згодом з'явилась необхідність якісно глибше вивчати будову вперше отриманих сполук, та раніше відомих сполук цікавитись фізичними властивостями та особливостями їх будови як причини цих властивостей. На допомогу прийшли фізичні методи дослідження. Багатьом відомі методи інфрачервоної та ультрафіолетової спектроскопії<sup>1</sup>, які є доступні і широко використовують хіміки. Потужні методи мас-спектроскопії<sup>2</sup>, електронного парамагнітного резонансу<sup>3</sup> (ЕПР) і ядерного магнітного резонансу<sup>4</sup> (ЯМР) зараз часто є стандартом в описі вперше отриманої сполуки. Але жоден з цих методів не дає можливості безпосередньо «побачити» саму молекулу, з точними значеннями довжин хімічних зв'язків, кутів між ними, деталями міжмолекулярної взаємодії, проявами теплового руху окремих атомів та молекул як цілого, перерозподілом електронної густини в молекулі, тощо. Все це можна отримати за допомогою методу рентгеноструктурного аналізу (РСА). Ціною цієї унікальної інформації є значна трудомісткість визначення параметрів кристалічної структури, і часом (в нетривіальних випадках) високий професіоналізм дослідника. Метод РСА (та споріднена з ним нейтронографія) є, напевно, найбільш інформативними методами визначення будови кристалічної сполуки.

<sup>1</sup>Прості у вжитку методи вивчають електронні та коливальні рівні в молекулі і дають змогу проводити якісний аналіз. Набори частот випромінювання, що поглинається, є характеристичними для певних функціональних груп у молекулі.

<sup>2</sup>Метод ґрунтується на бомбардуванні речовини у газовій фазі електронами, які розбивають молекули на ряд позитивно заряджених частинок. Дуже точне визначення відношення маси частинок до їх зарядів дає багато інформації про будову вихідних молекул.

<sup>3</sup>Об'єкти дослідження методу — молекули з непарною кількістю електронів та вільні радикали радикали. Спектр поглинання випромінювання в міліметровому діапазоні дає змогу виявити валентність парамагнітного іону та його оточення.

<sup>4</sup>В основі методу є вибіркове поглинання електромагнітної енергії речовиною, зумовлене магнітними моментами атомних ядер. Численні методи ЯМР спектроскопії дають змогу отримати масу кількісної та якісної інформації про будову речовини.

### Об'єкти дослідження методом РСА

Відчутним обмеженням у дослідженні об'єктів є необхідність їх отримання

в кристалічній формі. Дифракцією Х-променів та їх малокутовим розсіюванням на аморфній речовині також можна отримати цікаву інформацію, але класичний РСА (метод монокристала) передбачає наявність зразка у вигляді малодфектного кристала (монокристала). Кількість речовини, необхідної для аналізу, обмежується мікрограмами (для сучасних приладів достатньо навіть нанограмів). Коли неможливо одержати монокристал, РСА проводять, використовуючи дрібнокристалічний порошок (метод порошку), що, все ж, забезпечує дещо нижчу інформативність. Спектр досліджуваних класів сполук різноманітний — від сплавів до білків, у дослідженні кожного з цих класів зробив значний вклад РСА. У 1951 р. методом РСА визначено абсолютну конфігурацію органічної сполуки [1], чим розв'язано проблему, яка в принципі не мала розв'язку протягом десятиліть. Значна частина нобелівських лауреатів своїми досягненнями завдячують РСА [2]. В Україні відомим центром структурних досліджень є кафедра неорганічної хімії Львівського державного університету ім. І. Франка. Крім інтерметалічних сполук, проводяться структурні дослідження одного з маловивчених класів сполук —  $\pi$ -комплексів одновалентної міді (під керівництвом проф. М.Г.Миськіва), в яких я беру участь. Тому ілюстрація можливостей РСА буде проведена на прикладі однієї із сполук цього класу — вперше отриманого та структурно вивченого  $\pi$ -комплексу хлориду міді(I) з N-алліл-2-фуриллальдміном (L) складу  $2\text{CuCl} \cdot \text{L}$  (I) [3].

### Суть і методи експерименту в РСА

Кристали є об'єктами дослідження методом РСА. Тому звернемо увагу на деякі деталі їх будови [4]. Найменшою одиницею, повторення якої в просторі відображає будову ідеального кристалу, є його елементарна комірка — паралелепіпед, з довжинами ребер  $a$ ,  $b$  та  $c$  та з протилежними їм кутами  $\alpha$ ,  $\beta$  та  $\gamma$  (параметрами ґратки). Різні спів-



відношення між параметрами ґратки викликають різну симетрію паралелепіпеда, приводячи до класифікації кристалів по сингоніях. Суть РСА — це дифракція Х-променів на кристалічних площинах. Кожна з таких площин відтинає на ребрах  $a$ ,  $b$  та  $c$  відрізки  $a/h$ ,  $b/k$  та  $c/l$ , і, таким чином, характеризується цілочисельними індексами  $h$ ,  $k$  і  $l$ . Опромінення нерухомого кристалу Х-променями з різною довжиною хвилі  $\lambda$ , при виконанні умови Вульфа-Брегга ( $2d\sin\theta = n\lambda$ , де  $n$  - ціле число, а  $d$  - відстань між сусідніми площинами з індексами  $hkl$ ), спричиняє їх дифракцію на площинах  $hkl$ . Реєструючи дифракційну картину на плоску фотоплівку, отримуємо лауеграму, на якій кожна точка характеризує площину  $hkl$ . Вивчаючи лауеграми від кристала, опроміненого в різних орієнтаціях, можемо визначити його сингонію.

Заглянувши дещо глибше в будову кристала, побачимо, що його елементарна комірка заповнена атомами, які часто зв'язані у молекули. Окрема молекула, як і елементарна комірка, також може мати симетрію. Елементами симетрії молекули в кристалі можуть бути (в дужках вказані їхні позначення): осі симетрії ( $2, 3, 4, 6, \bar{4}, \bar{6}$ ), дзеркальна площина симетрії ( $m$ ), та центр симетрії ( $\bar{1}$ ). Але внаслідок періодичності в кристалі, окремі молекули (атоми), що його складають, також пов'язані між собою особливими, характерними тільки для кристалів, елементами симетрії: гвинтовими осями симетрії

$$(2_1, 3, 3_2, 4_1, 4_2, 4_3, 6_1, 6_2, 6_3, 6_4, 6_5)$$

та ковзним.. площинами відбиття ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $n$ ,  $d$ ). Саме ці елементи симетрії і може виявити РСА шляхом аналізу відбиттів  $hkl$ . Наприклад, систематична відсутність дифракції від площин з індексами  $hkl$ , де сума  $h+k$  непарна, а  $l = 0$ , свідчить про наявність площини  $n$  уздовж осі  $z$  (ребра  $c$ ). Молекули в кристалі можуть бути пов'язані між собою не тільки відбиттями, поворотами та інверсією, а й переносами (виникають відповідно  $P$ ,  $C$ ,  $F$  та  $I$  ґратки). Виявлення елементів симетрії, типу ґратки і визначення параметрів елементарної комірки може бути проведене при аналізі рентгенограм обертання, коливання та Вейсенберга, проте опис цих методів потребує більше часу. Отже, симетрія кристалічної речовини не вичерпується його приналежністю до однієї

з семи сингоній, а характеризується однією із 230-ти просторових груп симетрії. Наприклад, структура I описується просторовою групою  $P21/n$  (моноклінна сингонія). Аналіз геометрії дифракційних плям на рентгенограмах (перший етап РСА) дає змогу виявити лише дифракційний клас симетрії кристала. Як просторова група, так і розміщення атомів у кристалі, стають відомими лише в процесі виконання другого етапу РСА — аналізу відносних інтенсивностей дифракційних плям.

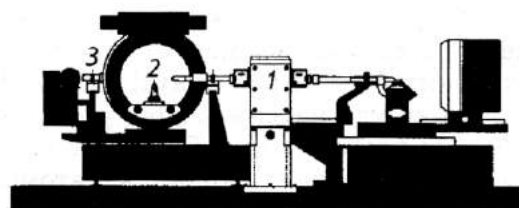


Рис. 1. Дифрактометр

1 - джерело Х-променів, 2 - досліджуваний кристал, 3 - приймач Х-променів

У наш час другий етап РСА проводять вже не за допомогою фотоплівок, а використовуючи високоточні і досить дорогі автоматичні дифрактометри, завданням яких є точно виміряти інтенсивності якомога більшої кількості відбиттів Х-променів (від площин  $hkl$ ) і на основі цього визначити параметри ґратки. Наприклад, параметри ґратки в структурі I:  $a = 15.716(3)$ ,  $b = 8.764(2)\text{\AA}$ ,  $c = 8.426(2)\text{\AA}$ ,  $\alpha = 111.27(2)^\circ$ ,  $\beta = \gamma = 90^\circ$  (в дужках вказана дисперсія значень), 1453 виміряних рефлексів. Робота ця часомістка (займає від кількох днів до кількох тижнів), та й вартість звичайного дифрактометра досить висока. Отриманий масив інтенсивностей є результатом експерименту. Наступним етапом є їх обробка для отримання інформації про реальну структуру речовини (координати всіх атомів) та параметри їх теплових коливань.

#### Проблема фаз. Розв'язок структури [5]

Інтенсивність рефлексів  $I_{hkl}$  пов'язана з їх структурними факторами  $F_{hkl}$ , в яких міститься інформація про структуру кристала, залежністю  $I_{hkl} \propto F_{hkl}^2$ . Маючи  $I_{hkl}$ , можна знайти модулі структурних факторів  $|F_{hkl}|$ , але не можна знайти їхніх знаків. У нецентросиметричних кристалах структурні фак-



структурні фактори є комплексними величинами:

$$F_{hkl} = A_{hkl} + iB_{hkl},$$

і тому, визначивши інтенсивності  $n$  відбиттів, отримуємо  $2n$  невідомих. Якщо ввести величину фази

$$\alpha_{hkl} = \arctg(B_{hkl}/A_{hkl}),$$

то структурний фактор запишеться як

$$F_{hkl} = |F_{hkl}| \exp(i\alpha_{hkl}).$$

Отже, невідомими залишаються фази  $\alpha_{hkl}$ . Для розв'язання цієї, найбільшої проблеми RSA, запропоновано низку методів, кожен з яких має свої межі застосування. Деякі з них будуть розглянуті нижче. Ця проблема не має математичного розв'язку, і відома як проблема фаз. Зворотна задача має легкий розв'язок: якщо для  $j$  атомів у структурі відома їх координати  $x_j, y_j, z_j$ , то за формулою

$$F_{hkl} = \sum_j f_j \exp[2\pi i(hx_j + ky_j + lz_j)],$$

де  $f$  - табличні дані розсіювання X-променів  $j$ -им атомом, можна легко знайти структурні фактори. На цьому ґрунтується одне з перших розв'язань проблеми фаз — метод проб і помилок: для модельної структури розраховують  $F_{hkl}$ , порівнюють їх із знайденими з експерименту, на основі чого приймають або відкидають модель. Але для структур нав'язаної складності варіантів вже надто багато. Тому наступним кроком у розв'язанні цієї проблеми був запропонований метод важкого атома. Речовину, яку треба вивчити методом RSA, перетворюють у її хімічне похідне, в складі якого є атом з великим порядковим номером (такі атоми сильно розсіюють X-промені). Координати важкого атома можна знайти, знаючи лише модулі структурних амплітуд, після чого приймається, що цей атом визначає переважну більшість фаз у структурі. Обчисливши приблизні значення  $\alpha_{hkl}$ , за допомогою синтезу Фур'є можна отримати карту електронної густини в кристалі:

$$\rho(x, y, z) = \frac{1}{V} \sum_h \sum_k \sum_l |F_{hkl}| \exp[-2\pi i(hx + ky + lz) + i\alpha_{hkl}]$$

Максимуми, отримані на ній, вказують позиції атомів, за допомогою яких можна от-

римати модель структури. Було визначено структуру вітаміну  $B_{12}$  [6]. З використанням важких атомів (метод ізоморфного заміщення, метод аномальної дисперсії) успішно визначають фази в структурах складних речовин природного походження (див. структуру стрихніну [7]), а також абсолютну конфігурацію цих сполук [8].

Коли введення важкого атома у структуру є небажаним (або неможливим) використовують потужніші методи, які вимагають значних математичних розрахунків, наприклад, векторні методи [5]. Але найпотужнішими сьогодні є прямі методи, які беруть свій початок з 1948 р. [9]. У них використовуються імовірнісні залежності між фазами різних відбиттів, за допомогою яких можна отримати частину значень фаз безпосередньо з модулів структурних амплітуд. Модель структури знаходять із синтезу Фур'є, проведеного по тій частині масиву інтенсивностей, для якої знайдені фази.

Якщо знайдена модель правильна, її доповнюють до цілісної структури введенням легких атомів, яких не вистачає, та уточненням координатних і анізотропних теплових параметрів. Ці операції проводять ітераційно до повної збіжності, при цьому мінімізують значення фактора розбіжності  $R$  між спостережуваними та обчисленими модулями структурних амплітуд:

$$R = \frac{\sum ||F_{\text{спост}}| - |F_{\text{об'єкт}}||}{\sum |F_{\text{спост}}|} \rightarrow \min$$

Для проведення розрахунків у RSA, обробки його результатів і їх інтерпретації використовуються потужні програмні пакети, наприклад, для розшифровки структури I використовували пакетування програм CSD [10].

### Результати RSA

У структурі I знайдено 23 атоми, для яких уточнено координатні та анізотропні теплові параметри до  $R$ -фактору 2.8 % (для 9-ти атомів водню уточнювались ізотропні коливання). На основі цих даних (163 незалежні параметри) виявлено багато стереохімічних особливостей будови цього комплексу, які детально обговорені в [3]. Наприклад, встановлено, що міцна взаємодія  $\text{Cu}(1)\text{-N}$  (довжина зв'язку становить 1.932(4) Å) перешкоджає  $\pi$ -координації  $\text{Cu}(\text{C}=\text{C})$  з тим самим атомом міді, тому вона реалізується на



іншому, кристалографічно незалежному, атомі міді Cu(2). Виявлено конформацію органічної молекули та вплив міжмолекулярної взаємодії на формування структури I. На рис. зображено фрагмент структури. Анізотропію теплових коливань атомів зображено трьома взаємно перпендикулярними перерізами еліпсоїдів теплових коливань.

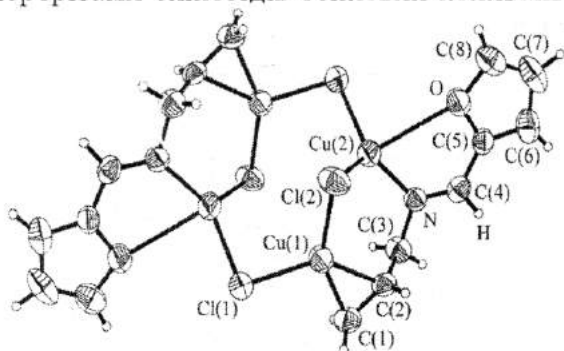


Рис. 2. Фрагмент структури  $2\text{CuCl L}$  (I)

Знаючи координати атомів у структурі, можна побудувати достатньо великий її фрагмент, який відображає саму кристалічну структуру, і методами квантової хімії порахувати в ній розподіл зарядів на атомах. У структурі I було побудовано такий кластер і за допомогою пакета програм HYPERCHEM [11] проведено розрахунок. Його результати дають змогу зробити ще деякі висновки.

За допомогою прецизійного РСА можна знайти абсолютні заряди на атомах не застосовуючи квантово-хімічних розрахунків. Для цього необхідно використовувати дуже якісний кристал, обточений до форми кулі, потужні методи корекції на поглинання Х-променів кристалом та розширений в об'ємі рентгенівський експеримент.

У загальному РСА не має «битого шляху», по якому потрібно йти. Конкретні методики вибирає сам експериментатор. В нетривіальних випадках (існування підструктури, двійникування) експериментатор сам шукає шлях розв'язання проблеми. Часто недостатньо рутинного використання програмного забезпечення, потрібне детальне розуміння його роботи та деяке чуття. В наш час також розробляються нові методики в РСА, пишуться нові програми, конструюються нові прилади. Отже, РСА не перетворився в ремесло, в ньому є ще велика частка мистецтва.

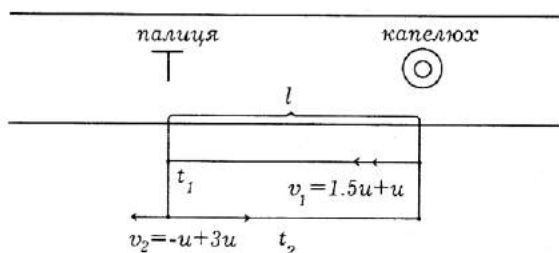
1. Bijvoet M. J., Peerdeman A. F., Van Bommel A. J. // Nature. 1951 Vol. 168. P. 271.
2. Овчинников Ю. А. Биоорганическая химия. М.: Просвещение, 1987. 815 с.
3. Філінчук Я. Е., Мыськів М. Г. // Коорд. химия. 1998. Т. 24. № 5. С. 359.
4. Бокій Г. Б. Кристаллохимия. 3 изд. М.: Наука, 1971. 400 с.
5. Stout G. H., Jensen L. H., X-ray structure determination. N. Y.; L., 1968. 458 p.
6. Hodgkin D. C., Lindsey J., Mackay M., Trueblood K. N. // Proc. Roy. Soc. (London). 1962. V. A 266, P. 475.
7. Matthews B.W. // Acta Cryst. 1966. Vol. 20. P. 230.
8. Bakhoven C., Schoone J. C., Bijvoet M. J. // Acta Cryst. 1951 Vol. 4/ P. 275.
9. Harker D., Kasper J. S. // Acta Cryst. 1948. Vol. 1. P. 70.
10. Аксельруд Л. Г., Гринь Ю. Н., Завалий П. Ю. и др. Пакет программ для структурного анализа кристаллов CSD. Общее описание. Львов: Изд-во Львов. гос. ун-та, 1990.
11. Bearden D. W. // Computer Software Reviews, 1993. Vol. 33. No. 3. P. 525.

**Ярослав Філінчук,**  
студент IV курсу  
хімічного факультету  
Львівського держуніверситету  
ім. І.Франка

## Розв'язки задач Всеукраїнської олімпіади з фізики за 1998 р.

### 8-й клас

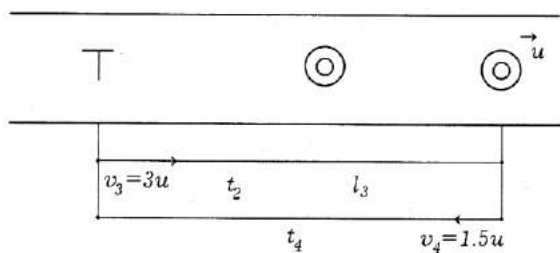
#### Задача 1. СВ - річка



10 хв =  $t_1$  — час, через який чоловік зустріне палицю, після того, як витяг капелюха, відстань між капелюхом і палицею  $l = v_1 t_1$ .  
 $t_2$  — час, за який чоловік добіжить до капелюха від місця кидання палиці.

$$t_2 = \frac{l}{v_2} = \frac{2.5u \cdot t_1}{2u} = 1.25t_1$$

СВ - Земля



$l_3 = v_3 t_2 = 3u t_2$  — відстань, яку пробіжить чоловік від моменту кидання палиці до моменту витягання капелюха.

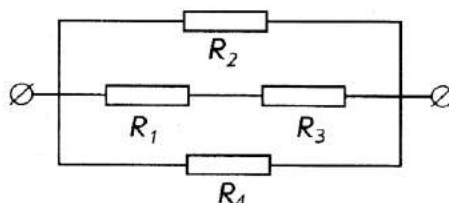
$$t_4 = \frac{l_3}{v_4} = \frac{3u \cdot t_2}{1.5u} = 2t_2$$

дійде до місця кидання палиці від моменту витягання капелюха.

Час запізнення

$$\Delta t = t_2 + t_4 = 3t_2 = 3 \cdot 1.25t_1 = 37.5 \text{ хв}$$

#### Задача 2.

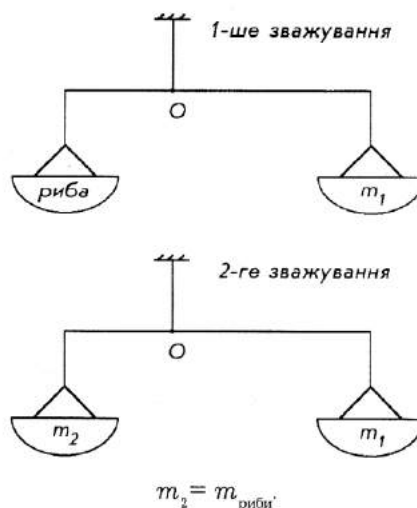


$$R_1 = 1 \text{ Ом}, R_2 = 2 \text{ Ом}, R_3 = 3 \text{ Ом}, R_4 = 4 \text{ Ом}$$

$$I_3 = 3 \text{ А} = I_1 \Rightarrow U_{13} = I_3(R_1 + R_3)$$

$$P_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{U_{13}^2}{R_2} = \frac{I_3^2 (R_1 + R_3)^2}{R_2} = 72 \text{ Вт}$$

#### Задача 3.



$$m_2 = m_{\text{риба}}$$

#### Задача 4.

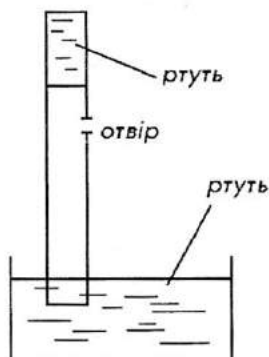
Нехай об'єм порожнини  $V_0$ . Якщо лід суцільний, то рівень води не зміниться. В нашому випадку маса льоду з порожнинами рівна масі суцільного шматка льоду. Коли лід розтане, речовина впаде на дно і займе об'єм  $V_0$ , а з суцільного шматка льоду вийшов би об'єм води більший, бо з порожнин вийшов би об'єм

$$V_1 = \frac{2V_0 \rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}} = 1.8V_0$$

Рівень води знизиться.



Задача 5.

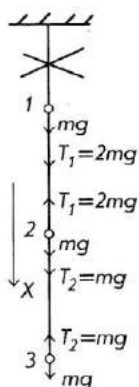


На рівні отвору тиск ртуті менший за тиск повітря, тому повітря почне витісняти ртуть: верхню частину вгору, а нижню вниз.

9-й клас

Задача 1.

1. Протиріччя немає. Центр мас системи не завжди співпадає з другою кулькою.

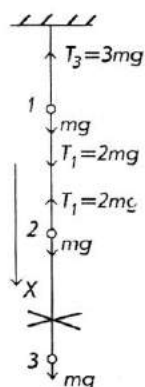


2. Як видно з малюнка,

$$a_1 = \frac{mg + T_1}{m} = 3g \text{ (вниз),}$$

$$a_2 = \frac{mg + T_2 - T_1}{m} = 0,$$

$$a_3 = \frac{mg - T_2}{m} = 0.$$



3. З малюнка:

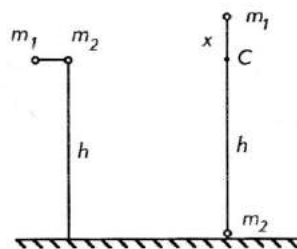
$$a_1 = \frac{mg + T_1 - T_3}{m} = 0,$$

$$a_2 = \frac{mg - T_1}{m} = g \text{ (вверх),}$$

$$a_3 = \frac{mg}{m} = g \text{ (вниз).}$$

Задача 2.

При відсутності зовнішніх дій центр мас системи не змінює свого положення і нехай знаходиться на висоті  $h$ . Коли людина опускається вниз, аеростат піднімається вгору, так, що центр мас залишиться на висоті  $h$ .



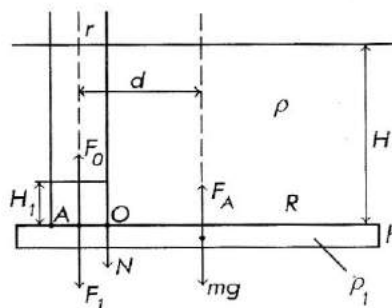
З рівняння центра мас визначимо переміщення аеростату  $x$ :

$$m_1 x = m_2 h \Rightarrow x = \frac{m_2 h}{m_1}$$

довжина канату  $l = h + x = h + \frac{m_2 h}{m_1} = 18\text{м.}$

Задача 3.

$$S = \pi r^2$$



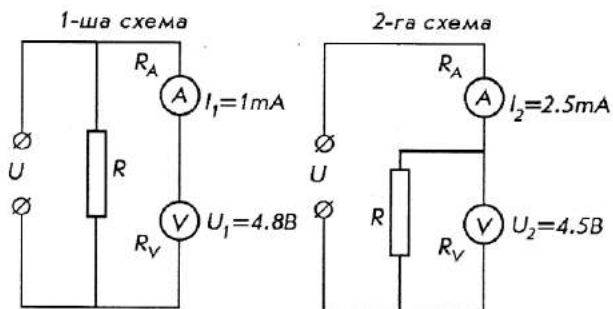
$F_1$  - сила тиску стовпа води висотою  $H_1$ ,  $F_0$  - сила тиску стовпа води висотою  $H$ ,  $F_0 + F_A$  - сила тиску води на пластину при відсутності води у трубці (заповнимо трубку рідиною з густиною  $\rho$  і  $-\rho$  стовпом висотою  $H$ . Тоді враховуючи рідину з густиною  $\rho$  в трубці, на пластину діє сила Архімеда, а сила дії рідини з густиною  $-\rho$  буде рівна  $F_0$ . Але сума рідин з густиною  $\rho$  і  $-\rho$  в трубці означає відсутність рідини. Тобто, коли в трубці немає рідини, на пластину діє сила  $F_0 + F_A$ ). Пластина, спливаючи, хоче обертається навколо вісі, що проходить через точку  $O$ . Запишемо умову рівноваги для обертання пластини навколо вісі  $O$ , враховуючи, що максимальному рівню води у трубці відповідає переміщення сили реакції трубки  $N$  з усього периметру в точку  $O$ .

$$(F_A - mg)(d - r) = (F_0 - F_1)r,$$

$$(\rho gV - \rho_1 gV)(d - r) = (\rho gH - \rho gH_1)rS,$$

$$H_1 = H - \frac{(\rho - \rho_0)h(d - r)R^2}{\rho r^3}.$$

Задача 4.



З 1-ої схеми:  $R_V = \frac{U_1}{I_1} = 4,8 \text{ кОм}$ .

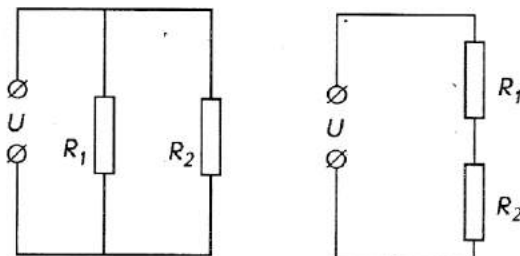
З 1-ої і 2-ої схем:

$$U = I_1 R_A + U_1 = I_2 R_A + U_2 \Rightarrow R_A = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} = 0,2 \text{ кОм}$$

з 2-ої схеми:

$$I_R = I_2 - I_V = I_2 - \frac{U_2}{R_V} \Rightarrow R = \frac{U_2}{I_R} = \frac{U_2 R_V}{I_2 R_V - U_2} = 2,88 \text{ кОм}$$

Задача 5.



$$P_1 = \frac{U^2 (R_1 + R_2)}{R_1 R_2}, \quad P_2 = \frac{U^2}{R_1 + R_2}$$

$$K = \frac{P_1}{P_2} = \frac{(R_1 + R_2)^2}{R_1 R_2} = \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_2}{R_1} + 2 \geq 4$$

Як відомо з математики,

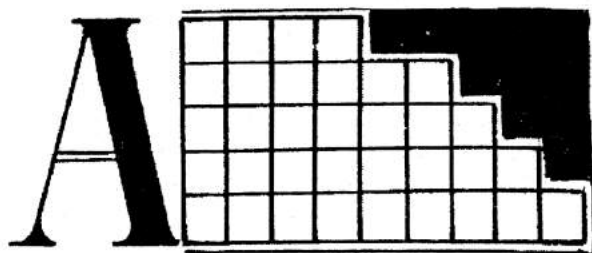
$$\frac{R_1}{R_2} + \frac{R_2}{R_1} = x + \frac{1}{x} \geq 2$$

Потужність зменшиться у  $k$  разів.

$$4 \leq k < \infty, \quad k = 4, \text{ при } R_1 = R_2, \quad k = \infty, \text{ при } R_1 = 0 \text{ або } R_2 = 0.$$

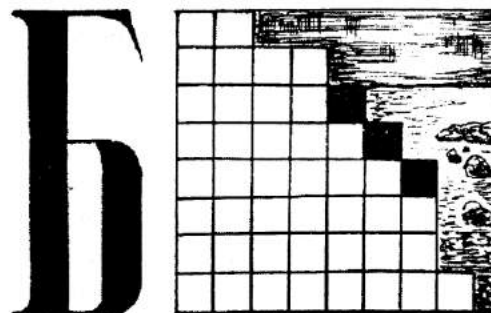
Матеріали підготував  
Володимир Алексейчук

У незаповнені клітинки по горизонталі впишіть прізвища відомих фізиків, які починаються літерою **А** та **Б**.



1. Датський фізик.
2. Англійський вчений.
3. Один із авторів першого квантового генератора.
4. Французький фізик.
5. Вчений, який вивів формулу для обчислення довжини хвиль.
6. Академік, який написав книгу "Гідродинаміка".
7. Австрійський вчений.
8. Французький фізик, який відкрив явище радіоактивності.

Із книги М.М.Горбань "На уроці та після..."



1. Французький фізик.
2. Даньогрецький вчений.
3. Італійський вчений.
4. Фізик, який відкрив явище резонансного поглинання нейтронів.
5. Мислитель, який першим поставив ряд питань кінематики і динаміки.

## Розв'язки задач теоретичного туру Соросівської олімпіади

(Продовження. Умови задач див. в № 2(4), 98 р.)

11 клас

### 1. Пружинна підвіска.

Введемо декартову систему координат  $xuz$  з осями, напрямленими вздовж пружин. При малих відхиленнях кульки її потенційна енергія з точністю до членів третього порядку по відхиленню буде дорівнювати

$$U(x, y, z) = \text{const} + Ax^2 + Ay^2 + Az^2 = \\ = \text{const} + Ar^2$$

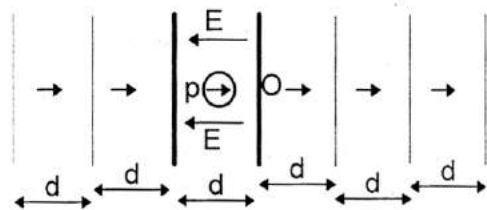
Лінійні по координатах члени відсутні тому, що ця енергія мінімальна у точці рівноваги  $x = y = z = 0$ . Коефіцієнти перед квадратичними членами є рівними, а перед змішаними членами типу  $xu$  нульовими через симетрію. Таким чином, енергія, а разом з нею і період коливань, залежить тільки від  $r$  і не залежить від напрямку відхилення. Розглядаючи відхилення вздовж однієї з пружин, отримаємо період коливань тіла, який дорівнює

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2k(1 + 2\Delta L/L)}} \approx \pi \sqrt{\frac{2m}{k}}$$

### 2. Кулька у конденсаторі.

Електричне поле в конденсаторі буде близьким до однорідного з напруженістю  $E$ . Кулька у такому полі поляризується і одержує дипольний момент  $p = Er^3$  (ми користуємося системою СГСЕ), напрямлений проти поля. Для того, щоб цей диполь не зашкодив граничним умовам сталості потенціалу на обкладинках, ми повинні застосувати метод дзеркальних відображень і отримати картину, зображену на малюнку. Стрілками зображено дипольний момент кулі та її фіктивних зображень. Слід відзначити, що при віддзеркаленні диполь не

змінює орієнтації. Для точного розв'язку електростатичної задачі треба ще додати фіктивні диполі, які утворюються при відображенні у кульці нескінченного ряду фіктивних диполів "першого порядку" і т. д., але це вже виходить за межі нашого наближення.



Навпроти кульки біля обкладинки (у точці  $O$  на малюнку) напруженість електричного поля буде дорівнювати  $E + dE$ , де  $dE$  - вклад полів диполів,

$$\Delta E = 2 \cdot 2p \left[ \frac{1}{(d/2)^3} + \frac{1}{(3d/2)^3} + \frac{1}{(5d/2)^3} + \dots \right] = \\ = 32E(r/d)^3 \left[ 1 + \frac{1}{3^3} + \frac{1}{5^3} + \frac{1}{7^3} + \dots \right]$$

Суму ряду з точністю 1% знаходимо, взявши два перших його члена. Густина поверхневого заряду пропорційна напруженості електричного поля, тому

$$d\sigma/\sigma = dE/E.$$

Звідси,  $r = 3$ ,

$$A = 32(1 + 1/27 + 1/125 + \dots) \approx \\ 32 \cdot 28/27 \approx 33,2$$



### 3. Свічка та дріт наносять удар у відповідь.

Потік тепла вздовж дроту дорівнює  $-k\pi r^2 dT/dx$ , густина потоку тепла від дроту до повітря поза полум'ям дорівнює  $\eta(T - T_0)$ . Введемо нову змінну  $t = T - T_0$  та розглянемо ділянку дроту з нескінченно малою довжиною  $dx$ . З умови теплової рівноваги маємо у точці з координатою  $x = x_0$ .

$$\begin{aligned} 2\pi r\eta(T - T_0)dx &= \\ &= k\pi r^2 \left( \frac{dT}{dx} \Big|_{x=x_0} - \frac{dT}{dx} \Big|_{x=x_0+dx} \right) = \\ &= k\pi r^2 \frac{d^2T}{dx^2} dx, \\ \frac{d^2t}{dx^2} &= a^{-2}t, \quad a = \sqrt{\frac{kr}{2\eta}}. \end{aligned}$$

Розв'язок цього рівняння має вигляд:

$$t = C \exp(x/a) + D \exp(-x/a),$$

де  $C$  і  $D$  - константи, значення яких можна знайти з граничних умов. Температура дроту має зменшуватися при віддаленні від свічки, тому при  $x > 0$  треба покласти  $C = 0$ , а при  $x < 0$  —  $D = 0$ .

На ділянці АВ, тобто всередині полум'я, ми можемо скласти таке саме рівняння і отримати такий же розв'язок для величини  $t' = T - T_1$ . У цьому випадку з міркувань симетрії (за початок координати  $x = 0$  вважаємо середину полум'я) маємо покласти  $C = D$ . Остаточо маємо наступні формули для залежності температури від  $x$

$$T(x) = T_0 + A \exp(-|x|/a) \quad (|x| \geq b),$$

$$T(x) = T_1 - B [\exp(x/a) + \exp(-x/a)] \quad (|x| \leq b).$$

Для остаточного розв'язку задачі треба ще знайти константи  $A$  і  $B$ . Прирівнюючи температури та потоки тепла на границі при  $x = b$  (як говорять фізики, "зшиваючи" ці розв'язки), отримуємо

$$A = (T_1 - T_0) [\exp(b/a) - \exp(-b/a)] / 2,$$

$$B = (T_1 - T_0) \exp(-b/a),$$

$$T(b) = (T_1 + T_0) / 2 - (T_1 - T_0) \exp(-2b/a) / 2.$$

### 4. Удар! Ще удар!

Перейдемо у систему, де фронт не рухається. На малюнку речовина втікає у поверхню фронту зліва й витікає справа.

Нехай  $u_1, u_2$  — швидкості газу перед і за фронтом.

Маса, що перетинає одиницю поверхні фронту за одиницю часу, є

$$J = \rho_1 u_1 = \rho_2 u_2 \quad (1)$$

Імпульс одиниці маси є  $\rho u$ , тому імпульс, що перетинає одиницю поверхні фронту за

одиницю часу, є  $\rho_1 u_1^2$  зліва й  $\rho_2 u_2^2$  справа. Ці величини не дорівнюють одне одному, оскільки на елементи газу, що перетинають фронт, діють різні сили тиску з правого й лівого боку. Їх різниця дає імпульс сили, яка діє на газ, що протікає через одиничну площадку фронту за одиницю часу, звідки

$$\rho_1 u_1^2 + P_1 = \rho_2 u_2^2 + P_2. \quad (2)$$

Врахуємо також закон збереження енергії, яка складається з теплової та енергії поступового руху.

За умовою щодо теплоємності густина внутрішньої теплової енергії

$$\varepsilon = \rho C_V T / \mu = AP,$$

( $A = C_V / R$ ,  $R$  - газова стала), де враховано рівняння стану  $P = \rho RT / \mu$ . Кінетична енергія механічного руху в одиниці об'єму є  $\rho u^2 / 2$ . Крім того, треба врахувати роботу сили тиску  $P_1 u_1 - P_2 u_2$  з обох боків фронту, що діє на елементи газу при перетині одиниці поверхні за одиницю часу. Зауважимо, що внаслідок цього стани газу до і після фронту не пов'язані рівнянням звичайної адіабати. Звідси,

$$\begin{aligned} u_1 (\rho_1 u_1^2 / 2 + AP_1) + P_1 u_1 &= \\ &= u_2 (\rho_2 u_2^2 / 2 + AP_2) + P_2 u_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Підставляючи  $J$  (1) в (2) маємо:

$$\begin{aligned} J^2 / \rho_1 + P_1 &= J^2 / \rho_2 + P_2 \rightarrow \\ J^2 &= \rho_1 \rho_2 (P_1 - P_2) / (\rho_1 - \rho_2). \end{aligned} \quad (4)$$

Враховуючи (1), підставимо  $u_1 = J / \rho_1$  в ліву частину (3) і  $u_2 = J / \rho_2$  в праву частину.



Звідси, після скорочень,

$$\begin{aligned} J_2^2 / (2\rho_1^2) + (A+1)P_1/\rho_1 &= \\ = J^2 / (2\rho_2^2) + (A+1)P_2/\rho_2 \end{aligned}$$

Підставимо сюди  $J^2$  з (4) і отримаємо шуканий зв'язок:

$$\begin{aligned} (A+1)(P_2/P_1 - \rho_2/\rho_1) &= \\ = (1/2)(P_2/P_1 - 1)(\rho_2/\rho_1 + 1), \quad A = C_V/R. \end{aligned}$$

Звідси, за умовою (6) отримуємо

$$A = 3/2, \quad C_V = 3R/2.$$

### 5. Кулі у кубах.

Згідно із законом Ома, який пов'язує густину струму  $J$  з напруженістю електричного поля,  $E$

$$J = \sigma E, \quad (1)$$

де  $\sigma = 1/\rho$  - питома електропровідність речовини.

Розглянемо деяку поверхню (наприклад, сферу), що оточує кульку "1", та проходить поблизу поверхні кульки. Обчислимо потік від обох сторін (1) через усю цю поверхню. Потік  $J$  дає струм через поверхню (який, в силу закону збереження заряду є однаковий для обох кульок за умови стаціонарності), а потік напруженості  $E$  пов'язаний за теоремою Гаусса з зарядом кульки  $q_1$ , тому

$$I = \sigma_1 q_1 / \varepsilon_1 \varepsilon_0,$$

$\varepsilon_0$  - абсолютна діелектрична проникність вакууму.

Звідси,

$$q_1 = \rho_1 \varepsilon_1 \varepsilon_0 I,$$

та аналогічно

$$q_2 = \rho_2 \varepsilon_2 \varepsilon_0 I.$$

Матеріали підготував  
Сергій Парновський

### Львівський технічний коледж

запрошує на навчання

**Радіотехнічний факультет:** *електронні апарати* (конструювання, виробництво та технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв); *електронні апарати* (експлуатація та ремонт медичної техніки); *телекомунікації* (монтаж, технічне обслуговування і ремонт обладнання радіозв'язку, радіомовлення та телебачення).

**Електромеханічний факультет:** *електромеханіка* (технічне обслуговування та ремонт електропобутової техніки); *електромеханіка* (монтаж та обслуговування електричних машин та апаратів); *комп'ютерні науки* (програмування для електронно-обчислювальної техніки та автоматизованих систем).

**Комерційний факультет:** *економіка та підприємництво* (бухгалтерський облік); *торгівля* (товарознавство та комерційна діяльність).

На денне відділення приймаються особи з базовою загальною середньою освітою (9 класів) та з повною загальною середньою освітою (11 класів). На заочне відділення комерційного факультету приймаються особи з повною загальною середньою освітою (11 класів).

Термін навчання на денному відділенні для випускників з базовою загальною середньою освітою — 3-4 роки; для випускників з повною загальною середньою освітою — 2-3 роки; на заочному відділенні — 2 роки.

За весь термін навчання студенти отримують повну загальну середню освіту і робітничу професію за вибраною спеціальністю. Після закінчення коледжу — диплом молодшого спеціаліста.

Адреса: 290035, м. Львів, вул. Пимоненка (колишня Донбасівська), 19, тел. 42-20-50;  
290071, м. Львів, вул. І. Пулюя, 30, тел. 64-66-61.

# Науковому Товариству ім. Шевченка — 125 років



125 років тому (1873) у Львові засновано Товариство ім. Шевченка, яке у 1892 р., з прийняттям нового статуту, було перетворене на Наукове Товариство ім. Шевченка (НТШ).

За ініціативою Олександра Кониського (1836-1900), письменника, публіциста і громадського діяча родом з Чернігівщини; Єлисавети Милорадович (1830-1890), поміщиці з Полтавщини; Дмитра Пильчикова (1826-1893), колишнього кирило-методіївця; отця Степана Качали (1815-1888), посла до Галицького сейму і державної ради зі Львова; Михайла Жученка (1840-1880), адвоката і громадського діяча зі Слобожанщини був заснований фонд, оформлений як Товариство ім. Шевченка. Перші пожертви фонду становили у перерахунку 3600 тодішніх амер. доларів, ці гроші призначалися на купівлю української друкарні у Львові, що стала основою діяльності нового товариства. Як писав Михайло Грушевський, “... в часах, коли можливість української культур стояла під знаком запитання, коли навіть оборонці її здебільшого не важилися йти далі постулатів белетристики на народно-побутові, етнографічні теми та елементарної популярної літератури для селянства, гурток патріотів закладає фонд для розвитку української літератури і культури”.

Статут Товариства затвердило Галицьке намісництво 11 грудня 1873 р., перші загальні збори відбулися 4 червня 1874 р., а ще до цього, в лютому 1874 р., почала працювати друкарня. Прешим головою Товариства обрали Корнила Сушкевича (1840-1885), громадсько-культурного діяча, за фахом правника, який видав своїм коштом перше повне видання “Кобзаря” (1867). Спочатку Товариство мало лише 20-30 членів, не лічачи прихильників, зокрема по той бік Збруча, кількість яких постійно зростала. Проте поступово Товариство ім. Шевченка взяло на себе роль лідра у формуванні основних напрямів української науки, перетворилося у першу новітню українську академію із світовими іменами і світовою славою.

Для розширення діяльності Товариства за ідеєю Олександра Кониського, відомого історика Володимира Антоновича та педагога і громадського діяча Олександра Барвінського (який і став першим головою НТШ) ця інституція була зреорганізована за новим статутом, затвердженим 16 листопада 1892 р., у Наукове Товариство ім. Шевченка на зразок західнослов'янських товариств як основа майбутньої українсь-

кої академії наук. Цей рік став поворотним в історії НТШ. Йому було надано чітку наукову структуру, створено три секції: історико-філософську, філологічну та математично-природописно-лікарську. Почав виходити основний друкований орган Товариства “Записки НТШ”.

Виняткову роль у формуванні наукового обличчя НТШ відіграв Михайло Грушевський. У 1894 р. він переїхав з Києва до Львова, щоб зайняти посаду професора новоствореної кафедри всесвітньої історії з українською мовою викладання у Львівському університеті. З 1895 р. він бере на себе редагування “Записок”, збільшивши їх вихід від одного до шести разів на рік. За головування Грушевського у Товаристві з 1897 до 1913 рр. вийшло 112 томів “Записок” із загальної кількості 155 томів, виданих до 1939 р. Він же зреформував у 1898 р. статут Товариства, за ним звання дійсного члена НТШ присвоювалось лише на підставі наукової кваліфікації, що значно підняло престиж Товариства в науковому світі.

Десять найкращих років життя, до важкої недуги, віддав Товариству Іван Франко, який керував філологічною секцією. Практично не було жодного тому “Записок”, де б не друкувався І. Франко. Він же був автором нового статуту НТШ (1904), що з невеликими змінами діяв до 1939 р. Говорячи про особистості, наукова діяльність яких найбільшою мірою сприяла високому науковому престижу Товариства, не можна не згадати ім'я Володимира Гнатюка (1871-1926) — багатолітнього наукового секретаря цієї інституції, голови етнографічної комісії.

Перших 32 дійсних члени іменовано на загальних зборах НТШ 1 червня 1899 р. Серед них В. Антонович, Ф. Вовк, М. Грушевський, С. Дністрянський (історико-філософська секція), І. Франко, О. Кониський, О. Барвінський, В. Гнатюк, О. Колеса, С. Смаль-Стоцький, К. Студинський (філологічна секція), І. Пулюй, І. Головацький, В. Левицький, І. Верхратський (математично-природописно-лікарська секція) та інші яскраві постаті української науки і культури. Усього з 1899 до 1939 рр. НТШ об'єднувало в своїх рядах майже 300 дійсних членів, із них 100 іноземних. Серед іноземних членів НТШ були, зокрема, фізики М. Планк, А. Айнштайн, А. Йоффе, математики Д. Гільберт, Ф. Кляйн, М. Крилов та інші всесвітньо відомі вчені, що свідчило як про авторитет НТШ у науковому світі, так і про широкі міжнародні контакти українських учених (відомо, наприклад, про знайомство І. Пулюя та

А. Айнштайна). Прикметно, що у листі-відповіді на своє обрання дійсним членом НТШ у 1924 р. М. Планк писав: *“Я розцінюю це обрання як особливу відзнаку і з гордістю буду почувати себе надалі членом цієї поважної організації. Хочу принагідно висловити мої щирі побажання подальшого розвитку і процвітання вашого Товариства з нагоди 50-ліття утворення. Ви ж знаєте, що у нас в Німеччині саме українська культура викликає пошануване зацікавлення, а ваші політичні змагання користуються постійною симпатією”*. А ось рядки з листа А. Айнштайна до НТШ від 4 квітня 1929 р. у зв'язку з обранням його дійсним членом Товариства: *“Вельмишановні панове! Я вам сердечно дякую за те, що ви обрали мене членом вашого шановного Товариства. Я завжди з радістю прийняв би це обрання, зовсім незалежно від того, які ще іноземні вчені належали до вашого Товариства. З найщирішим привітом А. Айнштайн”*.

Цікавим є той факт, що оскільки Іван Франко був відомий за межами України не тільки як письменник, але й як науковець, керівник філологічної секції НТШ, іноземні вчені висунули його кандидатом на здобуття Нобелівської премії (на жаль, смерть Івана Франка зробила неможливим розгляд його кандидатури на лауреатство у 1916 р., оскільки ці премії присуджуються лише за життя учених).

Однією з найпоширеніших і тривалих форм зв'язків НТШ з зарубіжними науковими установами був книгообмін. Майже немає країн, з якими б Товариство не співпрацювало у цьому плані. Бібліотека НТШ налічувала 300 000 томів.

До 1939 р. Товариство видало 1172 томи різноманітної наукової продукції, у тому числі 921 том серійних наукових видань. Зокрема з 1897 р. почало виходити перше періодичне видання українською мовою з природничих наук “Збірник математично-природописно-лікарської секції НТШ”, усього вийшло 32 томи. Внесок учених НТШ у становлення української наукової термінології кінця XIX — початку XX століття був вирішальним.

Діяльність НТШ вимагала поповнення наукового потенціалу молоддю. Ще 1903 р. М. Грушевський висунув пропозицію заснувати “Академічний дім”. Мета цієї інституції визначена так: *“Від довшого часу відчувалася болюча потреба дому, де українсько-руська молодь вищих шкіл могла би знаходити добрі гігієнічні і можливо дешеві помешкання та таку ж їжу, в крайній потребі і кредит (по змозі), де б виховувалася вона в здоровій атмосфері праці, вищих духовних інтересів, суспільних і національних обов'язків і не марнуючи своїх сил у біді або невідповідних обставинах, приносила би в тяжку боротьбу життя непорушні запаси енергії, свіжість інтересів та ідеалів суспільної діяльності”*.

Для забезпечення росту молодих наукових сил першочерговим завданням було відкриття

українських вищих навчальних закладів. НТШ розгорнуло значну роботу щоб добитися від австрійської влади відкриття окремого українського університету у Львові. Так у 1902 р. депутація НТШ, до якої входили І. Пулюй, І. Горбачевський, С. Смаль-Стоцький, передала прем'єр-міністрові і міністрові освіти меморіал, де гостро ставилося це питання. Після тривалої боротьби, невтомним натхненником якої був Іван Пулюй, вдалося добитися того, що 29 листопада 1912 р. австрійський уряд оголосив проєкт заснування українського університету у Львові, згідно з яким його відкриття призначалося на початок 1916 р.

Початок Першої світової війни перешкодив відкриттю українського університету у Львові, як і плану перебудови НТШ в Академію наук, що мало статися в 1916 р. Під час російської окупації Львова, у 1914-1915 рр., діяльність НТШ була заборонена, Товариство (бібліотека, музеї та ін.) зазнало матеріальних втрат.

Значною була роль НТШ у тому, що після Першої світової війни, на території молоді Чеської республіки за підтримки її керівництва постали чотири унікальні українські вищі навчальні заклади — Український вільний університет, Український високий педагогічний інститут ім. М. Драгоманова, Українська академія образотворчих мистецтв (усі в Празі) та Сільсько-господарський інститут у Подєбрадах. За умов окупації Західної України Польщею та поневолення більшої частини України радянським режимом ці українські вищі школи відіграли значну роль у становленні національної еліти.

1920 року у Львові за ініціативою НТШ було засновано Український таємний університет, який функціонував до червня 1925 р. Вважає обсяг роботи, яку виконували його викладачі за вкрай несприятливих умов (восени 1921 р. на три місяці було заарештовано ректора цього університету, тодішнього голову НТШ В. Щурата): кількість кафедр університету сягала 65, а число студентів — понад 1250. Те, що диплом Українського таємного університету визнавали у Чехії, Австрії, Німеччині, зумовлювалося передусім високою репутацією НТШ, яке в Європі сприймали як українську Академію наук.

До речі, свідченням визнання наукового авторитету Товариства також стало обрання його дійсних членів академіками Всеукраїнської Академії наук у Києві: С. Смаль-Стоцького (1918), І. Горбачевського (1927), М. Возняка, Ф. Колеси, В. Щурата (1929).

Із більшовицькою окупацією 1939 р. діяльність НТШ у Львові була припинена і 14 січня 1940 р. Товариство ліквідоване. Не було змоги розвинути діяльність НТШ і під час німецької окупації, вона обмежилася засіданням секцій і деяких комісій та обранням невеликої кількості нових дійсних членів. Все ж згодом вдалося видати працю Я. Пастернака “Княжий Галич” і

друге видання "Географії України" В. Кубійовича.

У 1947 р. відновлено діяльність НТШ у Західній Німеччині, де після війни згуртувалася більшість дійсних членів Товариства. За ініціативою В. Кубійовича та І. Раковського (голови довоєнного НТШ з 1935 р.) у Мюнхені 30 березня 1947 р. за участю 62 членів відбулися загальні збори, на яких обрано нове керівництво НТШ на чолі з І. Раковським, З. Кузелею та В. Кубійовичем. Відновлено працю секцій і деяких комісій, утворено декілька інститутів (серед них Інститут Національних досліджень й Інститут Енциклопедії Українознавства). У зв'язку з виїздом з Німеччини більшості членів НТШ у 1951 р. його центральний осередок на чолі з В. Кубійовичем переїжджає у м. Сарсель на північній околиці Парижа. У 1955 р. утворено автономні крайові відділи НТШ в США (Нью-Йорк), Канаді (Торонто), Австралії (Сідней) поряд з Європейським НТШ у С. Чикаго. Відновлено видання "Записок" та "Хроніка" НТШ. Значним доробком повоєнного НТШ є видання багатомовної "Енциклопедії Українознавства" за редакцією професора В. Кубійовича та відповідної англійської енциклопедії (першою сучасною українською енциклопедією була тритомна "Українська Загальна Енциклопедія", що з'явилася у 1930-35 рр. у Львові завдяки старанням НТШ за редакцією І. Раковського).

Багато вчених — вихідців з України, які досягли широкого міжнародного визнання, працюючи в провідних наукових центрах світу, також були активними членами НТШ. Серед фізиків назвемо Олександра Смакулу (1900-1983), дійсного члена НТШ з 1930 р., професора Массачусетського технологічного інституту; Остапа Стасіва (1903-1985), засновника і директора Інституту кристалістики у Берліні, одного з фундаторів міжнародного фізичного журналу "Physica Status Solidi"; Зенона Храпливого (1904-1983), дійсного члена НТШ з 1934 р., професора університету м. Сент-Люїс (США); Олексу Біланюка, професора Свартморського коледжу, який також працював у багатьох наукових центрах Америки, Європи й Азії, а сьогодні є віце-президентом Світової Ради НТШ і президентом Української Вільної Академії Наук у США.

За ініціативою наукової інтелігенції Львова 21 жовтня 1989 р. відновлено діяльність Наукового товариства ім. Шевченка на рідній землі, у Львові. Розпочали свою роботу 6 наукових секцій та 32 комісії, які об'єднали понад 700 членів Товариства. Головою НТШ у Львові обрано професора, члена-кореспондента НАН України Олега Романіва, згодом відбулися вибори перших дійсних членів. Товариство розгорнуло значну видавничу діяльність, усього за 9 років видано майже 100 томів наукових праць.

Першим головою фізичної комісії відновленого НТШ обрано професора Романа Гайду. Підсумком його натхненної самовідданої праці став вихід у світ двох томів "Фізичного збірника" НТШ та завершення підготовки до друку третього тому. Проведено наукові читання, присвячені 85-річчю від дня народження дійсного члена НТШ з 1932 р., професора Львівського університету Василя Міліянчука (1990) та I Міжнародний симпозіум "Технологія і фізичні властивості матеріалів твердотільної електроніки і оптики", присвячений пам'яті Олександра Смакули (1992). До 90-річчя Остапа Стасіва організовано меморіальні наукові семінари "Фізичні механізми первинних фотопроцесів у фотографічних матеріалах" (1993), до 90-річчя Зенона Храпливого "Проблеми релятивістської квантової механіки системи частинок" (1994). Проведено Міжнародну наукову конференцію (1995), присвячену 150-річчю Івана Пулюя, результатом якої є всебічне висвітлення життєвого і творчого шляху І. Пулюя в десятках публікацій і монографії "Іван Пулюй" (серія "Визначні діячі НТШ").

27-30 жовтня 1998 р. у Львові відбувся Міжнародний науковий конгрес з нагоди 125-ліття Наукового товариства ім. Шевченка. Його відкрив Президент Світової ради НТШ, голова НТШ у США, професор Леонід Рудницький, доповідь "125 років Наукового товариства ім. Шевченка: минуле, сучасне, майбутнє" виголосив Голова НТШ в Україні, генеральний секретар Світової ради НТШ Олег Романів. З пленарними доповідями виступили академіки НАН України Ярослав Яцків, Іван Дзюба, Микола Жулинський, професор Анатолій Погрібний. Серед учасників Конгресу були вчені з багатьох країн світу, а також з осередків НТШ у різних регіонах України (усього за останні роки в Україні створено 15 територіальних осередків). Було покладено квіти до пам'ятників Тарасові Шевченкові, Іванові Франкові, Михайлові Грушевському та Володимирові Гнатюкові. У соборі Св. Юра відбулася панахида за померлих членів НТШ усіх поколінь. На будинку НТШ (вул. Винниченка, 24) відкрито пам'ятну таблицю.

28 жовтня 1998 р. у Львівському театрі опери і балету ім. І. Франка відбулися урочистий вечір і святковий концерт, присвячені ювілеєві Товариства. Було зачитано привітання від Президента України Леоніда Кучми, вшановано новообраних дійсних членів НТШ. Серед них дійсним членом НТШ став відомий фізик-теоретик, професор Анатолій Свідзинський, голова осередку НТШ у Луцьку.

Після святкувань Наукове товариство ім. Шевченка чекає новий етап цілеспрямованої праці уже в новому тисячолітті.

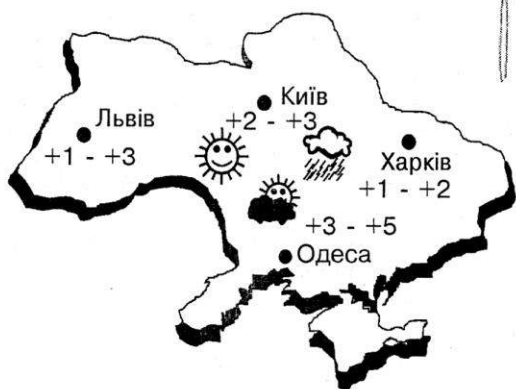
**Роман Пляцко,**  
дійсний член НТШ





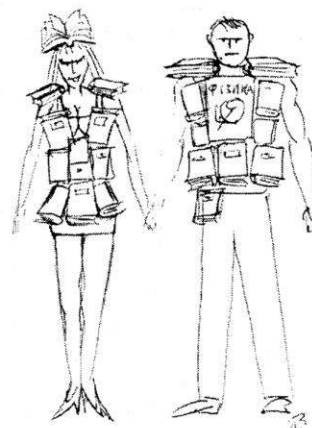
### З НОВИНОК ПАТЕНТНОГО БЮРО...

... з метою економії інтелектуальних і фізичних зусиль викладачів вузів та вчителів шкіл пропонується працювати під фонограму...



... прогноз на 1 квітня 1999 року створений фахівцями центру статистичної фізики на основі багаторічних спостережень преси і телебачення...

... для покращання безпеки учнів та економії коштів батьків на придбання верхнього одягу та портфелів запровадити випуск для школярів книгожилетів...





## Гарячий лід-2

Лід є найпрекрасніший і найпоширеніший мінерал на Землі. Нас постійно захоплює краса форм сніжинок, які неначе діаманти виблискують на сонці. Льодяні пустелі Арктики, Антарктиди постійно ваблять мандрівників і дослідників. Лід має унікально поєднані суперечливі властивості. Він твердий, але тече як рідина. Існують льодяні ріки, які повільно стікають з високих гір. Лід холодний, але буває і гарячий... Лід міцний і довговічний. Десятки тисячоліть береже він в собі без істотних змін тіла мамонтів, які випадково загинули у льодяних пастках. Неначе надійний архів, льодяні поля Антарктиди зберігають інформацію про події, які розгортались на Землі протягом десятків тисяч років, і які сьогодні відкриваються при наукових дослідженнях під час програми глибинного буріння льодовиків Антарктиди. Лід холодний, але буває і гарячий, як дізнались читачі журналу, із науково-популярної статті М. Гулака "Гарячий лід" (див. журнал "Світ фізики", № 2(4) 1998 р.), яка більш ніж сто років тому звернула увагу на дивовижну властивість льоду бути гарячим. Однак, наведені в цій статті експериментальні факти не знайшли підтвердження у наступних наукових дослідженнях і тому сьогодні її слід розглядати як науково-фантастичну. Проте питання, чи справді може існувати гарячий лід з позиції сучасної науки, залишається актуальним.

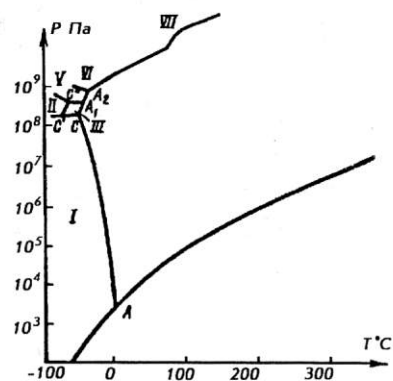
Кожний школяр знає, що лід плавиться при  $0^{\circ}\text{C}$ , а при вищих температурах вода існує в рідкій і газоподібній фазах.

Однак ці загальновідомі властивості льоду характерні для тисків нижчих і не набагато вищих за атмосферний.

У своїх лабораторіях учені відкрили ще декілька різних твердих фаз льоду, але в природі їх знайти неможливо, оскільки вони існують при дуже високих тисках. Фаза, яку можна назвати "звичайний лід" зберігається до тиску 208 МПа, але при цьому тиску лід плавиться при  $-22^{\circ}\text{C}$ . Якщо тиск вищий за 208 МПа, утворюється нова фаза льоду—"лід-III". У цій фазі лід має густину більшу, ніж густина води, тоді, як відомо, звичайний лід має густину меншу, ніж вода. При нижчих температурах і вищих тисках (до 300 МПа) утворюється ще більш щільніший лід—"лід-II". Ще при вищих тисках (понад 500 МПа) існує фаза "лід-V". Цей лід можна нагріти майже до  $0^{\circ}\text{C}$ , і він не розтане, хоча знаходиться під величезним тиском. При тиску біля 2 ГПа виникає фаза "лід-VI". Цю фазу можна назвати гарячий лід. Вона не плавиться при температурах до  $80^{\circ}\text{C}$ . Наступна фаза—"лід-VII" отримується при тисках понад 3 ГПа і є найщільнішою і найбільш тугоплавкою із відомих фаз льоду. Лід-VII плавиться тільки при  $190^{\circ}\text{C}$ . Це цілком незвичайний лід, оскільки має твердість міцнішу, ніж сталь. На куску такого льоду можна готувати їжу.

Всі ці властивості льоду (в широкому розумінні води) можна відобразити на фазовій діаграмі, а наших юних читачів ознайомити з таким зручним фізичним методом, як фазові діаграми. Розгляньмо фазову

діаграму води в координатах  $P$ ,  $T$ . Лінії на цій діаграмі показують за яких умов (температура, тиск) існують у рівновазі дві різні фази води. Наприклад, лід-вода, вода-пара, лід-пара, лід-II - лід-III та інші. У точці  $A$  цієї діаграми в рівновазі існують три фази (лід, вода, пара). Це так звана потрійна точка. Так, потрійній точці води відповідає тиск 4,58 мм.рт.ст і температура  $0,0075^{\circ}\text{C}$ . Кожна речовина характеризується своєю фазовою діаграмою. Особливості фазових діаграм необхідно враховувати, наприклад, при вирощуванні монокристалів. Так тільки детальне вивчення фа-



зової діаграми вуглецю відкрило вченим шлях до вирощування синтетичних алмазів.

Отже, встановлені властивості добре знайомої речовини (води) ілюструють, які нові і незвичайні властивості речовини можна отримати в різних фізичних умовах її існування, а також знайомлять читачів з методом фазових діаграм.

Роман  
Паславський

## Н О В И Н К И . . . . .

## . . . . . Н О В И Н К И

**Вакарчук І.О. Квантова механіка**

У підручнику подано послідовний виклад фізичних основ і математичного апарату квантової механіки та її застосування до різних задач. Матеріал книжки відповідає стандартній університетській програмі курсу квантової механіки й охоплює всі її розділи. Особливу увагу приділено численним ілюстраціям зв'язку фізичних явищ із фундаментальним поняттям — хвильовою функцією, принциповій суперпозиції та філософському трактуванню ймовірнісної концепції квантової механіки. Подано багато прикладів-задач, серед яких поряд з традиційними є оригінальні та такі, що їх звичайно не включають до підручників. Розв'язки цих невеличких проблем дадуть змогу читачеві глибше зрозуміти основний матеріал та контролювати його засвоєння. Невід'ємною частиною підручника є відступи та виноски, де подано цікаві задачі, часом, може, несподівані, наведено аналогії з класичної механіки, музики, мистецтва...

Підручник розраховано на студентів, аспірантів, науковців, він буде корисним викладачам і всім, хто цікавиться квантовою фізикою.

**К Н И Г И**

Видавництво "Євросвіт" пропонує такі книги:

1. Гайда Р., Пляцко Р. Іван Пулюй
2. Soloshenko O.D., Zavorodniy Yu.A. LECTURE NOTES ON ENGLISH LEXICOLOGY.
3. Лейфура В.М., Мітельман І.М., Радченко В.М., Ясінський В.А. Задачі міжнародних математичних олімпіад та методи їх розв'язування
4. Лещук Р.Й., Полухтович Б.М., Туркович Є.В. Юрські відклади півдня України
5. П'ятков В.Т. Теорія і методика стрілецького спорту
6. Іван Франко. Абу-Касимові капці
7. Попович О. Партії та розповіді шахіста з Америки

**Ж У Р Н А Л И****"Світ фізики"**

Науково-популярний журнал "Світ фізики" виходить з 1997 року. Розрахований на студентів, школярів, учителів, викладачів та всіх, кого цікавить фізика.

Матеріали до журналу приймаються в надрукованому вигляді, на дискеті чи електронною поштою. Усі матеріали рецензуються і не повертаються.

В журналі розміщуємо рекламу. За інформацію, розміщену в рекламі, відповідає рекламодавець.

З 1999 р. журнал можна передплатити на будь-якій пошті України. Передплатний індекс 22577, періодичність — 4 рази на рік, вартість річної передплати — 14 грн. 04 коп.

Чотири попередні числа журналу можна придбати в редакції журналу або скористатись послугами пошти накладною платою.

Адреса редакції журналу: 290602 м. Львів, вул. Січових Стрільців, 19;

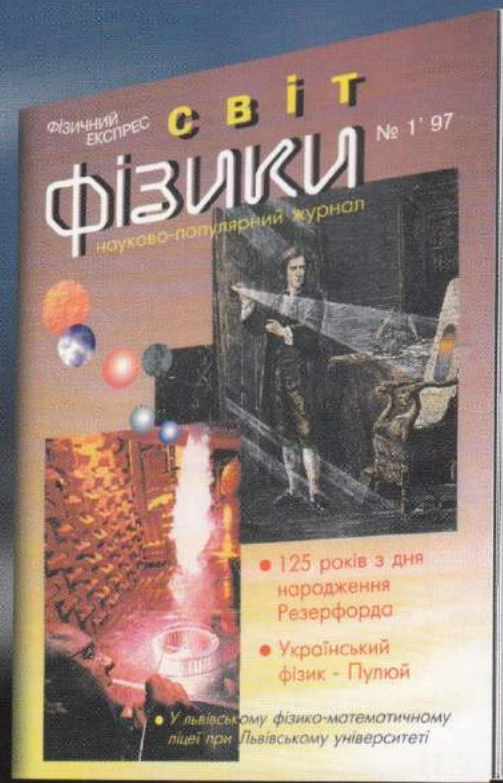
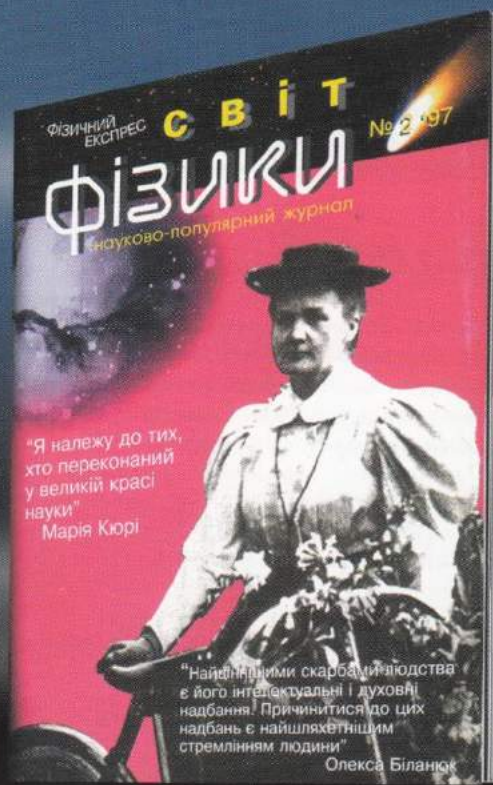
адреса для кореспонденції: 290602 м. Львів, вул. Університетська, 1,

редакції журналу "Світ фізики",

Телефон для довідок: 380 322 72-37-04,

Електронна пошта: sach@lpml.lviv.ua

За інформацією з питань придбання книг просимо звертатися у видавництво "Євросвіт" за адресою: 290005 м. Львів, вул. Дудаєва, 15; тел. 380 322 72-37-04.



**З питань придбання журналів та передплати на них звертатись за адресою:  
 Видавництво "Євросвіт",  
 290005, м. Львів, вул. Університетська, 1  
 Телефон для довідок: (0322) 72-37-04.**

