

С В І Т

# Фізики

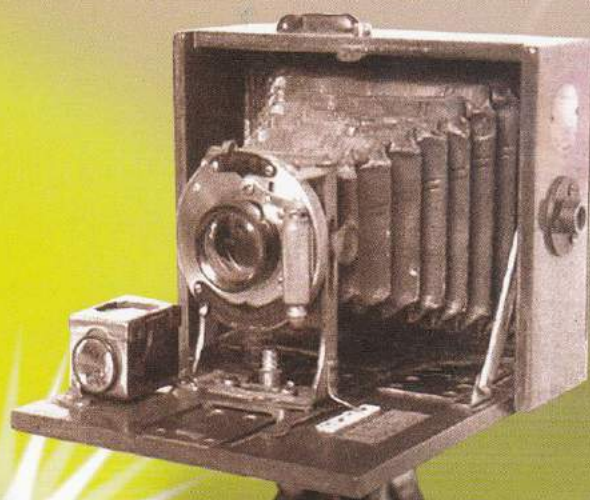
№4  
2003

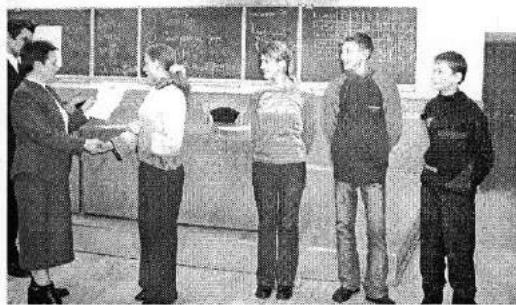
науково-популярний журнал



*«Дослідник мусить знати історію своєї науки»*

*С.Вавілов*





Гості Турніру юних фізиків Львівщини – команда Чернівецького міського ліцею № 1: Валерій Пекарський, Дмитро Ігн'якін, Олександр Максимець, Олександр Мунтяну, Сергій Поліщук

Нагороди вручають голова журі Турніру А. Бородчук та представник Міністерства освіти і науки України С. Сакаєва команді Львівської обласної МАН (Марії Матвіїв, Романові Попович, Ігореві Рудику, Олександрові Рогозину, Романові Неоменко) (ліворуч угорі) та команді Самбірського району (Іванові Гурському, Ірині Малитич, Світлані Крамаренко, Ігореві Сороці) (ліворуч вниз)

Докладніше про Турнір юних фізиків Львівщини читайте на стор. 33.

Журнал „СВІТ ФІЗИКИ”,  
заснований 1996 року,  
реєстраційне свідоцтво № КВ 3180  
від 06.11.1997 р.

Виходить 4 рази на рік

**Засновники:**

Львівський національний університет  
імені Івана Франка,  
Львівський фіз.-мат. ліцей,  
СП „Євросвіт”

Головний редактор

**Іван Вакарчук**

заступники гол. редактора:

**Олександр Гальчинський**

**Галина Шопа**

Редакційна колегія:

**О. Біланюк**

**М. Бродин**

**П. Голод**

**С. Гончаренко**

**Я. Довгий**

**І. Климишин**

**Ю. Ключковський**

**Б. Лукіянець**

**Ю. Ранюк**

**Й. Стахіра**

**Р. Федорів**

**Я. Яцків**

Художник **Володимир Гавло**

Літературний редактор

**Мирослава Прихода**

Комп'ютерне макетування та друк  
СП „Євросвіт”, наклад 1000 прим.

**Адреса редакції:**

редакція журналу „Світ фізики”

вул. Саксаганського, 1,

м. Львів 79005, Україна

тел. у Львові 380 (0322) 96 46 73

у Києві 380 (044) 416 60 68

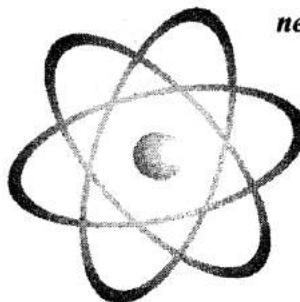
sf@ktf.franko.lviv.ua; phworld@franko.lviv.ua

www.franko.lviv.ua/publish/phworld

Фізика, на відміну від інших наук, спочатку досліджує елементарні системи, але дуже докладно. На кожному етапі дослідження фізик зустрічається з новими фундаментальними проблемами, які потрібно розв'язати, перш ніж зробити наступний крок. Часто проблему не вдається розв'язати, і науковець міркує, як її обійти, досліджуючи наступні завдання. Якщо йому пощастить, то, розв'язуючи наступні задачі, він повертається до попередньої з іншого боку і знаходить розв'язок. Прогрес у фізиці досягається саме такими методами.

Відкриття у фізиці деколи здійснюються зовсім випадково. Ймовірно, що працюючи в одній галузі, можна зовсім випадково зробити важливе відкриття в іншій. Коли Галілей почав вивчати планети за допомогою свого телескопу, він уперше помітив, що навколо Юпітера обертаються чотири супутники. Беккерель випадково відкрив явище радіоактивності, проявивши фотографічну пластинку, на якій декілька тижнів лежав кусочок уранової руди. Звичайно, ми не можемо сподіватися лише на випадковості, однак наука прагне відкриттів, і деякі з них відбуваються випадково. Науковець має завжди бути підготовленим, щоб оцінити й використати цю випадковість.

*Не забудьте  
передплатити журнал  
„Світ фізики”*



**Передплатний індекс  
22577**

Передрук матеріалів дозволяється лише з письмової згоди редакції та з обов'язковим посиланням на журнал „Світ фізики”

© СП „Євросвіт”

# ЗМІСТ

## 1. Нові й маловідомі явища фізики

Шопа Ярослав. Цифрова фотографія

3

## 2. Фізика України

Якібчук Петро. Ярослав Дутчак  
(До 70-річчя від дня народження)

11

Ранюк Юрій. Олександр Лейпунський та  
ядерна фізика в Україні

13

## 3. Фізика світу

Шопа Галина. Феномен Крістіана Доплера

22

## 4. Університети світу

Академії наук України – 85 років

28

## 5. Олімпіади, турніри...

Бородчук Анатолій. Турніру юних фізиків  
Львівщини – 10 років

33

Мітельман Ігор. П'ята відкрита фізико-математична  
олімпіада Рішельєвського ліцею

35

## 6. Нобелівські лауреати

Гальчинський Олександр. Надпровідність  
і надплинність

38

## 7. У допомогу абітурієнту

Матвейчук Олег. Деякі помилки із збірників задач

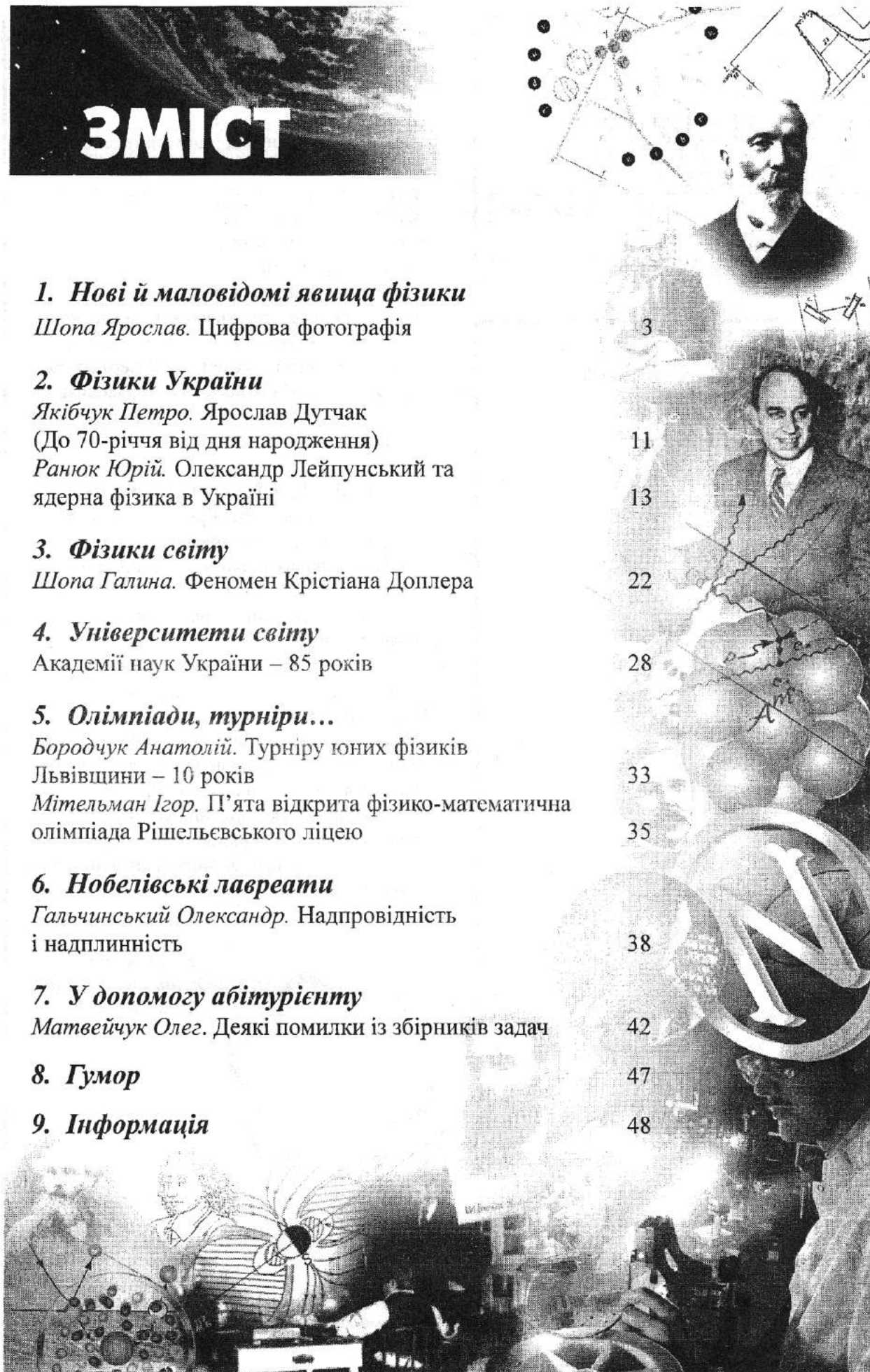
42

## 8. Гумор

47

## 9. Інформація

48





# ЦИФРОВА ФОТОГРАФІЯ

Ярослав Шопа,

кандидат фізико-математичних наук

Громіздкі та важкі фотоапарати, пакети плівок, фотографічного паперу, реактивів ще зовсім недавно були неодмінним атрибутом професійних фотографів і фотолюбителів. Але досягнення оптоелектроніки здійснили справжню революцію в техніці реєстрації зображень. Понад 150 років панування традиційної фотографії мабуть наближається до кінця. Чи невдовзі вона займе своє почесне місце в історії науки і техніки, як, наприклад, технологія запису звуку на грамплатівках? Однозначної відповіді на це питання поки що немає, але успіхи цифрової фотографії сьогодні вражають фахівців і споживачів на ринку фотопродукції.

Перша відома фотографія відноситься до 1825 року, коли Ж. Ньєпс (Joseph Niepce) у Франції отримав її на склі, покритому спеціальним типом смоли. Комерційні фотокамери для виготовлення позитивних зображень (дагеротипів) з'явилися у продажу вже 1839 року. Спочатку фотографію розглядали, як спосіб одержання точної копії з оригіналу. Але невдовзі вона стала невід'ємною частиною нашої цивілізації. Історія класичної фотографії – це захопливі сторінки з важливих розділів науки, техніки, мистецтва, які можуть стати предметом окремих цікавих публікацій. Ми ж розглянемо лише технічні основи цифрової фотографії, які закладені майже 30 років тому. Саме тоді з'явилася перша цифрова фотокамера фірми Кодак. Вона була чорно-білою, зображення складалося лише із 10000 окремих крапок (100×100 пікселів) і за 23 секунди записувалося на спеціальній плівці. Сучасні цифрові камери електронне зображення зберігають на невеликих за розмірами запам'ятовувальних пристроях без жодних рухомих механічних деталей. А можливості комп'ютерного редагування знімків, швидкого перегляду та пересилання засобами телекомунікацій роблять цифрову фотографію невід'ємною частиною інформаційного суспільства XXI сторіччя.

Цифрові камери дорогі, але їхня вартість поволи падає, тоді як якість одержуваних на них зображень зростає. Дослідженнями встановлено, що для сприйняття електронного зображення розміром 10×15 см, як звичайної фотографії, кількість пікселів на ньому має перевищувати 3 млн [1], а для зображення розміром 13×18 см – 5 млн. Сучасні ж професійні камери мають вже понад 10 млн пікселів. Прогнозують, що після 2005 року цифрові камери стануть популярнішими від традиційних, поступово витісняючи їх на світовому ринку.

## ПРИЛАДИ ІЗ ЗАРЯДОВИМ ЗВ'ЯЗКОМ

В. Бойл і Дж. Сміт (лабораторія Bell) 1969 року побудували перший прилад із зарядовим зв'язком (ПЗЗ, чи CCD – charge coupled devices англійською мовою), сподіваючись одержати послідовний запам'ятовувальний пристрій для комп'ютерів. Однак у схемах пам'яті використовуються інші технології, а ПЗЗ стали ідеальними для сприйняття зображень. Дж. Сміт згодом стверджував, що на з'ясування цієї важливої їхньої властивості було витрачено лише одну годину.

Основу ПЗЗ становлять конденсатори зі структурою метал-окисел-напівпровідник (МОН) [2]. Вони утворюються з металевого електрода, діелектрика (окису кремнію завтовшки 0,1 мкм) і напівпровідникової підкладки (рис. 1, а). Якщо до електрода прикласти додатне зміщення відносно підкладки, то основні носії заряду (у цьому випадку дірки, оскільки зображено напівпровідник *p*-типу) відійдуть від поверхні в об'єм напівпровідника. Під електродом утворюється ділянка, збіднена основними носіями. Глибина цієї ділянки залежатиме від величини прикладеного потенціалу й від властивостей МОН-структури.

Неосновні носії (електрони), навпаки, притягуються до електрода, збираючись у приповерхневому шарі, де для них утворилася потенціальна



яма. Оскільки приповерхневий шар відокремлений від основного об'єму напівпровідника збідненою ділянкою, неосновні носії можуть існувати в ньому не рекомбінуючи і джерелом їхнього поповнення є внутрішній фотоефект від дії зовнішнього світла, або паразитні процеси термогенерації електронно-діркових пар (рис. 1, б).

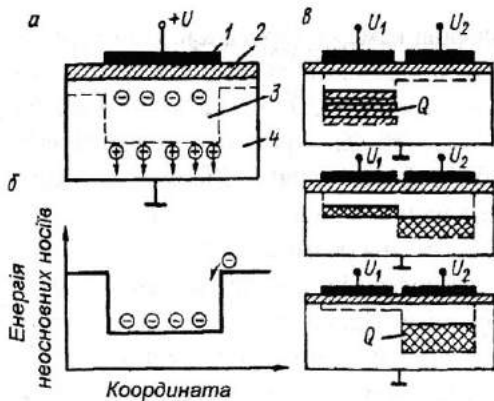


Рис. 1. Схема МОН-структури (а), розподілу енергії неосновних носіїв у ділянці під електродом зміщення (б) і процесу перенесення заряду  $Q$  від однієї МОН-структури до іншої при комутації напруг на сусідніх конденсаторах (в): 1 – електрод; 2 – шар  $\text{SiO}_2$ ; 3 – ділянка, збіднена основними носіями; 4 – кремній р-типу.

Інформаційний заряд, який перебуває в потенціальній ямі, називають зарядовим пакетом. У фоточутливих ПЗЗ заповнення потенціальних ям відбувається поступово, а величина зарядового пакета пропорційна кількості поглинутих фотонів за час, упродовж якого на електроді підтримується додатне зміщення. Максимальний питомий заряд, який може накопичуватися в потенціальній ямі, дорівнює

$$Q_{\text{макс}} = C_{\text{ок}} U, \quad (1)$$

де  $C_{\text{ок}}$  – ємність оксиду;  $U$  – потенціал електрода.

Для передавання заряду з однієї потенціальної ями в іншу потрібно зблизити МОН-конденсатори настільки, щоб їхні електричні поля впливали одне на одне. У цьому випадку можна говорити про зарядовий зв'язок між ними. Перенесення зарядів від одного конденсатора до іншого вимагає перемикання (тактування) електродів (рис. 1, в). Оскільки частина зарядів тут втрачається, важливою є ефективність такого перенесення  $\epsilon$ . Щоб

заряд не зменшувався після кількох тисяч перенесень,  $\epsilon$  має бути не меншим від 0,999999.

Залежно від будови МОН-конденсатора ПЗЗ бувають двох типів: з поверхневим та з об'ємним каналами перенесення заряду. Вони мало відрізняються будовою, але можливості ПЗЗ з об'ємним каналом набагато ширші, передусім вони забезпечують вищі робочі частоти. Тому майже всі приймачі на ПЗЗ сьогодні виготовляють саме за другим типом.

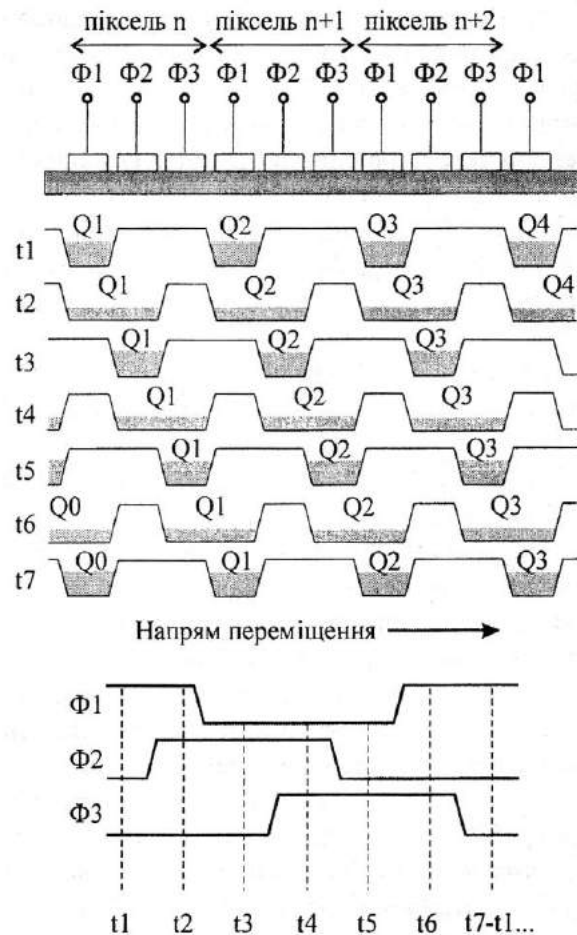


Рис. 2. Схема трифазного зсувного регістра ПЗЗ для перенесення зарядів.

Динаміку перенесення зарядів можна розглянути на прикладі трифазного зсувного регістра (рис. 2). Кожний його електрод під'єднаний до однієї з трьох тактових шин з фазами  $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3$ . На один піксель світлочувливої ділянки припадає три



комірки зсувного реєстра. Однонаправлений рух зарядів забезпечується відповідними тактовими діаграмами. Фазні імпульси мають форму трапецій, чим затримується зменшення глибини потенціальних ям з інформаційними зарядами  $Q_1, Q_2, Q_3$ , та висока ефективність їхнього перенесення. Рівень шумів у фото-ПЗЗ визначається флуктуаціями кількості електронів у зарядових пакетах, зумовлених фотонним шумом сигналу, дробовим шумом темного струму, шумами структури ПЗЗ тощо. Охолодження до  $-(20 \div 40)^\circ\text{C}$  та інші методи дають змогу зменшити кількість шумових електронів і забезпечити роботу зі зміною інтенсивностей у  $10^4$ – $10^5$  разів.

Електроди в ПЗЗ розташовуються у вигляді лінійки, чи матриці. Типові розміри електрода такі: довжина 5 мкм; ширина 4 мкм; зазори між ними  $1 \div 2$  мкм; кількість електродів  $3 \times 10^2 \div 2 \times 10^4$  у лінійному і  $10^4 \div 10^7$  – у матричному ПЗЗ. Електроди виготовляють з алюмінію чи (для збільшення прозорості) з полікремнію, який володіє провідністю.

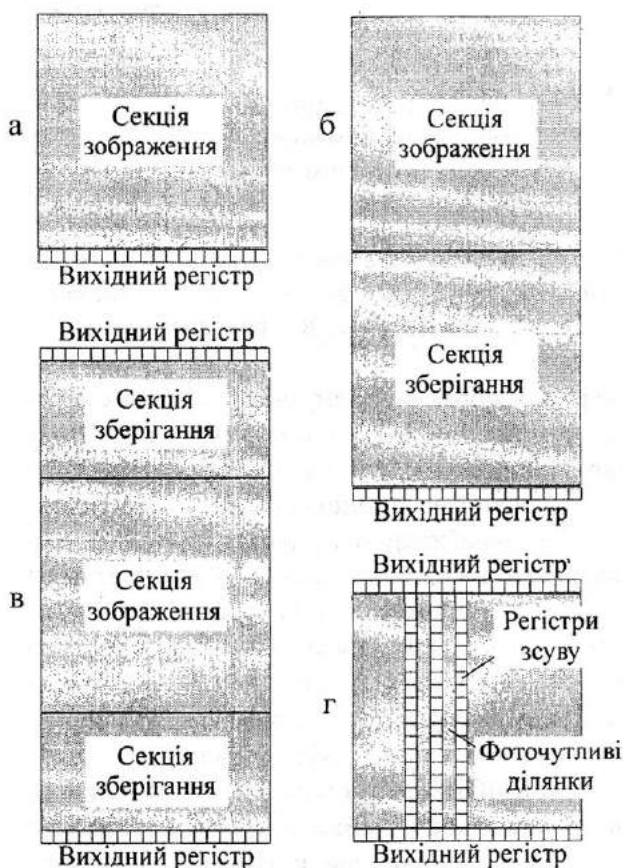


Рис. 3. Архітектура сенсорів зображення на основі ПЗЗ

За архітектурою, матричні ПЗЗ поділяють на чотири групи: повнокадрові, зі зберіганням кадру, з розділенням кадру та з міжрядковим скануванням. У повнокадрових ПЗЗ заряди передаються безпосередньо з ділянки зображення до вихідного реєстра (рис. 3, а). Оскільки в реєстрі зчитується лише один рядок, інші очікують і ще перебувають під дією світла. Це може призводити до розмивання зображення.

Системи із зберіганням кадру мають додаткову секцію, в яку швидко передається зареєстрована у секції зображення інформація (рис. 3, б). Процеси реєстрації та зчитування тут можуть протікати одночасно.

Розділення кадру (рис. 3, в) зменшує час його зчитування вдвічі, оскільки дві половини передаються окремими транспортними реєстрами.

Міжрядкове сканування забезпечується тим, що колонки фоточутливих елементів розділені зсувними реєстрами, до яких швидко пересилаються заряди після закінчення часу експозиції (рис. 3, г). Частина площі, яку займають ці реєстри, може досягати 40 % від секції зображення. Це зменшує чутливість сенсора. Для її збільшення кожен піксель здебільшого має додаткову мікролінзу.

### КМОН-ДЕТЕКТОРИ

Сьогодні відеосенсори на основі ПЗЗ витісняють нові покоління приладів на КМОН-структурах. КМОН – це початкові букви чотирьох слів з їхнього повного визначення: комплементарні польові транзистори із структурою метал–окисел–напівпровідник (complementary-metal-oxide-semiconductor, CMOS). Порівняно з розглянутими ПЗЗ, КМОН-сенсори переважають за такими параметрами, як рівень споживаної потужності, швидкодія, ступінь інтегрування на кристалі, вартість, сумісність з процесом виготовлення інтегральних схем. Теоретично, характеристики зображення КМОН-сенсорів можуть конкурувати з характеристиками ПЗЗ. Обидва види пристроїв виготовлено з кремнію, який визначає криву спектральної чутливості. Вони добре сприймають видиме та інфрачервоне світло.

ПЗЗ мають деякі переваги, зокрема нижчий темновий струм і шум зчитування, та вищий динамічний діапазон. При заданій температурі най-



кращі КМОН-сенсори володіють вищим темновим струмом, ніж оптимізовані детектори на ПЗЗ, роблячи технологію менш придатною для високоякісних наукових та цифрових схем.

Вмонтовані в мікросхему аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) – головна перевага для КМОН-сенсорів зображення. Хоч АЦП є типово основним джерелом втрат енергії, однак ретельно відпрацьовані, вони забезпечують найменші втрати енергії та найбільшу ефективність. Процесор цифрового сигналу, який контролює сенсор, опрацювання кольору, стиснення зображення, також може бути або вмонтований у мікросхему, або виконаний зовнішньо. Тисячі або й більше АЦП на мікросхемі сенсора мусять мати однакові характеристики, до того ж, дуже низький рівень затрат енергії на перетворення, щоб мінімізувати споживану потужність загалом.

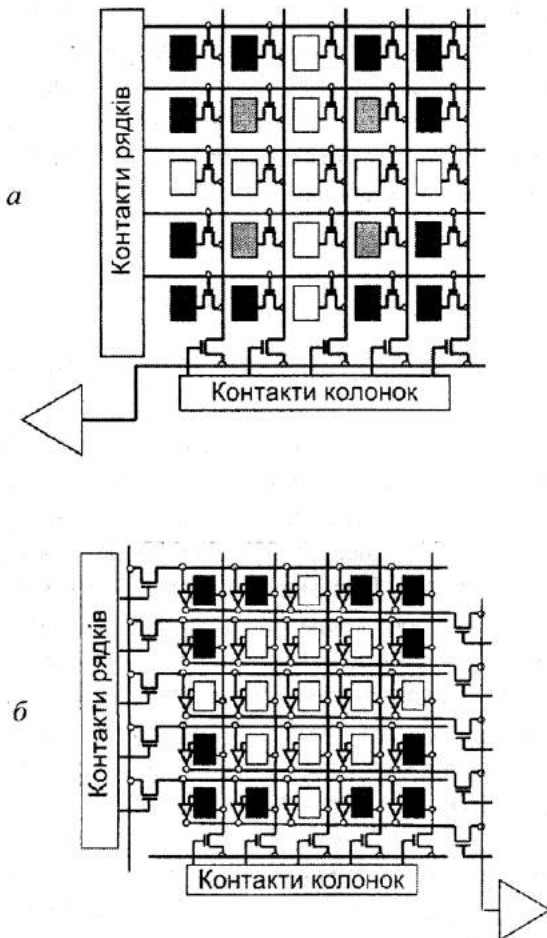


Рис. 4. Пасивні (а) та активні (б) пікселі в масивах КМОН-сенсорів зображення

Кожний піксель КМОН-сенсора містить фотодіод, конденсатор та від одного до трьох транзисторів залежно від типу.

Для побудови матриць КМОН використовують два типи пікселів: пасивний або активний. Пасивний піксель має тільки один транзистор (крім фотодіода і конденсатора), а підсилювачі заряду спільні для кожного стовпця. Транзистор використовують до перемикання заряду конденсатора пікселя на підсилювач. Активні пікселі мають свої підсилювачі в кожному пікселі. Ці два різні типи детекторів схематично зображено на рис. 4.

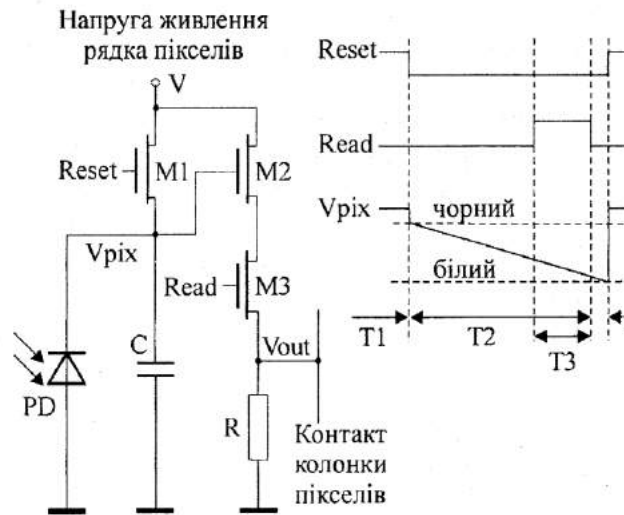


Рис. 5. Еквівалентна схема активного пікселя у КМОН-структурі. PD – фотодіод, С – конденсатор,  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  – транзистори, R – резистор.

На рис. 5 зображено схему активного пікселя разом із часовими залежностями напруг, узятих з характерних точок у межах пікселя.

До початку експозиції конденсатор заряджається до певної напруги сигналом Reset. Коли починається дія світла на фотодіод (PD), заряд на конденсаторі С зменшується пропорційно до рівня освітленості. Після закінчення експозиції напруга  $V_{pix}$ , що залишається в конденсаторі, зчитується сигналом Read і за допомогою АЦП напруга  $V_{out}$  перетворюється в цифрову форму.

Три КМОН-транзистори  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  кожного активного пікселя займають майже таку ж його частину, як і фоточутлива ділянка. Оскільки транзистори нечутливі до світла, то їхня присутність знижує коефіцієнт заповнення пікселя (відношен-





ня активної площі до повної площі пікселя) аж до 25 %. Низький коефіцієнт заповнення зменшує чутливість приладу. Протидіяти цьому ефектові можуть мікролінзи, які фокусують фотони, на активну ділянку, збільшуючи корисний сигнал у 2,5 раза. На жаль, сенсори, обладнані мікролінзами, виявляють сильну залежність чутливості від кута падіння променів. Цей ефект може обмежувати користь від мікролінз із великими фокусними відстанями.

Однак переваг у КМОН-сенсорів більше. Вони дають змогу створювати унікальні мініатюрні пристрої. Розроблено, наприклад, спеціальну медичну відеокамеру, яка об'єднує в собі блок формування зображення, джерело імпульсного освітлення, оптику, радіочастотний передавач і батарею. Все заховано в маленьку капсулу, яку може проковтнути пацієнт. Камера-„пілюля” періодично фіксує зображення і передає його з тіла. Колірний сенсор має 256×256 пікселів і 8-бітний вбудований АЦП. Повна потужність, яку споживає сенсор, менша від 2 мВт при 2 кадрах/с з напругою живлення 2,8 В.

Наступні п'ять років, простежуватиметься тенденція до вбудовування функцій камери в мікросхеми так само, як і в багато інших вмонтованих зображувальних засобів. Низька ціна систем зображення на КМОН-структурах сприятиме їхньому широкому використанню в автомобільних пристроях, побутовій техніці, мобільних телефонах, іграшках тощо. Технологія КМОН застосовна й до радіаційно стійких сенсорів у космічних приладах.

### ПАРАМЕТРИ ЦИФРОВИХ ФОТОКАМЕР

Важливим параметром, який характеризує процес реєстрації зображень, є кількість фотонів, що потрапляють на кожний піксель за час експозиції. Його можна визначити з освітленості об'єкта і параметрів оптичної системи фотокамери. З геометричних міркувань кількість фотонів, які за час експозиції  $t_{\text{експ}}$  потрапляють на детектор (відео-сенсор)

$$n_{\text{дет}} = \frac{\pi}{4} \frac{LA_D}{F^2(1+M)^2} \tau t_{\text{експ}}, \quad (2)$$

де  $L$  – яскравість об'єкта,  $A_D$  – площа детектора,  $F = f/D$  – відношення фокусної віддалі до діаметра об'єктива фотокамери,  $M$  – оптичне збіль-

шення (відношення розмірів зображення до розмірів об'єкта),  $\tau$  – коефіцієнт пропускання об'єктива та атмосфери. Отже, упродовж експозиції на кожен піксель потраплятиме кількість фотонів, яка визначається таким співвідношенням:

$$n_1 \approx 10000 \times z^2 \frac{n_{\text{дет}}}{A_D}, \quad (3)$$

де  $z$  – ширина пікселя у мкм. Можна підрахувати, що залежно від освітленості  $5000 < n_1 < 500000$ . Але якщо в традиційних фотокамерах фотоплівка майже однаково сприймає промені, які потрапляють на неї під прямим кутом (у центрі кадра) та під гострим кутом (на периферії), то в електронних сенсорах пікселі мають меншу освітленість на краях, ніж у центрі. Це зумовлено звичайним екрануванням від мікроперегородок між пікселями і призводить до зменшення динамічного діапазону на краях кадра. Щоб запобігти цим явищам, розробляють спеціальні об'єктиви, які забезпечують падіння світла під прямим кутом на всій площі зображення [10].

Оптична схема цифрових камер майже така, як у звичайних, проте є деякі особливості. Для найпоширенішої зараз ПЗЗ-матриці розміром 2/3 дюйма<sup>1</sup> діагональ кадру дорівнює лише 11 мм, що

Таблиця 1. Розміри зображень та коефіцієнти зменшення фокусних віддалей для різних форматів сенсорів

| Сенсор зображення        | Ширина, мм | Висота, мм | Коефіцієнт |
|--------------------------|------------|------------|------------|
| 36×24 мм<br>35 мм плівка | 36         | 24         | 1,0        |
| 24×16 мм<br>ПЗЗ          | 24         | 16         | 1,5        |
| 14×9,3 мм<br>ПЗЗ         | 14         | 9,3        | 2,5        |
| 2/3”<br>ПЗЗ              | 8,8        | 6,6        | 4,0        |
| 1/1,8”<br>ПЗЗ            | 7,4        | 4,9        | 4,9        |

майже у 4 рази менше від стандартного кадру плівки 24×36 мм<sup>2</sup>. Новіші сенсори вже сприймають зображення на площі 17,4×13,1 мм<sup>2</sup>, тобто удвічі

<sup>1</sup>Розміри матриць, які можна відшукати серед основних характеристик цифрових камер, відповідають не розмірам зображень, а розмірам кристала, на якому вони виготовлені.



меншій. Тому для збереження масштабу зображень, прийнятих у звичайних фотоапаратах, фокусні віддалі об'єктивів цифрових камер вибирають меншими з коефіцієнтом, який залежить від формату сенсора (табл. 1).

ПЗЗ- та КМОН-сенсори зображень не розрізняють кольорів, а їхня спектральна чутливість відрізняється від чутливості людського ока. Щоб одержати кольорове зображення, потрібно розділити його на базові – найчастіше три: червоний (red), зелений (green), синій (blue), чи просто R, G, B. Існують різні способи реалізації поділу. За допомогою спеціальної призми можна розділити кольори на три різні сенсори. Якість електронних зображень тоді найвища, але така схема дуже складна та дорога. В більшості сучасних цифрових камер на матрицю наноситься мозаїка з кольорових світлофільтрів, структуру якої запропонував інженер компанії Кодак Б. Байер (B. Bayer). Оскільки людське око найчутливіше до зеленого світла, то матриця розбивається на квадратні ділянки, кожна з яких має по одному червоному і синьому та два зелені пікселі (рис. 6).

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| R | G | R | G | R | G |
| G | B | G | B | G | B |
| R | G | R | G | R | G |
| G | B | G | B | G | B |
| R | G | R | G | R | G |
| G | B | G | B | G | B |

Рис. 6. Фрагмент мозаїки світлофільтрів R, G, B на матрицях більшості цифрових камер

Кожний кадр зберігається в пам'яті у вигляді набору цифрових даних – файлі. Для запам'ятовування зображень з кількох мільйонів пікселів у

цифрових камерах використовують компресію (стискання) розмірів відповідних файлів. Цьому сприяють принаймні дві обставини. По-перше, на зображеннях обов'язково існують елементи, розташовані у різних місцях, але вони або є копіями один одного, або ж їх можна „усереднити” – привести до однакового вигляду. По-друге, використовуючи особливості людського ока, яке розрізняє не всі деталі зображення, створеного камерою, можна відкинути ті його елементи, які мало відрізняються. Частина інформації втрачається, але можна суттєво економити пам'ять (табл. 2).

У сучасних камерах використовують три основні формати файлів: RAW, TIFF та JPEG. Формат RAW містить неопрацьовану, але компресовану інформацію безпосередньо з матриці сенсора з глибиною кольору до 12 біт, тоді як графічні редактори використовують переважно 8 біт на кожен кольорову частину. Оскільки камери різних виробників часто мають відмінні RAW-формати, вони не надто поширені. Фотографії у форматі TIFF (Tagged Image File Format) займають більше місця в електронній пам'яті, але з цим стандартом працюють усі програми перегляду та редагування зображень.

Найпоширенішим сьогодні форматом є JPEG (Joint Photographer Engineering Group – інженерна група, що розробляє стандарти для цифрової фотографії), який дає змогу регулювати ступінь стискання, але при цьому відновити вихідне зображення вже неможливо. Кількість втраченої інформації прямо залежить від ступеня компресування.

Основними засобами зберігання електронних зображень є накопичувачі Compact-Flash, Smart Media, Memory Sticks та ін. Більшість з них ґрунтується на технологіях т. зв. flash-пам'яті, яка пра-

Таблиця 2. Розділення зображень та розміри файлів залежно від формату та ступеня компресування

| Розмір зображення | TIFF<br>(без компресії) | JPEG<br>(висока якість) | JPEG<br>(середня якість) |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 640×480           | 1,0 Мб                  | 300 кб                  | 90 кб                    |
| 800×600           | 1,5 Мб                  | 500 кб                  | 130 кб                   |
| 1024×768          | 2,5 Мб                  | 800 кб                  | 200 кб                   |
| 1600×1200         | 6,0 Мб                  | 1,7 Мб                  | 420 кб                   |



цює відносно швидко. Як тільки картка пам'яті стає заповненою, замість неї можна швидко вставити іншу та продовжити фотографування. Щоб одержати доступ до зображень у камері з персонального комп'ютера, існують відповідні пристрої спряження через послідовні порти.

### ІНШІ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДЕОСЕНСОРІВ

Цифрова фотографія – це не єдине застосування відеосенсорів ПЗЗ та КМОН. Їх використовують у різних галузях науки і техніки, змінюючи наші усталені уявлення про низку традиційних приладів. Компактні спектрометри з ПЗЗ-сенсорами для ультрафіолетового, видимого та близького інфрачервоного діапазонів легко розташовуються на долоні. Час експозиції може змінюватися від мілісекунд до кількох хвилин. Вмонтовані у персональні комп'ютери, такі пристрої замінюють великі спектральні комплекси, не поступаючись їхнім характеристикам. Одна з головних проблем, яку вдалося розв'язати – це підвищення чутливості ПЗЗ до ультрафіолетового випромінювання. Великі коефіцієнти поглинання призводять до того, що ультрафіолетове світло повністю поглинається вже у шарі завтовшки 0,1 мкм і не проникає всередину МОН-конденсаторів. Тому виготовляють спеціальні ПЗЗ-сенсори з освітленням з протилежного боку від електродів (рис. 7).

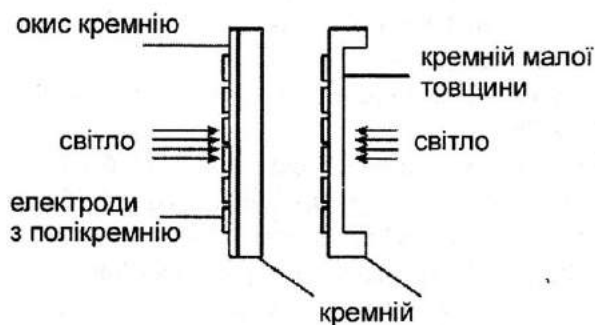


Рис. 7. ПЗЗ-сенсори з прямим та зворотним освітленням

Надчутливі ПЗЗ-сенсори з електронним множенням (electron-multiplication CCD (EMCCD)) володіють регістром підсилення, вмонтованим поміж зсувним регістром та вихідним підсилювачем (рис. 8, а) [3]. Використовуючи ударну йонізацію,

або лавинний ефект, ця структура помножує зарядові пакети кожного пікселя, перед їхнім зчитуванням.

Регістр підсилення подібний до звичайного зсувного регістра, але один з його електродів замінено на два:  $E$  та  $\Phi_2$  (рис. 8), причому електрод  $\Phi_2$  перебуває під вищим потенціалом. Сильне електричне поле, яке тут утворюється, достатнє для ударної йонізації атомів кристалічної ґратки, тобто для електронного підсилення. Коефіцієнт підсилення за один такт регістра малий, лише приблизно 1,015, але коли реалізується 600 переносів, то корисний сигнал зростає майже у 7500 разів. Відносний рівень шумів зменшується. Саме такі камери дали змогу побачити надзвичайно цікавий стан речовини – бозе-конденсат, який утворений лише одним мільйоном атомів рубідію, охолоджених до температури  $\sim$  мК.

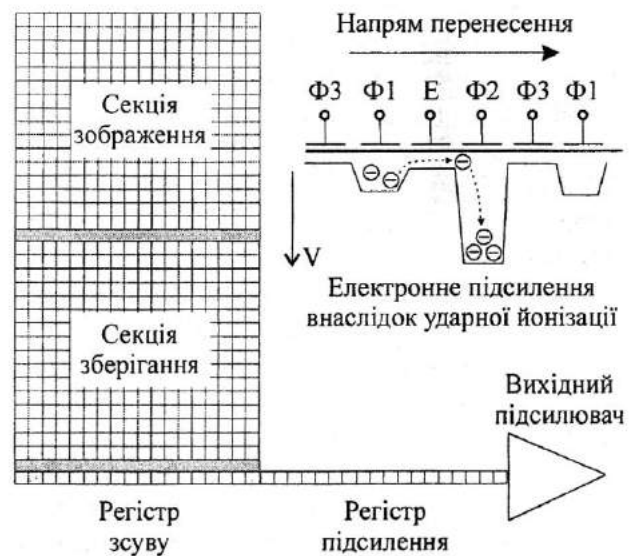


Рис. 8. Структура ПЗЗ-сенсора з електронним множенням

Науковці активно працюють, як поєднати ПЗЗ і надпровідність. Європейське космічне агентство повідомило про новий тип ПЗЗ-матриць з надпровідними елементами для космічних телескопів нового покоління. Чутливості нової камери буде достатньо, щоб виявити окремі фотони. Досягається це завдяки використанню тонкого електрода з надпровідного танталу. Під час поглинання фотона виділяється заряд, який пропорційний до його енергії, тобто визначається навіть колір світла.



Упродовж сторіччя, перш ніж з'явилися цифрові детектори, зоряні спектри та й інші астрономічні зображення зберігалися на фотографічних пластинках. Сьогодні існує загроза втратити майже 3 млн цих пластинок внаслідок знищення та природного старіння. За ідеальних умов вони можуть зберігатися понад 300 років, як твердить фірма Кодак. Однак є випадки, коли унікальні фотопластинки зберігають недбало, або навіть використовують замість віконних шибок. За проектом SVO (Spectroscopic Virtual Observatory) астрономи планують невдовзі зберегти 50000 зоряних спектрів шляхом високоякісного сканування [5], тоді вони стануть доступними для широкого кола науковців.

В астрономії важлива також особливо велика кількість пікселів, тому камера канадсько-французького телескопа на Гавайях є мозаїкою з 12-ти окремих відеосенсорів з понад 100 млн пікселів.

Лінійні ПЗЗ також використовують у фотоапаратах високого розділення та сканерах. Але одне кольорове зображення розміром  $12000 \times 15990$  пікселів записується на пристрої Better Light Super 8K не менше ніж 200 с і займає 549 Мбайт [9]. Тому використовувати їх для реєстрації рухомих об'єктів та з імпульсним освітленням неможливо.

На основі КМОН-приймачів створюються й принципово нові пристрої – сенсори хвильових фронтів. У методі Гартмана світловий хвильовий фронт перетворюється на набір точок, які проектується на детектор (рис. 9). Зміщення цих точок відносно маски, виміряні приймачами, дають інформацію для розрахунку спотворення хвильового фронту. Схема може працювати з частотою до 3 кГц і вимірювати спотворення, зумовлені атмосферою, з точністю  $\lambda/50$  ( $\lambda = 633$  нм) [8]. Без цих пристосувань не вдалося б реалізувати принципів адаптивної оптики та інтерферометрії в астрономії високого кутового розділення [6].

Активні КМОН-сенсори порівняно з ПЗЗ можуть працювати швидше, оскільки кожен їхній піксель має індивідуальну електричну схему, яка контролює його основні параметри. Це дає змогу реалізувати швидкісну фотографію (понад 10000 кадрів/с) та зберігання даних у реальному часі [4].

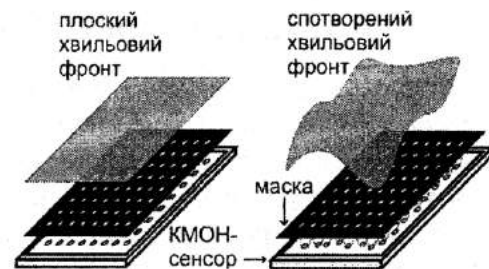


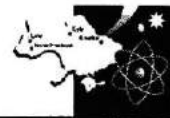
Рис. 9. Схема методу Гартмана для плоского і спотвореного хвильових фронтів

Реальнішим стає й створення електронного штучного зору. Вже перші експерименти з пацієнтами показали, що інженери та лікарі перебувають на правильному шляху [7]. Лише компактність відеокамер на ПЗЗ та унікальних можливостей нових переносних комп'ютерів наблизили розв'язання цієї надскладної проблеми.

#### Література

1. Lerner E.J. Laser Focus World. – 2001. – 37, – N 12. – P. 109–112.
2. Пресс Ф.П. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью. – М., 1991.
3. Delvin Sh. Laser Focus World. – 2002. – 38, – N 7. – P. 61–64.
4. Kent G.W. Laser Focus World. – 2001. – 37, – N 10. – P. 79–86.
5. Guinnessy P. Physics Today. – 2003. – N 6. – P. 30.
6. Шопя Я.І. Світ фізики. – 2001. – N 4. – P. 12–20.
7. Dobelle Wm. ISAIO Journal. – 2000. – N 1. – P. 3.
8. <http://www.ast.cam.ac.uk/~lpinfo/JKT.html>
9. <http://cscwww.cats.ohiou.edu/>
10. Галушка С. dFoto: цифровое фото и видео. – 2003. – N 1. – С. 46–49.

15–16 березня 2004 року у Тернополі відбудеться наукова конференція, присвячена 100-річчю від дня народження видатного українського фізика-теоретика Зіновія Храпливого. Він був дійсним членом НТШ, членом Нью-Йоркської академії наук, членом Американського фізичного товариства. Метою наукової конференції є вшанування пам'яті вченого та його внеску в розвиток квантової механіки і методики викладання фізики.



До 70-річчя від дня народження

# Ярослав Дутчак

**Петро Якібчук,**

*професор, декан фізичного факультету  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка*

У жовтні 2003 року наукова громадськість України відзначила 70-річчя від дня народження Ярослава Дутчака – відомого українського фізика, доктора фізико-математичних наук, професора, лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки, завідувача кафедри рентгенометалофізики. У Львівському національному університеті імені Івана Франка 14–16 жовтня 2003 року відбулася II Міжнародна конференція „Фізика неупорядкованих систем”, присвячена пам’яті вченого. Під час конференції відомі українські та іноземні науковці ділилися спогадами про професора Я. Дутчака, його життєвий та науковий шлях, творчий доробок. Відбулись пленарні та секційні засідання. Учасники конференції, студенти, родина науковця взяли участь у відкритті барельєфа Ярославу Дутчакові\* на фасаді фізичного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка на вул. Кирила і Мефодія, побували на його могилі на Личаківському цвинтарі у Львові.

Ярослав Йосипович Дутчак народився 14 жовтня 1933 року в селі Гаї Смоленські Бродівського району Львівської області в селянській сім’ї. Закінчивши Бродівську середню школу № 1, він 1951 року вступив на фізико-математичний факультет Львівського державного університету імені Івана Франка, який успішно закінчив 1956 року. Я. Дутчак почав працювати на фізичному факультеті Університету, де пройшов шлях від асистента до професора. Кандидатську дисертацію Я. Дутчак захистив 1962 року, а докторську – 1966. А 1963 року він був

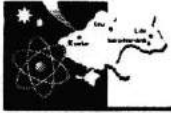


ініціатором створення кафедри рентгенометалофізики і завідував нею від часу заснування і до останніх днів свого життя.

Науковий доробок Я. Дутчака – понад 400 праць, серед них 3 монографії, 3 підручники та 10 посібників. Під його керівництвом було захищено 2 докторські та 50 кандидатських дисертацій. Він був ініціатором створення кількох наукових напрямів, більшість з яких і досі успішно розвивається на кафедрі фізики металів Університету.

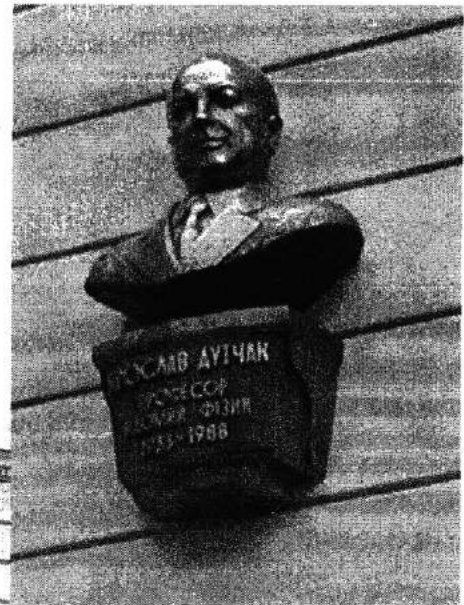
Одним із них є дослідження структури ближнього порядку і фізичних властивостей металевих розплавів. Цей напрям, який започаткував на фізичному факультеті професор А. Глауберман, успішно розвивав і професор Я. Дутчак. Порівняння результатів структурних досліджень із кінетичними властивостями дало змогу зробити висновки про міжатомну взаємодію та електронний спектр у розплавах, дати рекомендації щодо їхнього практичного використання. Науковець і його учні запропонували та розрахували нелокальний модельний потенціал, щоб описати електрон-йонну взаємодію у металах, який ефективно використовували для розрахунку атомних та електронних властивостей металів. Згодом цей модельний потенціал був узагальнений на випадок перехідних та рідкісноземельних металів.

\*Ідею створення барельєфа Ярославу Дутчакові подав ректор Університету Іван Вакарчук.



За цикл праць „Експериментальні й теоретичні дослідження з фізики рідких металів” професор Я. Дутчак у складі авторського колективу 1983 року отримав Державну премію України в галузі науки і техніки. Важливими є також його праці з досліджень міжатомної взаємодії та динаміки кристалічної ґратки в твердих тілах.

Ґрунтуючись на результатах експериментальних досліджень тиску пари складних систем халькогенідів підгрупи міді, одержано рівняння температурної залежності тиску, розраховано енергії



*Під час відкриття барельєфа Ярославу Дутчакові  
(14 жовтня 2003 року, Львів. Автор барельєфа Василь Ярич.)*

змішування для твердої фази, зроблено висновки про характер міжатомної взаємодії та її зв'язок з діаграмою стану. На підставі цього було запропоновано новий метод аналізу та їхню класифікацію.

Під керівництвом Я. Дутчака виконано фундаментальні дослідження в галузі рентгенівської спектроскопії: було досліджено електронну будову евтектичних сплавів широкого класу оксидних сполук рідкісноземельних елементів, зокрема гранатів, що дало змогу вперше встановити основні закономірності у формуванні електронно-енергетичного спектра цих матеріалів.

Професор Я. Дутчак брав активну участь в організації та проведенні конференцій і симпозіумів з фізики рідин, тонких плівок, рентгенівської спектроскопії. Він був членом Координаційних рад з фізики рідкого та аморфного стану речо-

вини при Міністерстві вищих навчальних закладів України. У 1981–1986 роках науковець очолював Спеціалізовані ради із захисту кандидатських та докторських дисертацій при Львівському університеті імені Івана Франка, багато років був відповідальним редактором фізичної серії Вісника Львівського університету.

Ярослав Дутчак був чудовим лектором. Його лекції з курсу „Молекулярна фізика” та спецкурсів завжди відзначалися оригінальністю та глибиною викладу матеріалу. Він постійно працював над створенням методичних посібників та підручників для студентів.

На жаль, 8 лютого 1988 року обірвалося життя Ярослава Дутчака, відомого фізика, чудового лектора, людини великої душі, прекрасного педагога і вихователя нової плеяди дослідників.



# Олександр Лейпунський і ядерна фізика в Україні

**Юрій Ранюк,**  
*професор Національного наукового центру  
„Харківський фізико-технічний інститут”*

В історії ядерної фізики навечно закарбовано ім'я академіка Академії наук України Олександра Ілліча Лейпунського. З ним пов'язані становлення Українського фізико-технічного інституту в Харкові, організація і початок у ньому ядерно-фізичних досліджень, успішне розщеплення атомного ядра штучно прискореними протонами. Він був одним з перших, хто досягнув перспективи щодо відкриття нейтрона для вивчення будови атомного ядра і реакції поділу для ядерної енергетики.

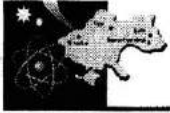
З Україною пов'язані успіхи і сумні сторінки життя вченого. У 1930-х роках він очолив Український фізико-технічний інститут у Харкові. Молодим (31 рік) став академіком. А на 35-му році життя був заарештований...

О. Лейпунський 1941 року став директором Київського Інституту фізики і математики, 1944 року – організував та очолив ядернофізичні дослідження в Києві. Науковець був біля джерел цих досліджень у Харкові і в Києві. Він і колективи, які він очолював, зробили вагомий внесок у розвиток нейтронної фізики, фізики прискорювачів заряджених частинок, фізики поділу атомного ядра, були причетні до створення атомної зброї.



Про життя і наукову діяльність видатного вченого розповідають архівні матеріали.

Ось особова справа з архіву відділу кадрів УФТІ. Неймовірно, але в архіві Харківському фізико-технічному інституті (до війни Український фізико-технічний інститут, УФТІ) зберігається особова справа О. Лейпунського довоєнного періоду. Це єдина справа, іншої подібної справи тих часів в архіві УФТІ немає, адже архів загинув під час війни. Причина того, що згадана справа збереглася, мабуть, одна – на початку війни її зберігали в надійнішому місці, ніж архів УФТІ, в обкомі партії або в НКВД. До того ж, у Харківському обласному архіві нині зберігаються особові справи О. Лейпунського з посеред тих, що були у віданні партійного архіву НКВД. Нижче подаємо деякі документи, які ми відібрали з цих справ [1].



Від часу створення Українського фізико-технічного інституту О. Лейпунського призначили заступником директора І.В. Обреїмова.

Витяг з наказу № 4 по Українському фізико-технічному інституту від 26.03.29 р., Харків:

*„2. Призначити на посаду ст. фізика з виконанням обов'язків заступника директора Фіз.-тех. ін-ту тов. Лейпунського О.І. з 01.03 з виплатою йому половини окладу 200 крб. на місяць.”*

*„З 1929 року працюю в УФТІ заст. директором і керівником високовольтної бригади” (Із життєпису, 06.09.1929.).*

П'ятого серпня 1933 року О. Лейпунського призначили директором УФТІ. На цій посаді він працював усього півроку, далі, у квітні 1934 р. за рішенням Народного комісаріату важкої промисловості він поїхав до Німеччини та Англії.

Олександр Вайсберг у своїх спогадах писав: *„У 1929 р. український уряд вирішив створити фізико-технічний інститут у Харкові. Фізиків запросили із Ленінграда, старого центру російської науки. Директором був призначений науковець старої школи Іван Васильович Обреїмов. Молодий комуніст Лейпунський був при ньому в ролі „червоного директора”. Непомітно керівництво Інститутом перейшло до Лейпунського. Йому було 26 років, але всі визнавали його авторитет. Він легко, майже весело, справлявся з адміністративними справами” [2].*



*Високовольтний (Лабораторний) корпус УФТІ, який будував О. Лейпунський. Видно вежу електростатичного генератора Ван де Граафа на 3 МеВ. У цьому корпусі 1946 року розмістили Спецлабораторію № 1 (світлина 1946 року)*

Першим видатним науковим та організаційним досягненням О. Лейпунського в Харкові була переорієнтація в середині 1931 р. Високовольтної бригади на ядерну тематику, створення потрібного експериментального устаткування та успішне здійснення 10 листопада 1932 р. експерименту з розщеплення атомного ядра штучно прискореними протонами. Підготовка до експерименту з розщеплення атомного ядра штучно прискореними протонами в Харкові, як і в Кембриджі, була розпочата з ініціативи Георгія Гамова.

В УФТІ 1932 року розпочалося будівництво величезного Високовольтного лабораторного корпусу. Його будівничим вважають О. Лейпунського. У цьому корпусі було встановлено найбільший у світі електростатичний прискорювач Ван де Граафа. У цьому корпусі мешкав і О. Лейпунський. Там його арештували. У Високовольтному корпусі 1946 року розмістилася надсекретна Спецлабораторія № 1.

#### **План закордонного відрядження О.І. Лейпунського**

*„Основне завдання відрядження – оволодіння досвідом експериментальної роботи в галузі вивчення ядра, накопиченим в кращій лабораторії світу в Кембриджі.*

*Я пропоную здійснити там:*

*Практикум з радіоактивності (один місяць).*

*Ознайомлення з роботою автоматичної камери Вільсона, що працює від лічильника Гейгера-Мюллера (15 днів).*

*Ознайомлення з роботою пропорційного лічильника (15 днів).*

*Ознайомлення з методикою роботи з нейтронами (15 днів).*

*Ознайомлення з методикою роботи з гамма-променями (15 днів).*

*Загальний термін перебування в Кембриджі – 5 місяців.*

*Крім Кембриджа, я хочу відвідати найбільші лабораторії Європи, де можна чого-небудь навчитися. Найцікавіші з них такі:*

*Берлін. Там цікаві роботи по нейтронах.*

*Берлін. Роботи з використанням імпульсного генератора.*

*Париж. Там цікаві класичні досліди з радіоактивності і досліди по нейтронах.*

*Відень. Там цікаві роботи з поділом ядер  $\alpha$ -частинками і нейтронами.”*





*О. Лейпунський біля генератора високої напруги, за допомогою якого 10 жовтня 1932 року було розщеплено атомне ядро*

Таким був план відрядження, який Лейпунський склав сам для себе.

Протокол засідання трикутника УФТІ про відрядження О.І. Лейпунського до Німеччини та Англії:

*„Слухали:* Про наукове відрядження за кордон наукового керівника ядерної групи, заступника директора в УФТІ.

*Ухвалили:* Трикутник УФТІ вважає, що закордонне відрядження Лейпунського до Німеччини та Англії для оволодіння досвідом експериментальних робіт, які там ведуться в галузі вивчення ядра, є потрібним для підвищення експериментального рівня робіт з дослідження ядра, які ведуться у Радянському Союзі, і принесе велику користь для розвитку фізики в СРСР.

Кандидатура т. Лейпунського, як здібного фізика-партійця, що був ініціатором та організатором у УФТІ робіт з дослідження ядра, повністю підходить і трикутник закордонне відрядження Лейпунського повністю підтримує.

*Підписи”*

О. Лейпунський мав ще одне важливе завдання. Перед від'їздом він зустрічався з Наркомом Серго Орджонікідзе і погоджував з ним намір запросити на роботу в ХФТІ відомих берлінських фізиків Ф. Ланге і Ф. Хоутерманса. Цей пункт відрядження був успішно виконаний, коли О.Лейпунський повернувся з відрядження до Харкова, обидва науковці вже були в штаті УФТІ. Однак ні він сам, ні, тим паче, німецькі фізики уявлення не мали про те, що це запрошення стане основним аргументом у звинуваченні Лейпунського в потуранні шпигунам, а іноземних науковців – у шпигунстві.

Утім це буде 1937 року, а 1934 року О. Лейпунський, забувши плани, які сам склав, перший у світі вирішив експериментально довести факт існування нейтрино. І робив він це не де-небудь, а в Кевендишській лабораторії всесвітньо відомого сера Ернеста Резерфорда в Кембриджському університеті в Англії.

Хоча при постановці експерименту та його здійсненні О. Лейпунський виявив багато винахідливості й наполегливості, він обмежився висновками лише якісного характеру. У своїй праці, опублікованій 1936 року в англійському журналі, він стверджував, що експериментальні дані, які він одержав, недостатньо точні, щоб зробити остаточні висновки на користь емісії нейтрино в  $\beta$ -розпаді.

Наприкінці праці він написав: „На закінчення я з великим задоволенням дякую лордові Резерфорду за дозвіл працювати в його лабораторії, професорові Чедвіку за виявлену увагу і корисні поради і докторові Кокрофту, який люб'язно надав мені джерело активного водню”[3].

#### Резолюція наукової ради УФТІ:

„Наукова рада Українського фізико-технічного інституту висуває кандидатуру директора Інституту О.І. Лейпунського в дійсні члени Української академії наук. Наукові праці тов. Лейпунського в галузі вивчення атомних і молекулярних систем і процесів передачі енергії між ними характеризують його як одного з найвидатніших молодих фізиків Союзу.

Тов. Лейпунський є одним з організаторів УФТІ, який поставив у ньому роботи з вивчення атомного ядра і мобілізував на цю задачу сильну групу науковців інституту.



Своєчасно організувавши і поставивши ці роботи, Лейпунський забезпечив УФТІ піонерську роль у цій важливій для сучасної фізики галузі й закріпив за Інститутом провідне положення в ній.

Голова Наукової ради  
Тим. вик. о. директора

*Обреїмов  
Гей*

17 травня 1934 року О. Лейпунського обрали академіком Української академії наук.

У вересні 1934 року О. Лейпунський приїхав на два тижні додому. Разом з ним до УФТІ приїхав заступник директора Кавендишської лабораторії Петро Капиця. Вони сфотографувалися на згадку на сходах Лабораторного корпусу. Під час відсутності О. Лейпунського директором УФТІ призначили С. Давидовича і почалася драма Інституту. Лейпунський був змушений достроково повернутися до Харкова, де 15.10.35 його призначили науковим керівником і заступником директора з наукової роботи, а від 01.12.35 – знову директором УФТІ.

**Витяг з наказу по Наркомату важкої промисловості № 1256, м. Москва, 29.11.35**

Параграф 8

„Тов. Лейпунського О.І. призначити директором Українського фізико-технічного інституту із звільненням від цієї роботи т. Давидовича С.О.

Нарком  
важкої промисловості *С. Орджонікідзе*”

**Характеристика на тов. Лейпунського О.І.**

„Тов. Лейпунський О.І., 1903 р. народження, член партії з 1930 р. Із початку 1927 р. почав працювати фізиком у Ленінградському фізико-технічному інституті. Є організатором УФТІ, працював від початку його організації. Заст. директора з наукової частини, а з 1933 року – директор інституту. В 1934 р. т. Лейпунського обрали дійсним членом Всеукраїнської академії наук. Має 14 надрукованих наукових праць у галузі фізики.

Тов. Лейпунський О.І. є одним з ініціаторів й організаторів робіт з вивчення атомного ядра, що мобілізував для виконання цієї найважливішої задачі сильну групу наукових працівників Інституту.

Своєчасною організацією і постановкою роботи з фізики ядра тов. Лейпунський О.І. забезпечив УФТІ провідну роль у розвитку радянської фізики.

Тов. Лейпунський О.І. організував 1932 року видання журналу „Радянська фізика” (*Physicalische Zeitschrift der Sowietunion*) на іноземних мовах і є його відповідальним редактором. Тов. Лейпунський О.І., будучи науковцем у радянській фізиці, є також громадським діячем, він член парткому УФТІ, член Кагановського РПК, і кандидат ГПК м. Харкова.

З березня 1934 р. Лейпунський О.І. був у науковому відрядженні за кордоном. Працював у Кембриджі у Резерфорда. Після повернення в грудні 1935 р. тов. Лейпунського знову призначили директором УФТІ, де працює і досі.

Заст. директора УФТІ *(нідпис нерозбірливо)*  
Секретар ПК *Гарбер*  
Секретар МК *Барленко*

*(Без дати)*”

Повернувшись з Англії, О. Лейпунський зосередив свої наукові інтереси на нейтронній фізиці. Цю тематику він привіз з Кембриджа і створив нову лабораторію та новий колектив. Його цікавило: сповільнення і термалізація нейтронів у різних середовищах і за різних температур, перерізи розсіяння і поглинання нейтронів залежно від їхньої енергії, збудження ядерних рівнів під час розсіяння нейтронів.

Вагоме місце в його праці займали дослідження температурної залежності взаємодії теплових нейтронів і перевірки теоретичного закону Ю. Вігнера, що описує енергетичну залежність взаємодії нейтронів з ядрами [4]. Нейтронні дані, які отримав Лейпунський і його співпрацівники, вже після війни тривалий час публікували в іноземних довідниках.

Враховуючи специфіку роботи О. Лейпунського, йому часто доводилось спілкуватися з керівниками Наркомату важкої промисловості, які згодом стали жертвами показових політичних процесів. Це заступник Наркому Ю. П’ятаков, керівник Наукового сектору Наркомату М. Бухарін та інші. Саме в цей сектор організаційно входив Український фізико-технічний інститут. Слід зазначити, що О. Лейпунського з цими людьми пов’язували не лише службові, а й суто людські, дру-



жні стосунки. За життя Наркому Серго Орджонікідзе хоча й не просто, але вдавалося уберегти своїх людей від сталінської інквізиції. З його смертю машина репресій почала з особливим божевіллям розкручуватися в його міністерстві, де було багато талановитих людей. Незабаром дійшла черга й до О. Лейпунського, якого давно вже розглядали НКВД як одного з керівників шпигунсько-диверсійної організації, що отаборилась в УФТІ.

**„Наказ**

Наркома важкої промисловості № 755/К  
16 вересня 1937 р.

Лейпунського О.І., директора Українського науково-дослідного фізико-технічного інституту звільнити з роботи.

Заступник Наркома  
важкої промисловості *Завенягін*”

Так почався тривожний шлях О. Лейпунського до арешту. Після звільнення з посади директора, Лейпунський продовжував працювати в УФТІ науковим керівником радіоактивної лабораторії. Після смерті в серпні 1939 р. начальника Фізичного відділу Радієвого інституту в Ленінграді Л. Місовського директор Хлопін запросив на посаду О. Лейпунського, але той обмежився роллю консультанта і члена Наукової ради. Це було початком широкого залучення Лейпунського до роботи у різних наукових установах країни.

О. Лейпунський був учасником усіх довоєнних Всесоюзних ядерних конференцій. Відразу після відкриття поділу урану Лейпунський одним із перших зрозумів великі потенційні можливості цієї унікальної реакції вивільнення енергії атомного ядра. На 4-й Всесоюзній нараді, що відбулася 15–20 листопада 1939 року в Харкові, він виступив з оглядовою доповіддю з фізики поділу атомного ядра.

О. Лейпунський був учасником майже всіх акцій, спрямованих на залучення уваги наукової громадськості та уряду до „Уранової проблеми”. Він брав активну участь у роботі Ядерної та Уранової комісії Академії наук СРСР.

Від 1939 року, УФТІ почав працювати над проблемою „Вивчення поділу урану”, науковим керівником якої був О. Лейпунський.

Будучи ентузіастом ядерної енергетики, О. Лейпунський дуже не любив розмов про

атомну бомбу. Справа дійшла до того, що його аспірант Маслов, який хотів зайнятися проблемою атомної бомби, був вимушений перейти працювати в лабораторію Ф. Ланге. Маслов 1946 року отримав авторські свідоцтва на винаходи „Атомної бомби” і „Центрифуги для розділення ізотопів”. За участь у розробленні першої радянської атомної бомби 1949 року О. Лейпунського нагородили орденом Леніна, а його найближчого співпрацівника з Харкова Д.В. Тимошука – орденом Трудового червоного прапора.

Перший раз О. Лейпунського на посаді директора Інституту змінив Семен Давидович. Відбулося це 1 грудня 1935 року. Після другого звільнення, директором у жовтні 1937 р. призначили Олександра Шпетного, аспіранта О. Лейпунського. В обох випадках нові директори, що змінили академіка, не мали ніяких наукових ступенів. До того ж, обидва до часу призначення на високу посаду не мали жодної наукової публікації.

О. Лейпунський користувався величезною повагою і беззастережним авторитетом своїх працівників і фізиків усієї країни. Це була харизматична особистість. Ось що писала в листі своїй сестрі до Англії Една Купер, дружина колеги Лейпунського, Кирила Синельникова: „Олександр Лейпунський, як завжди, чарівний, створюється враження, що всі жінки Інституту в нього закохані. Я намагаюся бути винятком”. 1 березня 1936 року [5].

А ось як його характеризував Олександр Вайсберг: „Олександр Ілліч Лейпунський був єдиним із радянських людей, кого я відразу полюбив. Він випромінював чарівність, якій ніхто не міг протистояти. Тоді йому було 33 роки. Середнього зросту, стрункий, зі світлими блакитними очима і чорним волоссям. Його міцна статура свідчила про пролетарське походження. Він був найталановитішим серед молодих фізиків Радянського Союзу і знаходився на межі двох поколінь. Він належав до молодшого покоління, яке отримало освіту за радянських часів, але мав такий широкий науковий кругозір, якого молоді не мали. Був він пролетарського походження в радянському значенні цього слова, його батько був робітником і будував дороги.

Сам Лейпунський три роки працював на фабриці в провінції. Він зміг приготуватися до навчання, вступив у комсомол і в партію, і його ске-



рували працювати у Фізичний інститут до Ленінграду, яким керував професор Йоффе.

Лейпунський був дуже скромним у житті. У 1931 році я поїхав з ним до Москви одержати дозвіл на видання наукового журналу. Хоча я пробув на той час у Радянському Союзі всього декілька тижнів, ми встигли порозумітися. На той час зарплата комуністів обмежувалася так званим партмаксимумом, який не дозволяв одержувати більше, ніж 250 рублів на місяць. Але ціни були високі, і це була дуже низька зарплата. Перед від'їздом я помітив, що мешки Лейпунського мають дуже великі дірки. Я сказав йому: „Олександр Ілліч, не можна так їхати до Москви та ще в Народний комісаріат”, – на що він відповів: „Не маю інших. А купити нові зараз дуже дорого. Походжу у цих, влітку у нас майже немає дощів”. [1]

Духовно О. Лейпунський теж перебував між двома поколіннями. Він був далекий і від рафінованої інтелігенції старої школи, і від примітивованої радянської. Він був дуже стриманою людиною, говорив не багато, за те дуже уважно слухав, і було видно, що він все розуміє. У розмові був настільки уважним, що співбесідникові, якщо навіть він говорив сам, завжди здавалося, що він брав участь у дискусії”.

### Виключення з партії та арешт

Лише люди, які жили в ті часи, знають, що означало виключення з партії [6]. Виключення з партії означало втрату роботи, друзів, перетворення людини на ізгоя, фактично усунення від життя. Це був не лише хрест на кар'єрі. Це була прелюдія до арешту і можливого розстрілу. Відразу після звільнення з-під арешту О. Лейпунський почав клопотати про відновлення його в партії. Так виникла його нині збережена в колишньому партійному архіві особова справа, закінчена 16.01.47. Майже 10 років Олександр Ілліч боровся за відновлення свого чесного імені. Йому пропонували вступити в партію на загальних підставах, але він зрештою добився свого і був поновлений в партії без втрати стажу [6].

Що послужило формальною причиною виключення з партії і подальшого арешту? Ось деякі документи.

„Про Лейпунського Олександра Ілліча, 1903 року народження. Був членом ВКП(б) з 1930 року, партквиток № 1674156, сврей, службовець,

освіта вища. Під час виникнення справи працював директором УФТІ.

Тов. Лейпунський у 1937–1938 рр. працював директором УФТІ. Під час роботи втратив партійну пильність до окремих науковців, які були викриті як вороги.

15 травня 1938 р. рішенням Партколегії при уповноваженому комісії партійного контролю при ЦК ВКП(б) по Харківській області, Лейпунський О.І. за втрату більшовицької пильності з членів ВКП(б) виключений”.

### Довідка

О. Лейпунський працював директором УФТІ 1937 року, де була велика засміченість класово чужими елементами.

Лейпунський запросив фахівців іноземців Хоутерманса з сім'єю, Ланге зі своїм асистентом Кон-Петерсом. Згодом Хоутерманс був заарештований, Кон-Петерс висланий з СРСР.

Довіряв відповідальні ділянки роботи людям, які не викликали політичного довір'я і виявилися ворогами народу (Шубников, Вайсберг і ін.). Крім того, захищав їх від справедливих вимог партійної організації.

Січень 1947 р.

Справа відновлення в партії зсунулася з мертвої точки лише після втручання А.П. Завенягіна, який на той час був заступником начальника Першого головного управління [7].

Таємно

### Характеристика

Тов. Лейпунський Олександр Ілліч працює в Міністерстві внутрішніх справ СРСР на посаді заст. нач. управління.

За час роботи в Управлінні тов. Лейпунський Олександр Ілліч зарекомендував себе висококваліфікованим фахівцем, обізнаним у тій галузі науки, якою він керує в МВС СРСР.

Доручену йому роботу тов. Лейпунський виконує сумлінно й акуратно.

Характеристика видана для пред'явлення в Партколегію при Харківському обкомі й Міському КП(б)У.

Заст. Міністра внутрішніх справ СРСР

Генерал-лейтенант

Завенягін

1 листопада 1946 р.



Таку блискучу характеристику О. Лейпунському підписав той самий Завенягин, який 16 вересня 1937 р. видав наказ про його звільнення з посади директора УФТІ.

„Враховуючи, що Лейпунський О.І. свої помилки – притуплення партійної пильності – визнав і засудив їх, протягом останніх років проводив велику наукову роботу і брав участь у суспільно-політичній роботі, рішення Харківського міського комітету КП(б)У від 6 вересня 1940 року відмінити... Лейпунського О.І. членом ВКП(б)У відновити без припинення стажу”.

У своїй заяві з проханням про розгляд питання про відновлення в члени ВКП(б) Лейпунський писав:

„Я справді добре розумію, що вчинив низку грубих політичних помилок. Я настільки втратив більшовицьку пильність, що без розбору довіряв званню братських компартій, давав змогу працювати в Інституті деяким ворогам народу, довіряючи цим ворогам, а також захищав їх від справедливих вимог парторганізації. Цінуючи наукову кваліфікацію деяких працівників Інституту, які виявилися ворогами народу, я мало боровся з їхньою шкідницькою роботою в галузі підготовки кадрів молодих радянських науковців”.

„У керівництві Інститутом я вів гнилу політичну лінію, лінію гнилого лібералізму щодо ворогів народу, лінію, яка свідчить про те, що я виявився не в змозі давати політичну оцінку низці фактів у житті Інституту, лінію, яка характеризувала мене як людину, що втратила більшовицьку пильність і своєю політичною сліпототою створив сприятливі умови для ворожої діяльності в Інституті”.

#### Контрольне листування до слідчої справи

„Ухвала про продовження терміну утримання під вартою м. Київ 1938 р., червень 31 дня

Я, оперуповноважений 3 відділу УГБ НКВД СРСР сержант держбезпеки Голубчіков, розглянувши слідчу справу 148169 по звинуваченню Лейпунського Олександра Ілліча по ст. 54–05 вияснив:

Лейпунський О. І. – агент німецької розвідки з 1934 року, завербований для шпигунсько-диверсійної роботи представником гестапо Хоутерман-

сом Фріцем Оттовичем. У 1935 році Лейпунський добився дозволу радянського уряду на приїзд до СРСР Хоутерманса і влаштував його на роботу в УФТІ як іноземного фахівця. За завданнями розвідки, отриманими через Хоутерманса, Лейпунський систематично збирав і передавав Хоутермансу шпигунські відомості про важливі наукові роботи в галузі атомної фізики. Користуючись наявністю зв'язків у Ленінградському фізико-технічному інституті, здобував там матеріали про хід робіт із розв'язання нових науково-фізичних проблем, передавав ці матеріали Хоутермансу. Беручи до уваги, що слідством розкривається широка шпигунська диверсійна діяльність Лейпунського, його зв'язок в цій галузі з контрреволюційним правотроцькістським підпіллям, що належить провести документацію підривної роботи та арешти підозрілих осіб, а термін ведення слідства і змісту обвинуваченого Лейпунського під вартою закінчується 14.08.1938 р., керуючись статтею УПК УРСР постановив:

Порушити клопотання перед Верховною Радою СРСР про продовження терміну ведення слідства та утримання під вартою звинуваченого Лейпунського на два місяці, тобто до 14 жовтня 1938 року”.

О. Лейпунського заарештували 13 червня 1938 року, відразу після повернення його з відпустки і літаком у супроводі спецконвою везли до Києва.

Свідчення звинуваченого Лейпунського, яке він написав власноручно:

„Моя діяльність, як керівника УФТІ, принесла величезну шкоду розвитку радянської науки, оскільки не дивлячись на те, що я суб'єктивно не був пов'язаний з ворогами, що орудували в Інституті, моя діяльність об'єктивно допомагала ворогам. Тільки завдяки моїй допомозі й підтримці вороги могли так довго шкодити УФТІ. Моя підтримка ворогів полягала в наступному:

1. Я ввіз до СРСР шпигуна Хоутерманса і створив йому зручні умови для шпигунської роботи

2. Я приховував сигнали про ворожу фізіономію шпигуна Вайсберга, надавав йому всяку допомогу, прагнув зберегти його в Інституті, якийсь час приховував від НКВД факт вивідання ним шпигунських відомостей, видав йому позитивну ділову характеристику при його звільненні з Інституту



3. Я приховував сигнали про ворожу фізіономію контрреволюціонерів Ландау, Шубникова, всіляко прагнув зберегти їх в Інституті. Створив їм в Інституті умови для шкідницької і шпигунської роботи. Все це відбулося тому, що я унаслідок своєї повної політичної безпечності, гнилого лібералізму, переоцінив значення зв'язків із західноєвропейською наукою, рабське поклонявся перед Заходом, створив в Інституті виключно сприятливу для ворогів обстановку.

*Лейпунський*

Під слідством О. Лейпунський пробув недовго – з 14 червня до 9 серпня 1938 року. Своє раптове звільнення він сам пояснював зміною керівництва НКВД. Немає сумніву, що слідчі, звільняючи академіка з-під варти, виконували чинючу волю. Але чия – із справи не видно.

За деякими свідченнями, „витягнув” його з тюрми Президент АН України Богомолець. Але якісь документи, які свідчили б про це, нам невідомі.

Як видно із документів, звинувачення на адресу Лейпунського по партійній лінії й по лінії органів внутрішніх справ були одні й ті ж: втрата пильності. В Інституті, яким керував О. Лейпунський, відбувались арешти. Ворогами народу були оголошені видатні науковці: Ландау, Шубников, Горський, Розенкевич, Хоутерманс та інші. У своїх офіційних заявах на ім'я партійного керівництва і слідчих О. Лейпунський не мав іншого виходу, як каятися у втраті пильності.

*Київ.* На території України почалася Друга світова війна. У ХФТІ майже всі фундаментальні дослідження було згорнуто, більшість тем мала оборонний характер.

Ось як пише про це сам Лейпунський в автобіографії, датованій 22 червня 1952 року і яка зберігається у Київському Інституті фізики:

„Разом з Академією наук УРСР у жовтні 1941 року евакуювався до Уфи. Там працював до 1944 року директором Інституту фізики. Після реєвакації Інституту фізики до Києва продовжував працювати там директором Інституту. В 1946 році Харківським Обкомом ВКП(б) був поновлений у партії без стягнень. (Лейпунський у жовтні 1941 року очолив Інститут фізики і математики АН УРСР, об'єднані у зв'язку з війною та евакуацією

Інституту фізики й Інституту математики АН УРСР). У 1944–1949 рр. був директором Інституту фізики.

У 1946 році був призначений заступником начальника Управління міністерства внутрішніх справ СРСР і пропрацював на цій посаді до 1949 року. Одночасно працював у Лабораторії № 3 зав. сектором. Із 1949 р. завідував відділом в організації п. с. 276.

У 1946–1947 рр. був деканом інженерно-фізичного факультету Московського механічного інституту, з 1946 – завідував там кафедрою”.

Може виникнути природне запитання: чому в особовій справі О. Лейпунського в Київському Інституті фізики збурігаються документи, датовані 1952 роком?

### Витяг із протоколу № 2

Засідання Вченої Ради Інституту  
Фізики АН УРСР  
від 19 січня 1953 року

*Слухали:* Про присудження дійсному члену АН УРСР О.І. Лейпунському наукового звання професора з експериментальної фізики (О.С. Давидов).

*Ухвалили:* На підставі результатів таємного голосування Учена рада присуджує дійсному члену АН УРСР наукове звання професора з експериментальної фізики.

*М.В. Пасічник  
Г.О. Федорус*

Отже, і академіком, і професором О. Лейпунський став в Україні.

### Із характеристики

„У 1943–1949 рр. О.І. Лейпунський працював директором Інституту фізики АН УРСР і науковим керівником відділу Інституту фізики.

Вдало поєднуючи талант науковця з талантом наукового організатора, О.І. Лейпунський багато сприяв розвитку радянської фізики.

Директор  
Інституту фізики

*М.В. Пасічник*



У Києві О. Лейпунський організував отримання даних про нейтрон-ядерну взаємодію, які потрібні для створення атомної техніки, зокрема й атомних реакторів. З цією метою було створено декілька нейтронних генераторів. Надалі Київські Інститут фізики та Інститут ядерних досліджень стали відомими в країні і за кордоном своїми працями з нейтронної фізики.

8 серпня 1945 року О. Лейпунський написав листа Сталінові з обґрунтуванням потреби побудувати в Києві циклотрон. Лист починається так [7]:

„У 1941 році СНК СРСР і ЦК ВКП(б) прийняли ухвалу про будівництво українського циклотрона (у Харкові) і дали вказівку Держплану СРСР забезпечити це будівництво матеріалами та устаткуванням. Проте, у зв'язку з початком війни, ухвала ця не була виконана.

У минулому 1944 року, згідно ухвалі СНК УРСР і ЦК КП(б)У, нам була відведена ділянка для будівництва циклотрона на околиці Києва й досі виконані проектні роботи.

На підставі висловленого прошу Вас:

Дозволити будівництво циклотронної лабораторії і побудувати її в найкоротший термін – 2 роки.

Дати розпорядження про створення у київській групі умов для праці, для чого передати нам один з малих циклотронів й одну з високовольтних установок, отриманих з Німеччини Лабораторією № 2, а також поставити нашу лабораторію в особливі умови технічного постачання і фінансування

Директор Інституту  
фізики АН УРСР  
Дійсний член  
Академії наук УРСР

*О. Лейпунський*”

Лист був написаний, очевидно, зважаючи на неможливість розв'язати проблему звичайними каналами. Його було передано до розгляду на засідання Науково-технічної ради. Позитивне рішення, мабуть, так і не було ухвалене.

Ще із характеристики: „Як дійсний член АН УРСР О.І. Лейпунський і після переходу на роботу до Москви продовжував брати участь своїми цінними консультаціями у роботі Інституту фізики АН УРСР”.



*„На пам'ять видатному експерименту – розщеплення атомного ядра, здійсненого 10 жовтня 1932 року ученими Українського фізико-технічного інституту Антоном Вальтером, Георгієм Латішевим, Олександром Лейпунським, Кирилом Синельниковим”. Пам'ятний знак відкрито 10 жовтня 2002 року навпроти прохідної Національного Наукового центру „Харківський фізико-технічний інститут”*

#### Література

1. Ранюк Ю. Лабораторія № 1. – Харків: Акта, 2001. – С. 600.
2. а) Weissberg-Cybulski A. von. Hexensabbat. Russland im Schmelzetiegel der Sauberungen. — Frankfurt am Main, 1951.
3. Лейпунский А. И. Измерение энергетического распределения атомов отдачи при  $\beta$ -распаде и существование нейтрино // Лейпунский А. И. Избранные труды. Воспоминания / Под ред. Б. Ф. Громова. – Киев, 1990; Proc. Camb. Philos. Soc. – 1936. – Vol. 32. – P. 301–303.
4. Шубников Л. В. Избранные труды. Воспоминания. – Киев, 1990.
5. I married a russian. Letters from Kharkov / Ed. by Lucie Stret. – London, 1944.
6. Павленко Ю. В., Ранюк Ю. Н., Храмов Ю. А. Дело УФТИ. – Киев, 1998.
7. а) Атомный проект СССР. Документы и материалы / Под общ. ред. Л. Д. Рябева. – М., 2002. – Т. I. 1938–1945. – Ч. 2. – С. 343.



# ФЕНОМЕН КРИСТІАНА ДОПЛЕРА\*

До 200-річчя від дня народження

*„Найвдячніші дослідження ті, які приносять винахідникові радість від мислення й водночас користь людству”*

**Крістіан Доплер**



Крістіан Андреас Доплер народився 29 листопада 1803 року і був третьою дитиною Йоганна і Терези Доплерів. Батько займався виготовленням надгробків. Його мати була служницею.

Обстановка сімейної майстерні стимулювала творчі мистецькі нахили малого Крістіана, але й впливала на його здоров'я. Всюди проникний кам'яний пил, очевидно, сприяв родинному захворюванню дихальних шляхів.

До важкої праці каменяра Крістіан був занадто слабкий, тому батько готував його до праці бухгалтера. До того ж, традиційно родинну справу переймав завжди найстарший син, у цьому випадку – брат Крістіана Йоганн. Три роки Доплер навчався в середній школі в Зальцбургу, четвертий – у Лінці.

Батько Доплера звернувся до відомого австрійського математика й геодезиста, який викладав математику у Зальцбурзькому ліцеї, С. Стампфера з проханням дати пораду щодо синового майбутнього. Стампфер з подивом виявив математичні здібності хлопця і його насагу до навчання й порадив послати його на навчання до Віденської Політехніки.

\*Детальніше про К. Доплера читайте в книжці чеського професора Івана Штола „Крістіан Доплер”. – Євросвіт, 2004. – 96 с.

Крістіан Доплер навчався в Політехніці у 1822–1825 роках. Там він здобув інженерну освіту та ознайомився з основами вищої математики, фізики й астрономії. Період навчання Доплера збігався з початком промислової революції та розвитком економіки в австрійській монархії

Це вплинуло на методи викладання у високій школі. Зростало нове покоління викладачів, природознавців та інженерів. Латинські підручники XVIII сторіччя замінили німецькими. Студентів спонукали до активного розв'язання проблем, замість зубріння класичних текстів. Від університетських викладачів очікували публікацій наукових праць для розширення знань, а від науковців – результатів, які б мали практичне застосування. Ця атмосфера надихнула молодого Доплера й утвердила в ньому рішення присвятити себе науковій праці. Своє наукове кредо науковець передав словами, які часто цитують: „Найвдячніші дослідження ті, які приносять винахідникові радість від мислення й водночас користь людству”.

Як символічно може видатись, саме 1822 року, коли Доплер почав навчатися у Політехніці, було відмінено церковну заборону на вчення Коперника. На філософському факультеті тоді працювали два визначні австрійські фізики, які намага-





лись принести в науку новий дух. Це були Андреас Баумгартнер (1793–1865) та Андреас Еттінгсхаузен (1796–1878).

Австрійська фізика того часу ще не була на належному рівні. Ні Баумгартнер, ні Еттінгсхаузен не збагатили її новими винаходами. Філософський факультет, де вивчали фізику, був дворічним і його вважали прологом до навчання на юридичному, медичному чи теологічному факультетах. Навчання фізики не давало фаху. Фізику тоді сприймали, радше, як розвагу, а найбільше зацікавлення викликали досліди з електрикою, під час яких глядачі отримували електричні травми.

Крістіан Доплер ніколи не навчався у Віденському університеті. Він відвідував, ймовірно, деякі необов'язкові чи вільно доступні лекції, а також практикував в астрономічній обсерваторії університету, де тоді працював відомий астроном, популяризатор астрономії Джозеф Літтроу (1781–1840).

Закінчивши навчання у Політехніці, Доплер 1825 року взяв участь у конкурсі на посаду асистента у професора вищої математики Гантсхла в Політехніці. Гантсхл відхилив кандидатуру Доплера, мотивуючи це його недостатньою математичною підготовкою. Доплер зазнав першого з багатьох розчарувань у своєму житті. Він повернувся до рідного Зальцбурга і почав навчатися в математичному ліцеї. Доповнив свою освіту класичними та сучасними мовами: вивчав латину, французьку, італійську та англійську мови.

Після смерті батька Доплера 1824 року, сім'я опинилась у важкому матеріальному становищі, й Доплер був змушений у Зальцбурзі працювати репетитором. Він також публікував у часописах за гонорари деякі свої літературні твори. У своїх віршах, чи, радше, римуваннях, він замислюється над своїм життям і бідністю, запевняючи себе, що навіть, коли на його могилі не буде піраміди чи маршальського жезла, йому вистачить, якщо кілька друзів пошкодують про його відхід.

У той час у Відні помер професор Гантсхл, і його наступником став Адам Бург (1797–1882), до цього професор Зальцбурзького ліцею. Бург – був визнаним авторитетом у галузі механіки й будівництва. Він опублікував низку праць з вищої математики, міцності й пружності, а також із безпеки парових котлів. Бург оголосив 1829 року конкурс на посаду асистента й зібрав на неї Доплера.

Той переїхав до Відня і зайняв посаду асистента з оплатою 400 золотих і 60 золотих на рік на винаймання помешкання. Угоду було укладено на два роки з можливістю продовжити ще максимум на два роки.

Водночас з педагогічною діяльністю молодий Доплер почав заматися і наукою. Його перші праці стосувались актуальних питань математики й виходили одна за одною у 17-ти збірках альманахів Віденської Політехніки з 1832 року. Перша з них присвячена теорії паралельних ліній та п'ятому Евклідовому постулатові, тодішній проблематиці, що хвилювала весь математичний світ й привела врешті до неевклідової геометрії. Інші дві математичні праці стосувались питань конвергенції, логарифмічних рядів і ланцюгових коренів.

Згодом К. Доплер звернувся до фізики. Він опублікував декілька праць про електрику. У них розмірковував про властивості електричних флюїдів, які впливають на поверхню тіл, і зумовлюють контактну електрику та підвищують хемічну активність під дією ліків. Водночас він наголосив на значенні електропровідності нервів та тому, що її порушення є причиною усіх недуг.

Усі праці К. Доплера з фізики були в своїй основі непереконаливі. Наприклад, у праці 1837 року, в якій він описав свої старі експерименти, проведені у Віденській Політехніці, йдеться про зміну довжини провідника внаслідок протікання через нього електричного струму. Ані дослідів, ані методів вимірювання не описав докладно. Незвичайним є також висновок К. Доплера, за яким довжина провідника під час проходження електричного струму скорочується! На цьому Доплер ґрунтував і проєкт спірального електрометра. Він знайшов і теоретичне пояснення, яке ґрунтувалося на тому, що проходження струму в провідникові зумовлює механічну напругу.

Науковий злет К. Доплера у Віденській Політехніці ускладнювався тим, що після закінчення чотирирічного контракту, у вересні 1833 року він залишився без роботи. Два наступні роки пошуків відповідного застосування своїх здібностей належать до гіркого життєвого досвіду, яким сповнене Доплерове життя.

Крістіан Доплер подав заяви на конкурси на посади професора до Львівського університету, Національної академії в Трієсті, ліцеї у Лінці, Зальцбурзі, Горізії та Любляні, реальне училище



в Празі, та до Віденської Політехніки. Під час конкурсу до реального училища в Празі він успішно відповів на запитання, як знайти кубічний корінь, скласти арифметичну прогресію, які властивості у геометричних функцій і чим відрізняються проста й подвійна бухгалтерії. Він також прочитав лекцію з комбінаторики, іспит склав у Відні, а письмові роботи – у Празі. На результати конкурсу довелося чекати майже два роки – претендентів було 16, і рішення щодо відбору приймалось довго. Засмучений нерозумінням, тридцятирічний науковець вирішив емігрувати до Америки. Він продав своє „майно” й бібліотеку і відвідав американського консула у Мюнхені. В останній момент перед від’їздом до Америки, йому прийшло повідомлення, що Празьке реальне училище пропонує йому професуру арифметики, алгебри, теоретичної геометрії й бухгалтерії з річним окладом 800 золотих.

Становище К. Доплера у Празі від самого початку було важким. Він увійшов у чуже, невідоме середовище, яке не розуміло його дослідницьких та публіцистичних пошуків. Фізикою там професійно займався лише професор математики Фердинанд Гесслер (1803–1865). Він цікавився прикладними проблемами і більшу частину часу консультував промисловців. Гесслер був видатним діячем наукового Товариства, яке заснували 1833 року. Спілка мала добре обладнану бібліотеку й видавала за редакцією Гесслера реферативний „Енциклопедичний часопис”, який також публікував оригінальні праці, й куди Доплер багато дописував.

Посада професора реального училища аж ніяк не відповідала амбіціям Доплера, однак вона дала йому змогу стабілізувати свій фінансовий стан та завести у Празі сім’ю. У лютому 1836 року Доплер одружився з донькою зальцбургського ювеліра Матильдою Стурмовою. Вони мали багато дітей.

К. Доплер робив спроби перейти з реального професійного училища до Політехніки, але там не було вільного професорського місця. Він домагався принаймні того, аби викладати вищу математику, передусім математичний аналіз як обов’язковий курс для студентів Політехніки та бажаючих. Керівництво Політехніки підтримало пропозицію. Академічного 1836/37 року Доплер прочитав лекції для дванадцятьох студентів Політехніки. Він також викликав зацікавлення і в своїх

колег та представників празької інтелігенції і був задоволений з того, що його сприймають як науковця.

У березні 1841 року К. Доплер став ординарним професором Празької Політехніки. У своїх викладах Доплер намагався хоч трохи розширити погляди слухачів за рамки установленого навчального матеріалу, і 1843 року видав великий за обсягом підручник арифметики й алгебри із розв’язками завдань. У першій половині 1844 року Доплер отримав офіційну подяку від земського сейму за самовіддану педагогічну працю.

Попри свою педагогічну діяльність та все гірший стан здоров’я К. Доплер усе більше зосереджувався на своїх наукових пошуках, яким присвячував безсонні ночі. Як зазначали його колишні учні: „На всіх Доплерових лекціях можна було помітити, що його думки зосереджені не на речах, які він викладав, а прив’язані до інших сфер”.

У 1837 році Доплер запропонував Королівському чеському науковому товариству розгорнуту математичну працю з узагальнення аналітичної геометрії. Її рецензентом став відомий математик Больцано. Незважаючи на протести професора Куліка, він добився її опублікування у працях Товариства. Доброго і, можливо, малокритичного, Больцано праця Доплера зацікавила. Він оцінив його захоплення наукою, безкорисливу любов до правди та приємний авторський характер і відразу запропонував зробити Доплера дійсним членом Товариства. Больцано вбачав у Доплерові представника молодшої генерації математиків, сповнених нових ідей, а спочатку й можливого наступника своєї наукової школи.

Однак Больцано швидко пересвідчився, що Доплер не здатний достатньо глибоко математично мислити й що його хист, так би мовити, іншого плану. Шлях до Королівського чеського наукового товариства теж не був для Доплера легким. Пропозицію Больцано прийняти його членом не було розглянуто, оскільки вона не була належно подана, а повторна пропозиція професора Яндери на таємному голосуванні не пройшла. Нарешті, 28.06.1840 року Доплера прийняли дійсним членом Товариства. Він брав активну участь у його діяльності, зокрема в адміністративній та організаційній.

К. Доплер постійно приходив на засідання Товариства з новими ідеями. Він запропонував при-



лад до креслення дуг будь-яких пропорцій, удосконалену конструкцію вимірювального стола, оптичний віддалемір, стробоскопічний метод спостереження швидких рухів, удосконалений мікроскоп тощо.

Це були ті гейзери ідей, від яких йшла обертом голова Больцано. Переважно це були експериментальні методи та прилади, які Доплер насправді так ніколи й не застосував. Він заново відкрив та вдосконалив стробоскопічний метод, який 1832 року винайшов Й. Платау (1801–1883) та вчитель Доплера С. Стампер. Мах стверджував, що Доплер не знав про їх винахід, зважаючи на його чесність можемо припустити, що він би від нього відмовився.

Доплерові праці з астрономії, не підкріплені ні власними спостереженнями, ні вивченням спеціальної літератури, теж не були помічені науковою громадськістю. Однак 25 травня 1842 року Доплер на зборах природничої секції Товариства прочитав лекцію на тему „Про кольорове світло подвійних зір”. Ніхто тоді не міг передбачити, що це зоряний час не лише Доплерового життя, а й фізики XIX сторіччя у Празі, і що принцип Доплера, невміло поданий у лекції і фантастично обґрунтований, вплине на весь подальший розвиток астрономії, фізики, техніки та медицини.

На лекції Доплера були присутні шестеро членів природознавчої секції Товариства: Больцано, Гесслер, лікар Й. Редтенбахер, офтальмолог Й. Рибба й керівник університетської бібліотеки А. Спірк. Вів засідання Ян Пресл. Серед присутніх єдиним фізиком був Гесслер, і тому йому доручили написати відгук на виступ Доплера. Гесслер зазначив, що виступ Доплера обов'язково треба опублікувати.

Доплер подав свою працю як узагальнення теорії аберації нерухомих зір. За Доплером, взаємний рух джерела хвиль, звукових чи світлових, та їх спостерігача мусить виявитися і в частоті коливань хвилі, що приймається, тобто, висоті тону звуку, чи кольорі світла. Науковець розглянув два випадки: коли рухається джерело, а спостерігач залишається нерухомим, і навпаки. Якщо у пружному середовищі поширюються повздовжні хвилі, в обох випадках дістанемо різні зміни частоти. Доплер на цьому також наголосив. Світло він вважав повздовжніми хвилями ефіру, а Френелеві дані про поляризацію світла, які вказували,

що світлові хвилі поперечні, відкидав. Доплер не мав для своєї теорії жодного експериментального доказу і аргументував її астрономічними фантазіями. Він передусім опирався на твердження, що подвійні зорі, які стосовно Землі орієнтовані так, що один з елементів віддаляється, а інший наближається до Землі, сяють додатковими кольорами, хоча астрономічні спостереження нічого такого не виявляли. Доплер стверджував, що якби, згідно з ним, наша Земля рухалася швидше, ми б бачили зорі, які наближаються, у синьому кольорі, а ті, що віддаляються, – у червоному. Він врешті дійшов до того, що спробував пояснити змінні зорі та наднові зорі, ніби це зорі, що сяють у невидимій ділянці спектра, і з дуже швидким наближення до Землі стають видимими. Свою працю Доплер закінчив словами: „Прийmemo ми чи ні наведені тут міркування за правильні, вони становлять основу теорії... що в недалекому майбутньому дасть астрономії засіб до визначення руху таких зір, які через свою віддаленість і пов'язану з цим малість паралактичного кута, досі лише подавали надії на таке вимірювання.” Це останнє речення виявилось пророчим, хоча і не точно так, як Доплер собі це уявляв.

Праця Доплера не викликала великого зацікавлення в астрономів – швидше розгубленість. Больцано відчував у ній, варту уваги ідею, і писав про неї, але він не був фізиком, і ця тема була для нього далекою. Співпрацівник Празької обсерваторії Креїл зацікавлено сприйняв принцип Доплера і спробував обчислити, якою б мала бути швидкість зір, щоб виявити це явище. Він пробував спостерігати його під час руху комети 1843 року, але жодної зміни кольору не зауважив. Астрономи з інших країн праці Доплера не визнавали. Правда, італійського астронома Бенедета Сестіні (1816–1890) вона змусила скласти каталог зір за кольорами. Відомий німецький астроном Йоганн Генріх Мадлер (1794–1874), фахівець з подвійних зір, який тоді працював в університеті Тарту, опонував Доплеровим поглядам. Доплер розпочав з ним полеміку, але був непереконливим вже лише тому, що власне ніколи не був астрономом.

У той час досить курйозним способом відбувалися експерименти для перевірки акустичного явища Доплера. Сьогодні ми можемо пересвідчитися у ньому щоразу, коли біля нас проїжджає



автомобіль із сиреною. У добу кінного транспорту швидкості руху були малі і лише з появою залізниць з'явилася можливість експериментувати. Знаменитий нідерландський метеоролог Х. Валлот (1817–1890) 1845 року помістив трубача на локомотив на одній із перших залізничних ліній між Утрехтом і Маарсеном, і музиканти з гострим слухом визначали, як змінюється тон труби, коли локомотив віддаляється чи наближається. Подібні експерименти проводили Чарльз Монтігні (1819–1890) у Бельгії і Джон Скотт Рассел (1808–1882) у Шотландії.

Туберкульоз гортані у нього 1844 року у Доплера розвинувся настільки, що він втратив голос і не міг викладати, і впродовж 1844–1845 академічного року його заміняли. К. Доплер 1846 року на короткий час повернувся до своїх лекцій, але було очевидним, що його життя у небезпеці. Больцано, сам важко хворий, шукав способи, як дати Доплерові змогу спокійно присвятити себе науковій праці, хотів знайти для нього багатого мецената. Думали навіть про те, щоб Доплера влаштувати керівником пральні.

У Празі в цей період зростала інфляція. На празьких вулицях доходило до голодних повстань. Ситуація ставала для Доплера нестерпною з усіх боків і він прийняв пропозицію Гірської та Лісової академії у Банській Штявниці.

Словацьке шахтарське місто Банська Штявниця у XIX сторіччі мало майже 20 000 мешканців, воно було четвертим за величиною містом у колишній Угорщині й там щороку видобували 120 кг золота, 6 000 кг срібла, а також мідь, свинець, цинк та інші метали. У Штявниці 1765 року було засновано Гірничу й Лісову академію, один із найстарших технічних вищих навчальних закладів у світі. У ній викладали математику, геодезію, механіку тощо.

Імператорським указом від 23.10.1847 року К. Доплера було названо професором математики і механіки, одночасно він отримав титул радника. Його матеріальний стан у Банській Штявниці був трохи кращим, ніж у Празі. Йому було призначено річну зарплатню 1500 золотих, безкоштовне службове помешкання.

Доплер відразу поринув у педагогічну діяльність, в його голові почали народжуватися нові ідеї. Він зацікавився старими гірничими мапами, що зберігалися в Штявниці й були нанесені ще у

XV сторіччі за допомогою компаса. Траси вирубаних штолень свідчили про те, що магнетне поле Землі з часом змінилось. Доплер вважав ці дані цінним, досі науково не використаним емпіричним матеріалом, який дає змогу встановити варіації магнетного поля та його можливі періоди. Ця думка його настільки зацікавила, що згодом, з приїздом до Відня, він звернувся до усіх гірничих товариств австрійської монархії з проханням надати йому старі гірничі мапи. Він врешті довівся, що фах гірничого майстра передавався спадково з покоління в покоління, і вони залишали на камені витесані знаки, які вказували напрямком стрілки компасу для своїх нащадків. Потім Доплер декілька разів публікував ці спостереження у новинах Віденської академії наук.

З нагоди 500-річчя від свого заснування Празький університет вирішив надати Доплерові звання Почесного доктора. Урочисте вручення мало відбутися 7 квітня 1848 року, але цьому завадив вибух революції. Диплом ученому надіслали поштою.

Революційних подій Доплер не уникнув і у Банській Штявниці. Угорське повстання спалахнуло в Будапешті 15 березня 1848 року і швидко поширилось угорською частиною монархії. Угорське повстання було придушено, і Доплер, який не дочекався бажаного спокою для наукової праці, наприкінці січня 1849 року із сім'єю виїхав з обложеного міста до Відня, де обійняв посаду професора прикладної геометрії у Віденській Політехніці. Він змінив свого колишнього вчителя Стампфера. Водночас там він став членом Імператорської академії наук у Відні.

У той час в Австрії, вперше від середньовіччя, філософські факультети, на яких навчали природознавства, були урівнені в правах з іншими факультетами університетів. З цього скористалась і фізика. Щоб випускники середніх шкіл могли навчатись у технічних закладах і на філософських факультетах, вони мусили знати хоча б основи фізики, яку все більше використовували у техніці. Це започаткувало вивчення фізики в гімназіях та реальних училищах, що викликало потребу у вчителів фізики. Їхню підготовку розпочали у Віденському університеті. За рекомендацією, підготовленою, очевидно, Екснером, першим керівником фізичного відділення був призначений Крістіан Доплер. Його призначення з імператорським підписом



виставлено сьогодні у Віденському університеті. Воно звучить так: „*Даю дозвіл на створення фізичного відділу як складової частини філософського факультету Віденського університету за рекомендацією мого міністра культури та освіти і призначаю керівником цього відділу та ординарним професором експериментальної фізики банського радника і професора прикладної геометрії у Політехнічному інституті Крістіана Доплера.*

*Відень, 17 січня, 1850 р. Ф. Йосиф”*

Так Доплер досягнув zenіту своєї кар’єри. Він одразу розпочав розбудову нового відділу. Передусім він написав розлогий статут, докладно встановив обов’язки та завдання працівників і студентів. Поряд з навчанням викладачі відділу мали вести власні наукові дослідження. Встановив час видавання книжок студентам на місяць та систему попереджень і штрафів у разі невчасного повернення книжок.

К. Доплер, незважаючи на стан свого здоров’я, був зразком працьовитості. У Віденському університеті академічного 1850–1851 року він увів у лекційний курс демонстраційної експериментальної фізики і так започаткував звичай супроводжувати лекції з фізики демонстраціями. Як керівник Доплер був строгим, бережливим, трохи педантичним, але справедливим, як викладач – вимогливим та добросовісним. У серпні 1850 року на іспити з фізики і біології прийшов монах Моравії Йоган Грегор Мендель, який хотів навчатися в університеті. Доплер не був задоволений його знаннями фізики, і Мендель мусив рік по дві години (!) щодня ходити до нього на навчання експериментальної фізики.

Останні роки життя Доплера були позначені доленосним науковим конфліктом, у якому учений був змушений відстоювати свої погляди перед авторитетним противником Й. Петзвалом (1807–1891).

А 1837 року 30-річний Петзвал одержав пропозицію перейти до Віденського університету, де він працював упродовж сорока років. У Відні Петзвал став відомою особистістю, з одного боку, як видатний педагог, математик і оптик, а з іншого –

через певну ексцентричність в особистому житті. Петзвал передусім був математиком і 1847 року видав двотомовий підручник з інтегрування лінійних диференціальних рівнянь. Він багато років працював над книжкою про теоретичні основи геометричної оптики. Його рукопис, при нез’ясованому зломі з крадіжкою у Кагленберзі, зник. Петзвал також займався механікою, акустикою. Він працював над теорією ахроматичних лінз і параболічних дзеркал, вдосконалив мікроскоп, телескоп, фотоапарат. Петзвал прищвидшив розвиток фотограмметрії, визначення положення і розмірів предметів у просторів на основі оцінення фотографічних знімків.

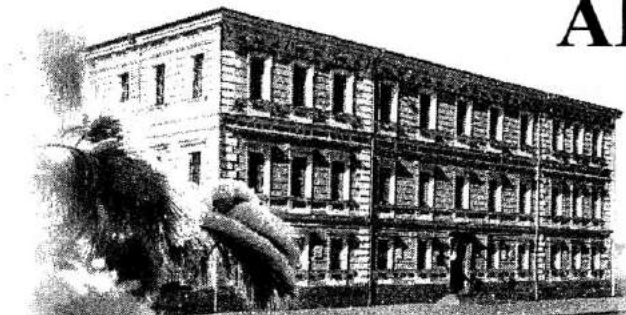
Цей заслужений і впевнений у собі науковець несподівано виступив проти Доплера, гостро відкинув його принцип і зневажливо висловився про Доплерову теорію. Петзвал уперше виступив проти Доплера 21.05.1852, коли прочитав лекцію „Про приреченість певних популярних поглядів на теорію хвиль”.

Суперечка з Петзвалом, яка зареєстрована в протоколах Віденської академії наук, завела Доплера у безвихідь і призвела до погіршення його здоров’я. Якщо хтось проведе аналогію між життям Моцарта і Доплера, двох відомих зальцбургців, то можна символічно сказати, що і Доплер мав свого Сальєрі. Доплер був змушений з огляду на своє здоров’я відмовитись від роботи керівника фізичного відділу.

У листопаді 1852 року К. Доплер поїхав зі своїм приятелем Екснером до Венеції (тоді Габсбурзька монархія), сподіваючись поліпшити здоров’я. За 5 місяців 17 березня 1853 року у 49-річний Доплер помер у Венеції.

Крістіана Доплера поховали на кладовищі на острові Святого Миколая. Італійські фізики поставили на могилі вченого пам’ятник з написом: „тому, хто за допомогою освіти та науки проник глибоко у таємниці природи”.

Як перший керівник Фізичного відділу Віденського університету, з якого згодом вийшла низка славетних фізиків, Доплер за щасливого збігу обставин став засновником традиції австрійської фізики і віденської фізичної школи.



# АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ – 85 років

У другій половині XIX ст. у „недержавних” народів у цей час відбувається процес усвідомлення себе як національної спільноти. Одним із наслідків такого усвідомлення у галузі культури стало виникнення національних академій наук. У слов’янських народів утворилися академії: Югослов’янська академія наук і мистецтв у Загребі (1866), Польська академія наук у Кракові (1871), Сербська академія наук і мистецтв у Белграді (1886), Чеська академія наук і мистецтв у Празі (1889) та інші.

Наукову традицію України заклали вищі школи та наукові товариства Росії й Австро-Угорщини, що діяли в її географічних межах. З-поміж них найбільший вплив мали університети Львова (заснований 1661 р.), Харкова (1804), Києва (1835), Одеси (1865), Чернівців (1875), Київська духовна академія (1819) та ін.

Чимало вчених-українців працювало у вищих школах обох імперій поза Україною. Вони збирали навколо себе українську молодь і готували її до наукової роботи. Консолідуючими центрами української науки попри офіційну їх „російськість” були Одеське товариство історії та старожитностей (1839), Археографічна комісія у Києві (1843), Південно-Західний відділ Російського географічного товариства (1873) та Історично-філологічне товариство у Харкові (1876). Поза тим інтенсивно працювали Подільський епархіальний історично-статистичний комітет у Кам’янці-Подільському (1865), Історичне товариство Несторалітописця (1873), Історично-філологічні товариства при Новоросійському університеті (1889) та при інституті князя Безбородька у Ніжині (1894). Видатна організуюча роль належала українським часописам „Основа”, „Правда”, „Громада”, „Києвская старина” тощо. У природничих та точних науках важливу роль відігравали товариства природознавців при університетах Києва (1869), Харкова (1869), інші фахові товариства.

Чільне місце з-поміж українських наукових інституцій посіли Наукове товариство ім. Шевченка у Львові (НТШ) та Українське наукове товариство у Києві (УНТ). Вони охоплювали максимально можливий спектр наук, мали підкреслено національний характер. Сукупність цих рис за умови високого рейтингу, потрібного до обрання вченого їх членом, виразно демонстрували прагнення набути статус національної академії наук.

Після російської селянської реформи 1861 р. на тлі певної лібералізації режиму поживався національний рух етнічних меншин. Оскільки водночас такий процес відбувався й у Галичині, це стривожило російський уряд, який вдався до відомого Валуївського циркуляру 1863 р. Польське повстання наприкінці того ж року стало приводом до посилення національних утисків. Іронія долі – саме 1863 р. університети Росії отримали статут, який надав їм найбільшу за всю історію держави автономію. Водночас початок двадцятиріччя, максимально сприятливого для розвитку науки, збігся з новою хвилею антиукраїнського спротиву.

Переслідування змусили інтелігенцію Наддніпрянщини перенести національну діяльність за межі Росії, насамперед до Галичину, де ставлення до меншин було набагато ліберальнішим. З ініціативи О. Кониського і Д. Пильчикова на кошти полтавської поміщиці Є. Милорадович з активною участю М. Жученка і С. Качали 1873 р. у Львові було засноване Товариство ім. Шевченка з друкарнею, що мала публікувати книжки рідною мовою для розповсюдження в Україні. Цікаво, що спочатку йшлося лише про друкарню української книжки, згодом виникла думка про товариство-фондацію для управління цієї друкарнею. І лише під час остаточного доопрацювання

За матеріалами книжки „Історія Академії наук України”. – К.: Наукова думка, 1994. С. 320.



статуту фундації така думка трансформувалася в ідею власне літературного товариства. Діяльність товариства сприяла, з одного боку, вихованню місцевих дослідників, з іншого – співпраці інтелігенції Західної і Східної України, а старе університетське місто Львів набувало значення українського культурного центру.

Закономірним наслідком розвитку контактів стали нагальна потреба створити українське видавництво та активізувати наукову діяльність товариства. Важливою була інформація львівських учених про те, що за австрійською конституцією товариство, яке впродовж двох років регулярно видаватиме наукову продукцію, уряд має визнати за академію наук і надати йому щорічну дотацію. Це свідчило б про офіційне визнання повноправності українського народу і його мови, а отже, прислужилося б об'єктивним аргументом у відстоюванні прав українців у Російській імперії. У другій половині 1880-х років О. Кониський, В. Антонович, Т. Рильський і К. Михальчук особисто, листовно та через українську пресу зверталися до Товариства ім. Шевченка з пропозицією зреформувати літературне Товариство у суто наукове з тим, щоб згодом воно „стало засновником майбутньої українсько-руської академії наук”. Зусиллями голови, львів'янина О. Барвінського, було підготовлено й у квітні 1890 р. подано на розгляд загальних зборів статут нового товариства на кшталт слов'янських академій, який після бурхливої дискусії збори відклали як несвоєчасний. Лише 13 березня 1892 р. збори ухвалили рішення перетворити товариство на Наукове товариство ім. Шевченка й прийняли статут, який затвердило Галицьке намісництво 16 листопада 1892 р. Першим головою НТШ став О. Барвінський.

За новим статутом, НТШ складалося з трьох секцій: історично-філософської, філологічної та математично-природничо-лікарської. Товариство мало наукове видання „Записки”, за редакцією О. Барвінського. Редактором видання 1894 р. став М. Грушевський, а 1897 р. він очолив НТШ. Саме завдяки його діяльності статутною зміною 1898 р. з-поміж членів товариства виокремлено категорії дійсних членів, іноземних і членів-співпрацівників. Повними правами у наукових питаннях користувалися лише дійсні члени, яких обирали з осіб, що мали вагомні наукові заслуги і були рекомендовані двома дійсними членами. Водночас було переглянуто напрями видавничої діяльності:

друкарня почала давати певний прибуток. Суттєвішою стала меценатська допомога, найбільші внески зробили петербурзький професор, українець з походження П. Пелехін та відомі київські діячі В. Смиренко та Є. Чикаленко. Належне матеріальне забезпечення і постійне залучення молодих науковців підвищило рівень організації наукової роботи.

НТШ стало справжнім осередком української наукової роботи і, поволі здобуваючи визнання європейських учених та наукових товариств, почало відігравати роль національної академії наук. На жаль, водночас очевиднішою ставала марність сподівань на офіційне визнання його Українською академією наук австрійською імперською владою.

Тож, коли внаслідок першої російської революції офіційні перепони для національної діяльності було скасовано, розпочалася енергійна робота щодо створення українського наукового товариства в Києві. Сприяла цьому й загальна політична ситуація: після повернення університетам автономії, було запроваджено викладання українознавчих дисциплін в Одесі та Харкові, вільно почали працювати українські театральні трупі, бібліотеки, клуби, товариства.

За поданням членів Старої громади, 1906 р. було затверджено статут наукового товариства. Йшлося про осередок радше просвітницького характеру, що знову мав на меті, насамперед, видавничу діяльність. Члени НТШ, очолювані М. Грушевським, наполягали на потребі створити товариство, що акумулювало б цвіт української науки і спільно з НТШ заклало б підвалини майбутньої національної академії наук, тепер вже в Києві. Кілька місяців точилась запекла дискусія і тільки на Установчих зборах 27 квітня 1907 р. питання було вирішено на користь Українського наукового товариства (УНТ). Обраний тоді ж головою Товариства М. Грушевський, скориставшись досвідом НТШ, випрацював структуру і програму діяльності УНТ, які за місяць схвалили загальні збори.

Структурно УНТ складалося з трьох секцій: історичної, філологічної і природничо-лікарської. Остання згодом розділилася на – природничо-технічну та медичну. Секції могли створювати спеціальні комісії. Основну категорію членів товариства становили дійсні члени. Умовою до їхнього обрання була висока наукова кваліфікація, підтверджена друківаними працями (надалі була ви-



мога наукових праць, виданих українською мовою). Поза тим, існуюча категорія почесних членів (обирали з-поміж співвітчизників та іноземців за вагомих наукових досягнень) та членів співпрацівників (їх обирали за активне сприяння науковій діяльності товариства і коштами, і особистою участю).

Діяльність товариства полягала у координації досліджень українських учених, проведенні наукових зборів та участі в конференціях, а також у виданні наукових часописів „Записки Українського наукового товариства у Києві”, „Україна”, та збірників секцій. Незважаючи на те, що з 1908 р. режим знову вдався до обмежень українства, до Першої світової війни УНТ зібрало навколо себе авторитетну когорту науковців з різних галузей науки (лише дійсних членів понад 50), видало 21 том наукових праць, завдяки чому одержало визнання у наукових колах Європи.

Водночас ширилась діяльність, а відтак, зростав і престиж НТШ. 9 червня 1913 р. загальні збори прийняли відому постанову про потребу переглянути статут товариства, серед них і в справі наближення термінів реорганізації НТШ в Академію наук. Деякі джерела свідчать, що така реорганізація мала відбутися 1916 року. Проект статуту мали заслухати загальні збори на грудневому засіданні. Але перебіг подій призвів до конфлікту амбіцій у керівництві НТШ, а зрештою, до розмежування галицьких і російських членів товариства. У жовтні зрікся головування і вийшов з НТШ М. Грушевський, 5 (18) грудня виступила з протестом група членів-наддніпрянців. На зборах товариства 27 грудня 1913 р. „домінантною справою був не статут, а справа „Грушевський і опозиція” – конфлікт, який назрівав вже декілька років і який тепер прийшов до свого завершення”.

Після руйнації Російської імперії М. Грушевський порушив питання про статут майбутньої академії на загальних зборах УНТ. Після обговорення в секціях, 8 липня 1917 р. об'єднане засідання секцій обрало Комісію для утворення Академії наук, а 3 квітня 1918 р. УНТ звернулося до Міністерства освіти УНР з пропозицією реорганізувати УНТ в УАН. Національна академія наук, за концепцією М. Грушевського, мала бути недержавною науковою інституцією і, очевидно, як досі НТШ та УНТ, без власних наукових установ.

Водночас, як УНТ природним шляхом наближалася до статусу Академії наук – громадського

об'єднання науковців, виникла інша можливість утворення національного академічного центру. У вересні – жовтні 1917 р. у Петрограді товаришем міністра народної освіти працював М. Василенко. Він органічно ввійшов до кола однодумців-реформаторів, яке складалося з товаришів міністра В. Вернадського, С. Паніної та інших прихильників державної організації наукових досліджень. Перенесена ним на цей ґрунт ідея національної академії наук (давній дійсний член НТШ та УНТ Василенко був добре обізнаний з її історією) спричинила тривалу кулуарну дискусію про створення державою академії наук в Україні, Грузії і на Сибіру. За браком коштів, а також зважаючи на неприхильність до національних інституцій міністрів С. Ольденбурга, а згодом О. Салазкіна, вони не поспішали виносити питання на офіційний рівень. Після падіння Тимчасового уряду ідею довелося облишити, але не надовго.

За часів гетьманату М. Василенко очолив Міністерство народної освіти, а відтак 5 травня 1918 р. запропонував програму дій у галузі освіти, науки і культури. У ній фактично вперше сформульовано намір держави утворити національну академію наук у Києві.

Для організації Української Академії наук (УАН) М. Василенко запросив В. Вернадського. Навряд чи можна було зробити кращий вибір для створення УАН шляхом, який обрав М. Василенко. Відомий організатор науки В. Вернадський був палким прихильником створення державної мережі науково-дослідних інститутів. В. Вернадський, як людина передових поглядів, щиро вважав, що „завданням є не державна організація науки, а державна допомога науковому товариству нації”.

У перші дні червня В. Вернадський сам, або з М. Василенком, провів консультації щодо складу комісії з О. Левицьким, М. Грушевським, В. Модзалевським та ін. Сьомого червня 1918 р. між В. Вернадським і М. Грушевським відбулася тривала розмова. Загалом погляди Грушевського щодо принципів побудови УАН як вільної спілки високих наукових авторитетів привабливі й досі. Проти концепції Вернадського-Василенка спрацювала його позиція щодо кадрового складу та напрямів діяльності. Він наполягав на створенні „Академії українознавства”, принаймні на початковому етапі. Можливо, М. Грушевський мав намір відмовити В. Вернадського від організації УАН, мовляв, яка ж то Українська академія, коли пе-





реважна більшість у ній неукраїнці, а українців-науковців вищої кваліфікації в Києві немає. Сам голова УНТ категорично відмовився від участі в будь-яких заходах, які пропонував уряд П. Скоропадського.

Деякі іншими були погляди В. Вернадського. „Академія наук – не просте товариство, яке не має своїх інститутів... Академія наук – це товариство державних наукових закладів: бібліотека, Архів, Геологічна й, якщо можливо, Географічна карта, національні музеї, інститути для дослідницьких і гуманітарних наук, які мусять мати відповідні кошти... Очевидно, що відразу створити її не під силу державі, яка лише створюється. Насамперед, мають бути створені відділення української мови, літератури та історії, відділи інститутів, які зв'язані з важливими для держави інтересами – пов'язані з вивченням продуктивних сил й економічно-статистичного її дослідження.” Отже, загалом відмінні погляди М. Грушевського і В. Вернадського були близькими у питанні пріоритетності українознавства насамперед зважаючи на наявність кадрів. Хоча для започаткування наукових напрямів, де відсутні національні кадри, відомим був спосіб, який випробував ще Ярослав Мудрий – залучення фахівців з інших регіонів.

В. Вернадський і В. Модзалевський (секретар комісії) розпочали активне листування із науковцями інших міст. Восьмого червня через Міністерство закордонних справ було надіслано запрошення до роботи в комісії закордонним членам співпрацівникам НТШ у Львові, Ф. Вовкові та В. Перетцу в Петрограді, А. Кримському у Москві. Чи то пошта завинила, чи чиновники міністерства, але жодна відповідь не надійшла. Випадково дізнавшись, що А. Кримський не одержав запрошення, Вернадський надіслав йому приватного листа, й у серпні Кримський вже працював у комісії. У серпні ж до Києва у справах приїжджав член НТШ М. Чайковський, який пояснив, що у Львові про запрошення нічого не відомо, йому було передано копію листа. Ф. Вовк рушив до Києва, але дорогою захворів і помер.

Різно негативною була перша реакція УНТ, більшість членів якого вважали своєю справою заснування УАН. Загальні збори вдалися до тиску на М. Василенка, вимагаючи якщо не віддати справу створення Академії товариству, то, принаймні, хоч половину комісії обрати з членів УНТ. Перше засідання Комісії для вироблення законо-

проекту про заснування Української Академії наук у Києві відбулося в кабінеті міністра народної освіти 9 липня 1918 р. Відкрив його міністр М. Василенко, присутні члени комісії: В. Вернадський, М. Кашенко, Г. Павлуцький, Д. Багалій, Й. Косоногов, Є. Тимченко, П. Тутковський, О. Сперанський, С. Тимошенко, В. Модзалевський. Надалі членами комісії стали ще й Б. Кістяківський, А. Кримський, Є. Спекторський, М. Туган-Барановський, С. Франкфурт, помічником секретаря – В. Дем'янчук. У складі комісії дев'ятеро були членами УНТ, з них троє – його офіційними представниками.

Комісія намагалась використати досвід інших академій наук для створення досконалої наукової структури. Але достатньої інформації, окрім Петербурзької АН, здобути не пощастило. Марними були і спроби залучити фахівців. Наприклад, після зустрічі з М. Грушевським В. Вернадський занотував у щоденнику: „Про сучасний тип Академії наук уявлення в нього невиразне”. Основні положення статуту 1836 р. Петербурзької академії наук розглядали як основу до обговорення. Також використовували також окремі положення Берлінської академії наук та фундації Е. Карнегі.

Мету роботи комісії визначила основна ідея: „Лише така Академія, яка відкине всякі сторонні міркування, коли справа торкається наукової істини – зможе справляти повною мірою і з більшою дієвою силою чи то національні, чи то державно-економічні завдання”. Перше ж засідання визначило й специфічні риси УАН: її національний характер, визнання рівноправними прикладних дисциплін, і, нарешті, автономія, що позбавляла державу можливості втручатися у внутрішнє життя академії. Втілення їх у параграфи статуту відбувалося здебільшого шляхом гострих дискусій, хоч одразу, наприклад, було відхилено думку про спеціалізований українознавчий відділ, оскільки діяльність усіх відділів полягатиме у дослідженні України, або буде з ним пов'язана. Також без заперечень мовою діловодства визнали українську. Питання про мову академічних видань усім коштувало чи не найбільше енергії та часу, аж доки, нарешті, не дійшли згоди, що за бажанням автора працю нарівні з українською можна видавати й будь-якою іншою мовою. Правда, вже за Директорії під тиском УНТ статутною зміною мови було розділено на ті, друк якими дозволений (їх було 5), та ті, друк якими щоразу вимагає обгру-



тування. Додатковою умовою обрання академіків визначили письмову згоду про визнання самостійності української культури й мови.

Другим питанням, що спричинило тривалу й бурхливу дискусію, став спосіб формування первісного складу Академії: призначати чи обирати. Ззовні демократичний другий спосіб був обтяжливим, а в тих умовах і нереальним, якщо залучати вчених з усіх наукових центрів України, або лише з державних вищих шкіл. Доручити цю справу собі комісія вважала неетичним. Відтак віддали справу призначення перших дванадцяти академіків верхній владі (гетьманові). Призначення першого складу верховною владою логічне, зважаючи на обраний шлях створення УАН.

Щодо структури Академії було враховано досвід Петербурзької АН, який свідчив про незручність жорсткої спеціалізації відділів у час, коли розмиваються межі між науками, а дослідники все більше спеціалізуються не з конкретних наук, а з актуальних проблем. Фундатори УАН концептуально заклали можливість міждисциплінарних досліджень. Історично-філологічний відділ складався з 22 кафедр, що охоплювали широкий спектр українознавчих та загальногуманітарних дисциплін. Фізико-математичний відділ мав 14 кафедр основного класу та 16 – прикладного природознавства. Комісія навіть розглядала можливість створити самостійний відділ прикладного природознавства, але не наважилась через надто великі витрати й непевність межі між чистим і прикладним природознавством. Відділ соціальних наук не був характерним для традиційних академічних структур: складений з двох класів – юри-

дичних (9 кафедр) та економічних (11 кафедр). Організаційними новими формами для Академії були також семінари, що їх могли заснувати провідні вчені для підготовки науковців. Перейнявши загалом характер замкненої корпорації, Академія одержала право створювати за бюджетні кошти мережу науково-дослідних установ. До списку перших 39 установ УАН увійшли 12 інститутів експериментального характеру, що потребували лабораторного обладнання. Відповідно, на наукові потреби виділили незвично великі кошти (на рік 1,5 млн ще не девальвованих карбованців), причому Академія могла використовувати їх у дослідженнях і поза своїми установами.

17 вересня 1918 р., після 23-го засідання, Комісія для вироблення законопроекту про заснування Української Академії наук у Києві закінчила роботу. В. Вернадському, А. Кримському і Туган-Барановському було доручено підготувати остаточний текст статуту, штатний розклад та пояснювальні записки до них, і надано повноваження представляти комісію під час проходження документів в органах державної влади. 12 жовтня міністр народної освіти й мистецтв М. Василенко вніс до Ради міністрів та бюджетної комісії пакет документів про заснування Української Академії наук. Розгляд було призначено на 19 жовтня, але саме того дня кабінет подав у відставку. Відтак закон про заснування Української Академії наук у Києві й наказ про призначення першого складу Української Академії наук у Києві підписав гетьман П. Скоропадський лише 14 листопада 1918 р. із зазначенням, що вони набувають чинності 1 листопада 1918 року.

---

Національній академії наук України 2003 року виповнилося 85 років. Це авторитетна наукова інституція не лише в Україні, а й у світі, що об'єднує 168 наукових установ, які працюють у шести наукових центрах: Західному, Північно-Східному, Придніпровському, Донецькому, Південному, Кримському та в Києві й веде науковий супровід найважливіших загальнодержавних проблем.

Плануємо надалі знайомити Вас з історією та сьогоденням Національної академії наук України, її науково-дослідними інститутами, творчим доробком науковців.

***Вітаємо Національну академію наук України з 85-річчям від дня її створення.***

***Бажаємо Академії й надалі збагачувати вагомими науковими здобутками українську й світову науку!***

***Журнал „Світ фізики”***

## ТУРНІРОВІ ЮНИХ ФІЗИКІВ ЛЬВІВЩИНИ – 10 РОКІВ

**Анатолій Бородчук,**

*доцент кафедри фізичної та біомедичної електроніки  
Львівського національного університету імені Івана Франка,  
голова журі турніру юних фізиків Львівщини*

*„Фізичний турнір – це змагання колективне...  
Від професійного науково-дослідного колективу  
його відрізняє лише рівень підготовки, досвід і  
масштаб проблем, які вирішуються...”*

Постійне прагнення педагогічної науки і практики розширити горизонти реалізації творчого потенціалу підлітка в сучасній освітній програмі Міністерства освіти і науки України втілюється в життя шляхом розробок й апробацій різноманітних форм і методів навчання та розвитку творчих здібностей. Однією з них є нова форма наукових змагань школярів – це турнір юних фізиків. В Україні проведення фізичних турнірів започаткував 1992 року Рішельєвський фізико-математичний ліцей. Із 1993 року ця нова, ефективна форма роботи з обдарованою учнівською молоддю знайшла підтримку у Харкові, Луганську та Львові.

Широка зацікавленість, яку викликають турніри серед школярів, педагогів та науковців, зумовлена їх суттєвою відмінністю від традиційних фізичних олімпіад. За своєю суттю турнір – це відкрита форма творчого наукового пошуку, яка передбачає тісну співпрацю школярів із учителями, науковцями, студентами та аспірантами. Він виховує вміння працювати в колективі, відстоювати свою думку, зробити своє, нехай для початку невелике відкриття у царині науки. Фізичний турнір – це змагання колективне. Тут працює команда, творчий колектив, де один доповнює іншого. Фактично від професійного науково-дослідного колективу його відрізняє лише рівень підготовки, досвід і масштаб проблем, які потрібно розв'язати. Поряд з цим, це все ж реальна наукова робота з усіма її атрибутами – знахідками і проблемами, консультаціями з професіоналами, вмінням створити свою модель фізичного явища, розробити

алгоритм розв'язку, докладно викласти свої результати та обстояти їх у науковій дискусії.

З ініціативи Львівської обласної малої академії наук та фізичного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка 1994 року було проведено перший обласний Турнір юних фізиків Львівщини, у якому брали участь 9 учнівських команд шкіл м. Львова та області. Ця перша спроба показала значну зацікавленість і школярів, і вчителів такою незвичайною і захопливою формою інтелектуальних змагань.

Базовими завданнями обласних турнірів є задачі Всеукраїнського турніру юних фізиків.

Цікавою є історіографія турнірів на Львівщині. Якщо у перші роки участь у змаганнях брали переважно команди фізико-математичного ліцею, шкіл м. Львова, Малої академії наук та її філіалів у Бориславі, Стрию, Дрогобичі та Самборі, то з часом турнірний рух охопив понад 15 районів Львівщини. Традиційним стало проведення відбіркових змагань у районах та школах.

Серед найактивніших учасників фізичних турнірів варто відзначити команди Львівського фізико-математичного ліцею, Львівської обласної малої академії наук, СШ № 15 м. Львова, філій ОМАН у Стрию, Дрогобичі, Самборі. Останніми роками гідно представляють свої райони команди Самбірського, Сокальського та Кам'яно-Бузького районів області.

Важливим етапом успішного проведення ТЮФу є, безумовно, забезпечення кваліфікованого суддівства фізичних змагань. З цією метою щорічно до участі в журі турнірів оргкомітет залучає поряд з учителями викладачів, аспірантів та працівників факультету електроніки і фізичного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка, провідних фахівців Львівського обласного інституту післядипломної освіти та Інформаційно-методичного центру



*Члени оргкомітету X турніру юних фізиків Львівщини (зліва направо): Анатолій Бородчук, Тетяна Попель, Ярослав Дуда*

освіти. Серед них, доц. А. Бородчук, доц. О. Бордун, доц. В. Савчин, проф. І. Болеста, доц. А. Ровенчак, доц. О. Кушнір, ст. інж. В. Фоменко, А. Продивус, методист ЛОПДО Я. Дуда та інші.

У Львові на базі факультету електроніки ЛНУ імені Івана Франка 20 грудня 2003 року відбувся ювілейний 10-й Турнір юних фізиків Львівщини, у якому успішно виступили 16 команд зі шкіл м. Львова та області. Поряд із „старожилами” на рівних у турнірі змагались і новачки – це команди Яворівського і Турківського районів області. Варто зазначити, що дружна і добре підготовлена команда яворівчан не спасувала перед маститими суперниками і заслужено зайняла призове третє місце. Призерами ювілейного 10-го турніру стали також команди Самбірського району (перше місце) і Львівської обласної малої академії наук (друге місце). Грамоти та призи переможцям турніру разом з організаторами вручила представник Міністерства освіти і науки України С. Сакаєва – директор Малої академії наук учнівської молоді України.

Аналіз десятирічної роботи з організації та проведення таких заходів у Львові та області свід-

чить, що деякі вчителі, особливо зі шкіл районів, дещо обережно ставляться до готування турнірних команд. Причиною цього є неадекватність запропонованих задач шкільній програмі, їх проблемний характер. Однак, саме ці аспекти є основними елементами, які зумовлюють турнірний характер завдань. Безумовно, що, працюючи над їх розв’язанням, учнівські команди потребують кваліфікованих консультацій науковців, опрацювання спеціальної літератури та інформації, яка не передбачена шкільними програмами. Цілком очевидно, що така підготовка команди має здійснюватись лише під егідою кваліфікованого фахівця (учителя, науковця, аспіранта). Проте, якщо ці питання вирішуються, то успішний виступ команди забезпечений.

Турнірну методику можуть успішно використовувати вчителі фізики для розвитку самостійної навчально-наукової творчості школярів і в простіших варіантах. Зокрема, регулюючи рівень і тематику запропонованих завдань, за принципами турніру можна успішно проводити тематичні заняття фізичного гуртка, підсумкові тематичні уроки, шкільні конкурси тощо.

Зазначмо ще одну важливу функцію, яка притаманна фізичним турнірам. Останнім часом у методичній літературі дедалі частіше з’являються публікації, присвячені пошуковій концептуально-орієнтованого підходу до навчання. Суть цього методу передбачає формування світогляду учнів на основі розбудови предметно-зорієнтованої концептуальної картини світу і формування в них здатності самостійно здобувати знання і розвивати свої практичні та інтелектуальні здібності. Всі ці ознаки притаманні фізичним турнірам. Отже, турнір юних фізиків потрібно й надалі підтримувати та розвивати як нову і перспективну форму активізації навчально-пізнавальної діяльності школярів.

---

*На Львівщині Турнір юних фізиків відбувся вже вдесяте. Цими інтелектуальними змаганнями охоплено багато школярів області не лише із спеціалізованих шкіл великих міст, а й з віддалених районів. Переможці обласного Турніру постійно беруть участь у Всеукраїнських турнірах юних фізиків, де неодноразово були призерами. Найвищих результатів юні фізики Львівщини здобули 1997 року: команда школярів Львівського фізико-математичного ліцею стала переможцем обласного турніру юних фізиків, другим призером Всеукраїнського та третім призером X Міжнародного турніру.*

*Учасниками Львівського турніру в різні роки були команди Рішельєвського ліцею (м. Одеса), фізико-математичного ліцею № 27 м. Харкова. На ювілейному 10-му ТЮФі у Львові брала участь команда з ліцею № 1 м. Чернівці, яка й стала переможцею турніру.*

## П'ЯТА ВІДКРИТА ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОЛІМПІАДА РІШЕЛЬЄВСЬКОГО ЛІЦЕЮ

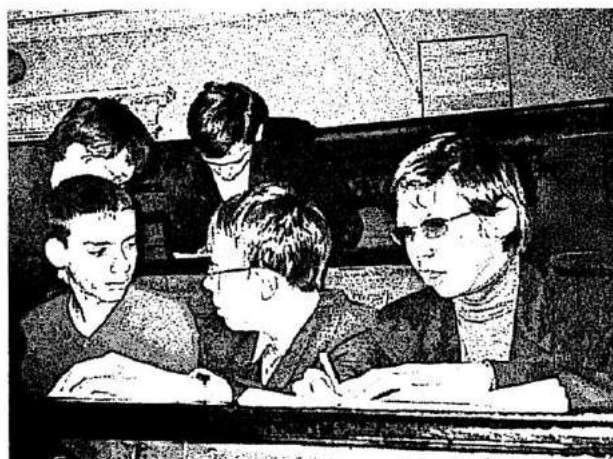
**Ігор Мігельман,**

*кандидат фізико-математичних наук,  
заступник директора Рішельєвського ліцею*

Понад дванадцять років тому в Одесі було започатковано нову освітню традицію: відбувся перший в Україні Фестиваль математичної творчості школярів. Той фестиваль і був джерелом усіх сьогоднішніх матчевих зустрічей, літніх шкіл, неофіційних олімпіад і конкурсів в українських закладах освіти. Тільки в Одесі, у Рішельєвському ліцеї, відбулося сім фестивалів юних фізиків та математиків, п'ять відкритих олімпіад, конкурс „Фізичний феєрверк”, шість літніх наукових шкіл для обдарованих школярів.

Сміливі ідеї рішельєвців здобули чимало палких прихильників – серед науковців, учителів, школярів. Колектив ліцею радіє новим однимумцям і переконаний, що поєднання на одній олімпіаді двох найважливіших точних наук надасть нового імпульсу одеським (і не лише) олімпіадам, турнірам, фестивалям.

Чергова відкрита фізико-математична олімпіада відбулася в Рішельєвському ліцеї при Одеському національному університеті 9–13 жовтня 2003 року. Понад 110 школярів 10–11-х класів із Республіки Молдови, Києва, Львова, Харкова, Севастополя, АР Крим, Запоріжжя, Херсона, Миколаєва, Вінниці, Одеси, Білгорода-Дністров-



ського виконували завдання фізико-математичного марафону (усна олімпіада з математики і фізики), демонстраційної олімпіади з фізики, фінального (письмового) етапу математичної олімпіади (для юних фізиків фінальним етапом була, зрозуміло, фізична олімпіада, яка відбулася за двома номінаціями – теоретичною та експериментальною), змагалися у фізико-математичній естафеті.

Абсолютним переможцем олімпіади з математики, як і торік, журі визнало учня фізико-математичного ліцею № 27 м. Харкова Олександра Цимбалюка, якого було нагороджено спеціальною премією Рішельєвського ліцею. Переможцями V відкритої фізико-математичної олімпіади в номінації „математика” стали 26 учнів, яким було присуджено дипломи I–III ступенів.



*Під час обговорення результатів завдань*



Спеціальний приз журі за найкращий результат із розв'язування геометричних задач одержав учень 11-го класу фізико-математичного ліцею при Львівському національному університеті імені Івана Франка Олексій Клурман.

Премію за абсолютно найкращий результат з фізики одержав учень Рішельєвського ліцею Юрій Скворцов. Переможцями V відкритої фізико-математичної олімпіади в номінації „фізика” стали 24 учні, яким було присуджено дипломи I–III ступенів.

Спеціальний приз журі за найкращий результат із розв'язування завдання експериментального туру одержав учень 9-го класу Рішельєвського ліцею Павло Голобородько.

За підсумками фізико-математичного марафону (усний тур) нагороджено чотирьох учнів, які наважилися виступати з двох дисциплін: Артем Пулькін (диплом I ступеня), Євген Ярошенко (диплом II ступеня), Олександр Фрей (диплом III ступеня), Андрій Ребрій (диплом III ступеня).

## ПЕРЕМОЖЦІ V ВІДКРИТОЇ ОЛІМПІАДИ РІШЕЛЬЄВСЬКОГО ЛІЦЕЮ

### ФІЗИКА

#### Дипломи I ступеня:

Улько Олександр – учень 11-го класу фізико-математичного ліцею № 27 м. Харкова;  
Ощатовський Ігор – учень 11-го класу Львівського фізико-математичного ліцею;  
Скворцов Юрій – учень 10-го класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса).

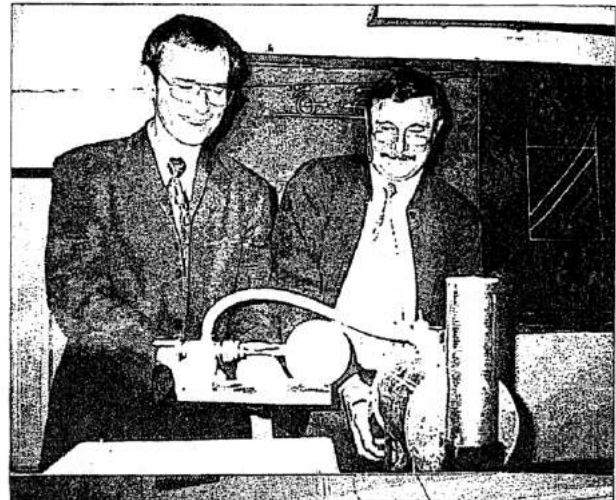
#### Дипломи II ступеня:

Хоменко Андрій – учень 11-го класу Львівського фізико-математичного ліцею;  
Благовідов Валерій – учень 11-го класу гімназії № 1 м. Севастополя;  
Миرونчук Олена – учениця 11-го класу Львівського фізико-математичного ліцею;  
Мінаєв Володимир – учень 10-го класу гімназії № 1 м. Севастополя;  
Фрей Олександр – учень 10-го класу гімназії № 1 м. Севастополя;  
Романко Василь – учень 10-го класу Львівського фізико-математичного ліцею;  
Голобородько Павло – учень 9-го класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса);  
Сторов Сергій – учень 10-го класу СОУВК „Академічна гімназія № 45” м. Харкова;  
Коман Володимир – учень 10-го класу Львівського фізико-математичного ліцею.

#### Дипломи III ступеня:

Дядюра Сергій – учень 11-го класу ліцею „Логос” м. Запоріжжя;  
Чепіжко Олександр – учень 11-го класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса);  
Дубравін Володимир – учень 11-го класу фізико-технічного ліцею (м. Херсон);  
Бритаєвський Євген – учень 11-го класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса);  
Діденко Андрій – учень 11-го класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса);  
Платов Володимир – учень 11-го класу фізико-математичного ліцею № 27 м. Харкова;  
Абизов Антон – учень 10-го класу фізико-математичного ліцею № 27 м. Харкова;  
Траньков Сергій – учень 10-го класу гімназії № 1 м. Севастополя;  
Захожа Олена – учениця 10-го класу фізико-математичного ліцею № 27 м. Харкова;  
Михайлов Іннокентій – учень 10-го класу фізико-математичної гімназії № 17 м. Вінниці;  
Ярошенко Євген – учень 10-го класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса);  
Пулькін Артем – учень 9-го класу СОУВК „Академічна гімназія № 45” м. Харкова.

У демонстраційній олімпіаді з фізики перше місце посіла команда фізико-математичного ліцею № 27 м. Харкова, друге місце – команда Рішельєвського ліцею, третє місце здобула команда фізико-математичного ліцею при Львівському національному університеті. Команда фізико-математичного ліцею № 27 м. Харкова була також першою у фізико-математичній естафеті. Друге місце в естафеті виборола команда фізико-математичного ліцею при Львівському національному університеті, а третє поділили учні гімназії № 1 м. Севастополя та фізико-технічного ліцею м. Херсона.



*В. Колєбошин і П. Віктор демонструють школярам досліди з фізики (12 жовтня 2003 р., Велика фізична аудиторія Одеського національного університету ім. І.І. Мечнікова)*

## МАТЕМАТИКА

### Дипломи I ступеня отримали:

*Цимбалюк Олександр* – учень 11-го класу фізико-математичного ліцею № 27 м. Харкова;  
*Ятченко Артем* – учень 11-го класу фізико-математичного ліцею № 27 м. Харкова;  
*Чепляка Роман* – учень 10-го класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса);  
*Чуклін Олександр* – учень 10-го класу гімназії № 1 м. Севастополя;  
*Гончарук Наталія* – учениця 9-го кл. (виступала за 10-й кл.) фізико-математичного ліцею №27 м. Харкова.

### Дипломи II ступеня:

*Клурман Олексій* – учень 11-го класу Львівського фізико-математичного ліцею;  
*Сеніна Анна* – учениця 11 класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса);  
*Швець Андрій* – учень 11-го класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса);  
*Черкасов Сергій* – учень 10-го класу Рішельєвського ліцею м. Одеси;  
*Сахно Микола* – учень 10-го класу фізико-математичної гімназії № 17 м. Вінниці;  
*Ребрій Андрій* – учень 9 класу фізико-технічного ліцею (м. Херсон).

### Дипломи III ступеня:

*Іонаш Ганна* – учениця 11-го класу ЗОШ № 26 м. Вінниці;  
*Гудімов Костянтин* – учень 11 класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса);  
*Хоров Євген* – учень 11-го класу ліцею „Gaudeamus” (м. Кишинів, Молдова);  
*Тюпа Юрій* – учень 11-го класу Білгород-Дністровського ліцею;  
*Кондратенко Володимир* – учень 11-го класу Муніципального колегіуму (м. Миколаїв);  
*Яроменко Ігор* – учень 10-го класу Львівського фізико-математичного ліцею;  
*Чорна Людмила* – учениця 10-го класу технічного ліцею м. Вінниці;  
*Вознюк Андрій* – учень 10-го класу фізико-математичної гімназії № 17 м. Вінниці;  
*Дмитришина Ганна* – учениця 10-го класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса);  
*Лободзинська Юлія* – учениця 10-го класу фізико-математичної гімназії № 17 м. Вінниці;  
*Казимирський Михайло* – учень 10-го класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса);  
*Литвин Олексій* – учень 10-го класу гімназії-інтернату с. Танкового (АР Крим);  
*Крещенко Євген* – учень Муніципального колегіуму (м. Миколаїв);  
*Зубарев Володимир* – учень 10-го класу Рішельєвського ліцею (м. Одеса);  
*Малецька Олеся* – учениця 10-го класу ліцею „Педагог” (м. Миколаїв).



Шведська академія наук відзначила Нобелівською премією дослідження в галузі квантової фізики, а саме: дослідження надпровідності та надплинності. Це дослідження дало змогу створити надпотужні надпровідні магнети, які використовують у томографах та сучасних прискорювачах заряджених частинок. Томографи – це медичні прилади, якими одержують зображення внутрішніх органів людини. За даними Нобелівського комітету, лише 2002 року за допомогою 22 тисяч томографів в усьому світі обстежено понад 60 млн людей. Надпровідні матеріали також широко використовують в інших фізичних дослідженнях. За прогнозами експертів, наукові дослідження лавреатів започаткували створення приладів, продаж яких уже становить 10 млрд доларів на рік.

## НОБЕЛІВСЬКІ ЛАВРЕАТИ

# 2003



### Надпровідність і надплинність

Олексій Абрикосов

Віталій Гінзбург

Ентоні Лаггетт

Шведська академія наук нагородила Нобелівською премією з фізики 2003 року російських фізиків Віталія Гінзбурга (Vitaly Ginzburg) та Олексія Абрикосова (Alexei Abrikosov) (він також громадянин США), а також британського науковця Ентоні Лаггетта (Anthony J. Leggett), які зробили вагомий внесок у пояснення двох феноменів квантової фізики: надпровідності й надплинності. Обидва ці явища можна охарактеризувати як рух, який не зустрічає опору середовища. За понад сторічну історію Нобелівських премій за дослідження цих явищ Нобелівські премії отримали: Г. Камерлінг-Оннес (1913), Л. Ландау (1962), Дж. Бардін, Л. Купер, Дж. Шріффер (1972), Б. Джоузефсон (1973), П. Капиця (1978), Й. Беднорц, К. Мюллер (1987), Д. Лі, Д. Ошерофф, Р. Річардсон (1996).

Явище надпровідності відкрив 1911 року нідерландський фізик Камерлінг-Оннес, за три роки після того, як він уперше отримав зріджений гелій. Науковець виявив, що електричний опір ртуті стрімко зменшується із зниженням температури зрідженого гелію до 4,15 К. Падіння опору відбувається в інтервалі лише кількох сотих градуса. Явище надпровідності, крім чистих металів, спосте-

рігається й у багатьох сплавах. Температуру, за якої речовина переходить у надпровідний стан, називають критичною температурою. Досліджуючи надпровідники, Г. Камерлінг-Оннес 1914 року встановив, що надпровідний стан руйнується магнетним полем, коли індукція поля більша від деякого критичного значення. Критичні значення індукції магнетного поля залежать і від матеріалу надпровідника, і від температури. Критичне поле, що руйнує надпровідність, може створювати сам надпровідний струм, тому існує деякий критичний струм, за якого надпровідність руйнується. Критична температура для всіх відомих до 1986 року надпровідників була менша ніж 23 К.

Виявлення 1986 року в кераміці з оксидів лантану, барію і міді явища надпровідності привело до відкриття нового класу надпровідників – високотемпературних. Останніми роками зусиллями багатьох науковців вдалось довести критичну температуру майже до 160 К. Таку відносно велику критичну температуру мають ртутьвмісні високотемпературні надпровідники (ВТНП).

У 1930-х роках Мейснер та Оксенфельд встановили, що в об'ємі надпровідника повністю відсутнє магнетне поле. Охолоджуючи надпровідник





у магнетному полі, у момент переходу в надпровідний стан, ми спостерігаємо, що магнетне поле витісняється з об'єму і зразок починає левітувати (висіти) над магнетом. Німецький фізик Фріц Лондон із братом Гейнцом, керуючись положеннями електродинаміки, показали, що надпровідний струм (він може бути досить великим) у поверхневому шарі зразка створює магнетне поле, яке повністю компенсує зовнішнє магнетне поле. Товщину цього поверхневого шару називають лондонівською глибиною проникнення магнетного поля. Вона є фундаментальним параметром, який характеризує надпровідник. Існує ще один фундаментальний параметр, який називають довжиною когерентності. Відношення лондонівської глибини до довжини когерентності є число, яке теж характеризує надпровідник і яке можна змінювати, легуючи чистий надпровідник або використовуючи сплави. За цим параметром всі надпровідники поділяють на два класи: надпровідники I-го і II-го роду. Відмінності у властивостях надпровідників I-го і II-го роду пов'язані з особливостями дії магнетного поля на надпровідний стан. У надпровідниках II-го роду за деякого критичного значення індукції поля надпровідність руйнується лише частково. Утворюється стан, який можна назвати сумішшю нормального і надпровідного станів (проміжний стан). Повністю надпровідність руйнується при ще більшій індук-

ції магнетного поля. Тобто для надпровідника II-го роду, можна розглядати два критичних магнетних поля. До першої межі зовнішнє магнетне поле не проникає всередину зразка. З підвищенням індукції поля вище від деякого значення надпровідник II-го роду пропускає його, зберігаючи водночас надпровідність. Перехід у нормальну фазу відбувається при істотно більшому критичному полі. Отже, ефект Мейснера у надпровідниках II-го роду виконується лише при слабких магнетних полях. У проміжних полях діамagnetизм надпровідника так виразно не виявляється, оскільки магнетне поле частково проникає в об'єм надпровідника. Поведінка надпровідників у магнетному полі надзвичайно цікава із погляду теоретичного і практичного.

В. Гінзбург і Л. Ландау, ґрунтуючись на теорії фазових переходів II-го роду, створили 1950 року феноменологічну теорію надпровідності. Вони записали рівняння для параметра порядку з урахуванням неоднорідності, зумовленої магнетним полем. Ця теорія дала змогу зробити низку важливих передбачень про критичні значення магнетного поля та струму в тонких надпровідних плівках. Невдовзі ці передбачення підтвердили експериментально. Теорію Гінзбурґа-Ландау і нині широко застосовують до опису властивостей надпровідників. Те, що за більш ніж півсторіччя ця теорія не втратила свого наукового значення, може свідчити про її фундаментальний зміст.

Віталій Гінзбург народився 4 жовтня 1916 року в Москві, 1938 року він закінчив Московський університет та захистив там 1940 року кандидатську дисертацію з фізики. Далі працював у Фізичному інституті імені Лебедева. Учителями академіка Гінзбурґа були І. Тамм і Л. Ландау (до речі, обидва лавреати Нобелівської премії), отже, він представляє відразу дві відомі наукові школи теоретичної фізики. Нині вже всесвітньо відомі наукові школи самого В. Гінзбурґа. Ними є радіофізична школа в Нижньому Новгороді, а також твердотільна і космофізична школи в Москві. В. Гінзбург у складі групи фізиків під керівництвом І. Тамма декілька років працював над створенням радянської термоядерної зброї. Він запропонував одну з трьох головних ідей (за термінологією

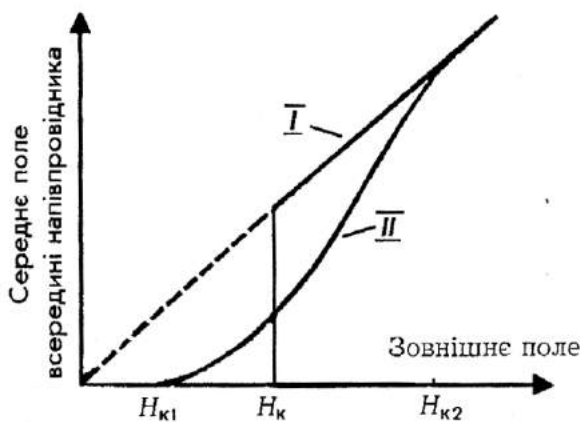


Рис. 1. Напівпровідники I-го та II-го роду в магнетному полі



А. Сахарова), які стали підґрунтям створення радянської термоядерної зброї. За це наприкінці 1953 року його нагородили високою урядовою нагородою. Але, можливо, головною нагородою була своєрідна „ядерна охоронна грамота”, яка врятувала вченого, одруженого на репресованій, від арешту в трагічні післявоєнні роки сталінізму та дала змогу працювати в різних галузях теоретичної фізики. Він зробив вагомий внесок у теорію конденсованого середовища, оптику, фізику фазових переходів, надпровідність і надплинність, теорію плазми і поширення електромагнетних хвиль, а також в астрофізику. Його праці визначали шляхи розвитку фізики й астрофізики наприкінці ми-

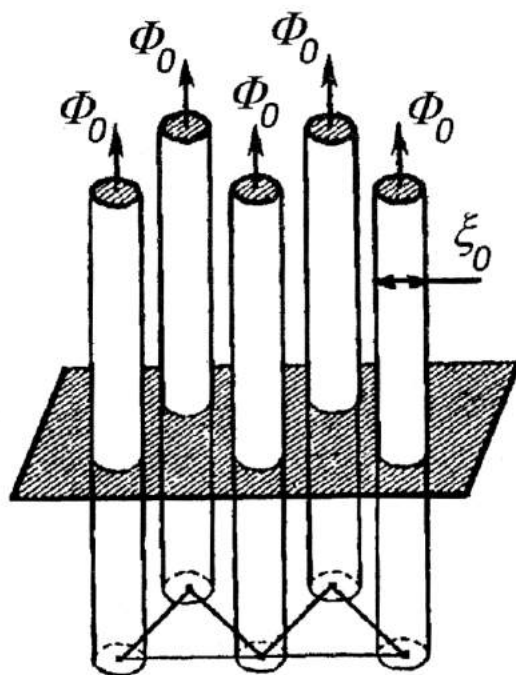


Рис. 2. Абрікосівські вихори у надпровіднику II-го роду при  $B_{кр1} < B < B_{кр2}$

нулого сторіччя, а сам В. Гінзбург став одним із провідних універсальних фізиків-теоретиків другої половини XX сторіччя. Світова наукова громадскість, висуваючи В. Гінзбурга в номінанти Нобелівської премії, насамперед високо оцінила його внесок у теорію надпровідності й надплинності.

На основі теорії Гінзбурга-Ландау 1953 року молодий ще тоді фізик О. Абрікосов запропонував механізм проникнення магнетного поля в надпровідник II-го роду. Це проникнення своєрідне – у вигляді квантових вихрових ниток. Виникнення вихрових ниток у надпровіднику (їх називають вихорами Абрікосова) зумовлене тим, що у ділянках надпровідника, куди проник магнетний потік, електрони рухаються по колових траєкторіях. Швидкості обертання електронів більші, якщо вони ближче до осі вихору. Великі швидкості електронів зумовлюють руйнування надпровідності біля осей вихрових ниток. Кожна струмово-вихрова нитка має осердя циліндричної форми, витягнуте вздовж напрямку магнетного поля. Радіус циліндра – порядку довжини когерентності. Один вихор несе один квант магнетного потоку. При індукції магнетного поля  $B > B_{кр}$  у надпровіднику II-го роду з’являється впорядкована система вихорів, оскільки це для системи енергетично вигідно. Такий оригінальний механізм проникнення магнетного поля у надпровідники II-го роду та пов’язане з цим руйнування надпровідності, О. Абрікосов розробив теоретично. Згодом передбачене ним існування вихорів підтвердили експериментально. Вперше це здійснили 1967 року німецькі фізики В. Ессман і Г. Тройбл. Нині без концепції вихорів Абрікосова неможливо уявити сучасної фізики надпровідності. Згодом О. Абрікосов і Л. Горьков створили теорію надпровідників з магнетними домішками і передбачили явище безщільної надпровідності. Після відкриття високотемпературних надпровідників, які є виразними надпровідниками II-го роду, багато науковців, що нині працюють над створенням нових високотемпературних надпровідників, що зберігатимуть свої властивості за вищих температур і сильніших магнетних полів, широко використовують теорію О. Абрікосова.

Олексій Абрікосов народився 25 червня 1928 року в Москві. Він закінчив Московський державний університет 1948 року. У 1948–1965 рр. працював в Інституті фізичних проблем АН СРСР, де 1951 року захистив кандидатську дисертацію. З 1965 року науковець працював в Інституті теоретичної фізики та професором Московського

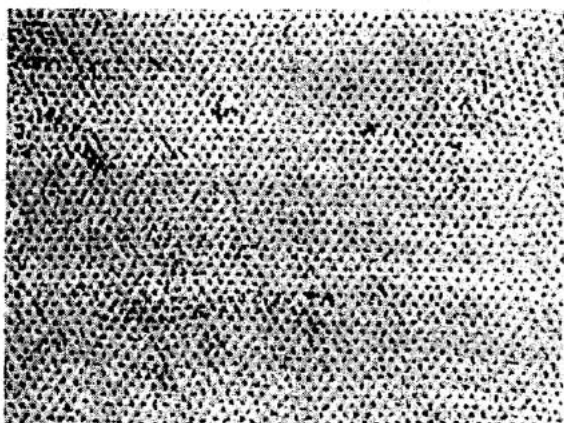


Рис. 3. Візуалізація ґратки вихорів Абрикосова

університету. Він є автором багатьох праць у галузі фізики твердого тіла. Його обрано 1964 року членом-кореспондентом АН СРСР, 1987 року – академіком. Науковець отримав Ленінську премію (1966), Державну премію (1982), премію імені Лондона (1972). З 1991 року О. Абрикосов працює в США в Аргонській національній лабораторії (Аргон, штат Іллінойс, США).

Року 1972 американським фізиком Д. Лі, Р. Річардсону та Д. Ошероффу вдалось перевести зріджений  $^3\text{He}$  у надплинний стан. Це був винятково складний експеримент\*, оскільки фазовий перехід із звичайного в надплинний стан у  $^3\text{He}$  відбувається при тискові 34 атмосфери та температурі 2,65 мК. У цій кріогенній рідині виявлено декілька надплинних фаз (А-, В-, А<sub>1</sub>-фази), на відміну від

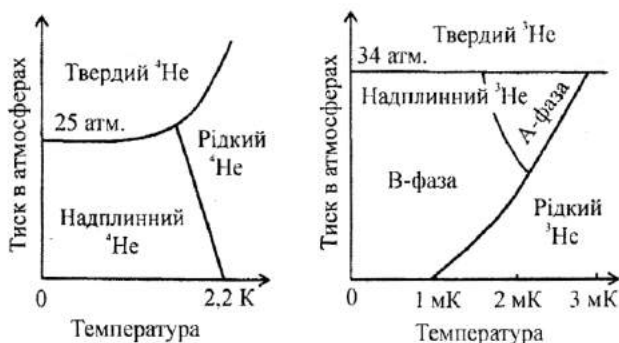


Рис. 4. Фазові діаграми  $^4\text{He}$  і  $^3\text{He}$

\* Докладніше читайте в журналі „Світ фізики”. 2001. № 3. С. 27.

надплинного  $^4\text{He}$ . Це зумовлено тим, що атоми  $^3\text{He}$  та  $^4\text{He}$  складаються з різної кількості субатомних частинок. Атом  $^4\text{He}$  має парну кількість частинок з напівцілим спіном, а саме два протони, два нейтрони та два електрони. Сумарний спін цих частинок в атомі цілочисельний, тому атом  $^4\text{He}$  – бозон. Атом  $^3\text{He}$  має на один нейтрон менше, тому його ядерний спін кратний 1/2, тобто  $^3\text{He}$  – ферміон. Те, що атоми  $^3\text{He}$  – ферміони, а  $^4\text{He}$  – бозони і зумовлює відмінність властивостей їхніх надплинних фаз. Ентоні Лаггетт сформулював і обґрунтував у 1970-х роках теорію, яка пояснила, як атоми  $^3\text{He}$  взаємодіють і розподіляються в надплинному стані. Ця теорія стала важливою для ідентифікації фаз надплинного  $^3\text{He}$ . Вона дала змогу пояснити несподівані результати ядерного магнетного резонансу у надплинному  $^3\text{He}$ , встановити квантові стани надплинних А- і В-фаз. Е. Лаггетт показав, що поява аномально низькотемпературних фаз у зрідженому  $^3\text{He}$  пов’язана з порушенням спін-орбітальної симетрії. Порушення кількох видів симетрії в конденсованому стані, яке він відкрив, стало важливим також для розуміння фазових переходів і в інших системах, наприклад, у рідких кристалах, фізиці мікрочастинок, космології тощо.

Ентоні Дж. Лаггетт народився 1938 року в Лондоні. Докторський ступінь з фізики він здобув 1964 року в Оксфордському університеті. Науковець відомий своїми працями в галузі надпровідності, надплинності. Нині він працює професором в Іллінойському університеті (Урбана-Шампейн, штат Іллінойс, США). Е. Лаггетт є громадянином Великобританії і США.

Дослідження надпровідності продовжуються. Сьогодні науковці докладають багато зусиль, щоб отримати надпровідники з критичною температурою понад 300 К. Сподіваємось, що їх зусилля не будуть марними і їм вдасться відкрити такі надпровідники. Це приведе до справжньої революції в енергетиці, техніці, побуті. І ми будемо свідками, мабуть, ще не однієї Нобелівської премії за дослідження надпровідності.

**Олександр Гальчинський,**  
канд. фіз.-мат. наук

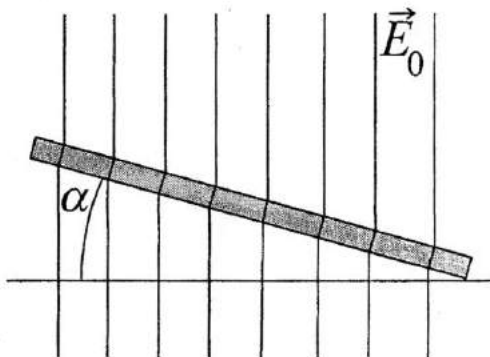


# Деякі помилки із збірника задач

Готуючись до олімпіад, поглиблюючи свої знання школярі розв'язують багато задач з фізики. Є багато збірників задач різного рівня, однак одним з найкращих збірників задач з фізики нині є „Задачі з фізики” за редакцією О. Я. Савченка (автори: І.І. Воробйов, П.І. Зубков, Г.А. Кутузов, О.Я. Савченко, А.М. Трубачов, В.Г. Харитонов). Збірник містить багато цікавих задач, розв'язання яких вимагає ґрунтовних знань з фізики, математики. У цьому збірнику не подано розв'язків задач, а лише відповіді, що спонукає учнів до самостійної праці. Загалом у збірнику дуже мало фізичних і друкарських помилок, однак вони все ж трапляються, що може збити з пантелику учня, який працює самостійно. Звернімо увагу на деякі помилки у цьому збірнику.

## Задача 6.6.5.

Пластинка з діелектрика з діелектричною проникністю  $\epsilon$  розміщена в однорідному електричному полі так, що перпендикуляр до неї утворює з напрямленістю поля  $E_0$  кут  $\alpha$ . Знайдіть напруженість електричного поля всередині пластинки.



Послаблення електричного поля всередині діелектрика зумовлено виникненням деяких зарядів на його поверхні, які створюють електричне поле,

що послаблює зовнішнє поле. У цій задачі, оскільки пластинка тонка, то зарядом, який виникає на торцях пластинки можна знехтувати. Отже, послаблюватися буде лише складова поля, яка перпендикулярна до пластинки. Тоді отримаємо, що всередині пластинки напруженість електричного поля, яка дорівнюватиме:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cdot \sin \alpha + \frac{\vec{E}_0 \cdot \cos \alpha}{\epsilon},$$

$$\text{тобто } E = E_0 \sqrt{\sin^2(\alpha) + \frac{\cos^2(\alpha)}{\epsilon^2}}.$$

У цьому збірнику подано відповідь до задачі

$$E = E_0 \sqrt{\sin^2(\alpha) + \frac{\cos^2(\alpha)}{\epsilon}}.$$

Очевидно, що у відповіді допущено друкарську помилку, оскільки у граничному випадку, коли

$\alpha = 0$ , за другою формулою  $E = \frac{E_0}{\sqrt{\epsilon}}$ , хоча маємо одержати:

$$E = \frac{E_0}{\epsilon}.$$

## Задача 7.4.19.

Два заряди помістили на віддалі  $l_0$  один від одного і відпустили. За час  $t_0$  віддаль між ними збільшилась удвічі. Ці ж заряди помістили на віддалі  $3l_0$  один від одного й знову відпустили. За який час  $t$  віддаль між ними збільшилась удвічі?

Для розв'язку цієї задачі спробуємо зв'язати час руху зарядів з величинами зарядів і початковою віддалю між ними. Для цього скористаймося законом збереження енергії. Для спрощення розрахунків вважаймо, що маси обох зарядів однакові. (Це не впливає на кінцевий результат. У цьому можна переконатись, перейшовши в систему, яка



пов'язана з центром мас і розглядаючи приведену масу системи)

$$2 \frac{m \cdot V(x)^2}{2} + k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{l_0 + 2x} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{l_0},$$

де  $x$  – віддаль, яку пройшов кожний заряд;  $V(x)$  – залежність швидкості зарядів від шляху, який вони пройшли. Із цього рівняння можна знайти  $V(x)$ ,

як функцію від  $x$ . А згадавши, що  $V(x) = \frac{dx}{dt}$ , зна-

йдемо:

$$\frac{dx}{dt} = \sqrt{\frac{2 \cdot k \cdot q_1 \cdot q_2}{m \cdot l_0}} \cdot \sqrt{\frac{x}{l_0 + 2x}},$$

$$\text{звідси } t_0 = \int_0^{l_0} dt = \sqrt{\frac{m \cdot l_0}{2 \cdot k \cdot q_1 \cdot q_2}} \cdot \int_0^{l_0} \sqrt{\frac{l_0 + 2x}{x}} dx.$$

Здійсномо тепер ті ж самі перетворення для другого випадку, коли заряди початково знаходяться на віддалі  $3l_0$ . У цьому випадку в кінцевому результаті зміниться верхня межа інтегрування і початкова віддаль  $l_0$  на  $3l_0$ .

$$t = \int_0^t dt = \sqrt{\frac{m \cdot 3l_0}{2 \cdot k \cdot q_1 \cdot q_2}} \cdot \int_0^{3l_0} \sqrt{\frac{3l_0 + 2x}{x}} dx.$$

Здійсномо заміну змінних у цьому інтегралі.

$$\begin{aligned} x &= 3u & 0 &\rightarrow 0 \\ dx &= 3du & \frac{3l_0}{2} &\rightarrow \frac{l_0}{2} \end{aligned}$$

$$\text{Тоді } t = \sqrt{\frac{m \cdot 3l_0}{2 \cdot k \cdot q_1 \cdot q_2}} \cdot \int_0^{l_0} \sqrt{\frac{3l_0 + 6u}{3u}} 3du.$$

Однак, якщо винести коефіцієнт 3 за знак інтегрування, та провести очевидні скорочення в підінтегральному виразі, ми отримаємо такий самий інтеграл, як і в формулі для  $t_0$ , тобто у формулі для часу  $t$  замість інтегралу можна просто підставити час  $t_0$ . Тоді одержимо  $t = 3\sqrt{3} \cdot t_0$ .

Однак у відповіді наводять результат  $t = 2\sqrt{2} \cdot t_0$ , що було б справедливо, якщо б у другому досліді віддаль між зарядами збільшилась не втричі, а вдвічі.

#### Задача 7.4.28.

Під час коливання двох заряджених кульок, які зв'язані пружиною, довжина пружини змінюється від  $l_1$  до  $l_2$ . Довжина недеформованої пружини  $l_0$ , заряд кожної кульки  $q$ . Визначіть жорсткість пружини.

Скористаємось законом збереження енергії для моментів, коли кульки зупиняються, тобто для крайніх положень.

$$k \cdot \frac{(l_1 - l_0)^2}{2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{l_1} = k \cdot \frac{(l_2 - l_0)^2}{2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{l_2}.$$

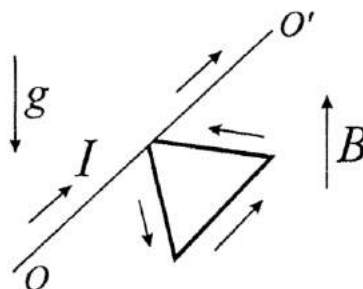
Виразимо звідси жорсткість пружини  $k$ .

$$\text{Отримаємо } k = \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{l_1 l_2 (l_1 + l_2 - 2l_0)}.$$

У збірнику задач подано подібну відповідь, тільки у ній у знаменнику не  $-2l_0$ , а  $+2l_0$  у знаменнику. Очевидно, це також друкарська помилка. Отриману відповідь можемо перевірити граничними умовами, наприклад, пружина нескінченно жорстка ( $k \rightarrow \infty$ ). За цієї умови:  $l_1 = l_2 = l_0$ . Результат з  $-2l_0$  задовільняє цьому граничному випадку, а з  $+2l_0$  – не задовільняє.

#### Задача 9.1.9.

Трикутна рамка з дроту, по якій протікає струм, може обертатися навколо горизонтальної осі  $OO'$ , яка проходить через вершину трикутника. Маса одиниці довжини дроту  $\rho$ , струм у рамці  $I$ . Рамка знаходиться у магнетному полі індукції  $B$ , яке направлено вздовж поля тяжіння. Визначіть кут відхилення площини трикутника від вертикалі.





Розгляньмо, що відбуватиметься в описаній системі. Магнетне поле діє на трикутну рамку із струмом моментом сил, який дорівнює

$$M_B = I \cdot B \cdot S \cdot \cos(\alpha),$$

де  $S$  – площа рамки;  $\alpha$  – кут між площиною рамки і вертикаллю. З іншого боку на рамку діє сила тяжіння, отже можна полічити моменти сили тяжіння,  $M_g = m \cdot g \cdot x \cdot \sin(\alpha)$ , де  $x$  – віддаль від осі  $OO'$  до центра мас рамки (точка перетину медіан). Прирівнявши ці моменти, ми одержимо умову, за якої рамка буде у рівновазі:

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{I \cdot B \cdot S}{m \cdot g \cdot x}. \text{ Запишімо, що } m = \rho \cdot P, \text{ де } P \text{ – периметр трикутника. Тоді } \operatorname{tg}(\alpha) = \frac{I \cdot B \cdot S}{\rho \cdot P \cdot g \cdot x}.$$

Виходить, що кут за якою рамка буде у рівновазі залежить від форми трикутника і який визначається комбінацією параметрів  $\frac{S}{P \cdot x}$ . Згадаймо, що

$$\frac{S}{P} = 2 \cdot r_{\text{впис}}, \text{ де } r_{\text{впис}} \text{ – радіус вписаного круга.}$$

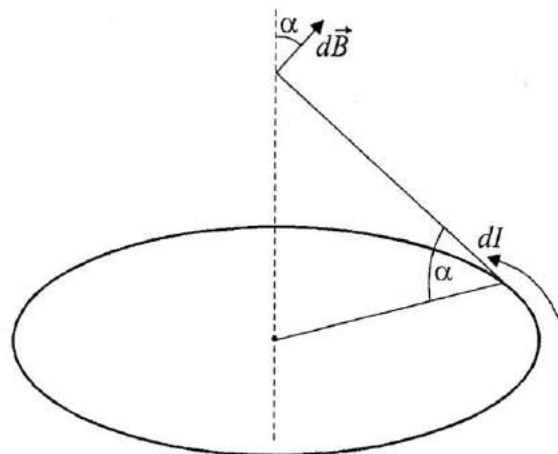
Однак відносно круга заданого радіуса можна описати незкінченно багато різних трикутників, а положення центра мас для кожного трикутника своє. Виходить, що оскільки в умові задачі нічого не сказано про форму трикутника, то задача не має однозначного розв'язку. Отже, подана у збірнику відповідь така, ніби трикутник правильний, що однак не зазначено в умові.

### Задача 9.2.20

Із намагненого заліза вирізали плоский тонкий диск радіусом  $R$  і завтовшки  $h$ . Площина диска перпендикулярна до напрямку намагнення. Магнетний момент одиниці об'єму заліза  $M$ . Визначить індукцію магнетного поля на осі диску на віддалі  $l$  від його центру.

Для розв'язку цієї задачі поділімо диск на тонкі кільця. Нехай ширина цих кілець дорівнює  $dr$ . Обчислимо магнетний момент одного з таких кілець:  $dm = 2\pi r M h dr$ . З іншого боку, можна вважати, що це кільце створює магнетний момент тому, що по ньому протікає деякий струм  $dI$ . Отже, ми одержимо поле диску.

Отже,  $dm = \pi r^2 dI$ . Прирівнявши ці магнетні моменти, одержимо:  $dI = \frac{2M h dr}{r}$ . Поділімо кільце на маленькі ділянки  $dI$  і додаймо поля, які створює кожна ділянка. У результаті залишиться лише частина магнетного поля, яка перпендику-



лярна до рамки. Отримаємо

$$dB = \frac{\mu_0 r \cdot dI}{2(r^2 + l^2)} \cdot \cos(\alpha) = \frac{\mu_0 r \cdot dI}{2(r^2 + l^2)} \cdot \frac{r}{\sqrt{r^2 + l^2}} = \frac{\mu_0 r^2 \cdot dI}{2\sqrt{(r^2 + l^2)^3}}$$

Де  $\alpha$  – кут між віссю кільця і вектором  $d\vec{B}$ . Тепер залишається виразити  $dI$  через  $dr$  і проінтегрувати від 0 до  $R$ .

$$\Rightarrow dB = \frac{\mu_0 r^2}{2\sqrt{(r^2 + l^2)^3}} \cdot \frac{2M h dr}{r}$$

Звідси,

$$B = \int_0^R dB = \int_0^R \frac{\mu_0 r M h}{\sqrt{(r^2 + l^2)^3}} dr = -\frac{\mu_0 r M h}{\sqrt{r^2 + l^2}} \Big|_0^R = \mu_0 M h \left( \frac{1}{l} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + l^2}} \right)$$

У цій відповіді є одна перевага – у ній сходиться розмірність. У збірнику задач подано відповідь



$$B = \frac{\mu_0 MR^2 hl}{2\sqrt{(R^2 + l^2)^3}},$$

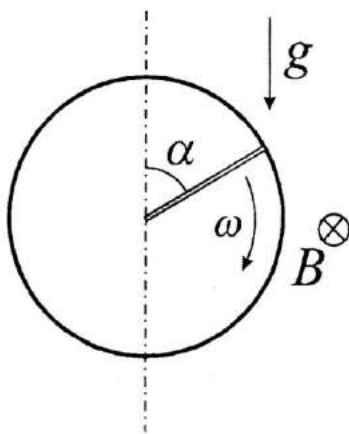
де не сходиться розмірність. З іншого боку, якщо взяти відповідь, одержану з попередніх міркувань, то при  $R \rightarrow \infty$  одержимо поле однорідної нескінченної магнетної площини

$$B = \frac{\mu_0 Mh}{l}.$$

Але у цій формулі присутнє  $l$ , тобто магнетне поле виходить неоднорідним, що мало ймовірно. Відповідь у збірнику задач ще мало ймовірніша, оскільки при  $R \rightarrow \infty$  одержуємо  $B \rightarrow 0$ .

### Задача 11.1.23

У полі тяжіння розміщено вертикально металеве кільце. Металічний стрижень завдовжки  $L$  і масою  $m$  шарнірно закріплений у центрі кільця і доторкається до нього другим кінцем. Однорідне магнетне поле індукції  $B$  перпендикулярне до площини кільця. За яким законом потрібно змінювати струм у стрижні, щоб він обертався рівномірно з кутовою швидкістю  $\omega$ , якщо у початковий момент стрижень знаходився у верхньому положенні? Тетрама знехтуйте.



Стрижень буде обертатися рівномірно, якщо у будь-який момент часу момент сили тяжіння, що діє на стрижень, довівнюватиме моментові сили Ампера, який діє на цей стрижень. Можна записати

$$M_g = mg \frac{L}{2} \sin(\alpha) - \text{момент сили тяжіння,}$$

$$M_A = I \cdot B \cdot \frac{L^2}{2}.$$

Оскільки у початковий момент стрижень був вертикальний, то  $\alpha = \omega \cdot t$ . У результаті одержимо

$$I(t) = \frac{mg \cdot \sin(\omega \cdot t)}{B \cdot L}.$$

У відповідях наведено формулу

$$I(t) = \frac{mg \cdot \cos(\omega \cdot t)}{B \cdot L}.$$

Однак, якщо дотримуватись цієї формули, то в момент часу  $t = 0$ , момент сили тяжіння дорівнює нулеві, а момент сили Ампера не дорівнює нулеві, отже стрижень рухатиметься прискорено, що суперечить умові.

У відповідях до наступних задач поданий вираз, який не має потрібної розмірності.

### Задача 3.3.24.

Тіло масою  $m$ , підвішене на пружині, коливається за законом  $x = A_0 \cos \omega t$ . З моменту часу  $t_0$  на тіло починає діяти вздовж пружини постійна сила  $F$ . Знайдіть амплітуду коливань відносно нового положення рівноваги. При якому  $t_0$  ця амплітуда найбільша? Найменша?

Подано відповідь

$$A = \sqrt{A_0^2 + \left(\frac{F}{k}\right)^2 - \frac{2 \cdot A_0 \cdot F}{k} \cdot \cos(\omega \cdot t_0)}.$$

При  $t_0 = \pi \cdot (2n + 1) \omega$ ,

де  $n \in Z$ , амплітуда найбільша. Однак, очевидно, що у виразі для  $t_0$  допущена помилка, оскільки  $\omega$  має бути у знаменнику.

### Задача 3.5.14.

Загасання коливань осцилятора може бути настільки великим, що рух перестане бути коливним. Оцініть, при якому відношенні величин  $\gamma$  і  $\omega_0$  це відбудеться.

Подано відповідь  $\gamma \cdot \omega_0 \approx 1$ . Однак розмірність кожної з величин  $c^{-1}$ , а, отже, їхня комбінація  $\gamma$  і  $\omega$  має мати розмірність  $c^{-2}$ . Отже, має бути:

$$\frac{\gamma}{\omega_0} \approx 1.$$

**Задача 3.9.3.**

Інтенсивність звукової хвилі частоти  $\nu$ , що проходить через дві тонкі паралельні пластини розташовані на віддалі  $l$  досягає максимуму на віддалі кратній  $l$  від другої пластини. Поясніть це явище і визначіть швидкість звуку у середовищі, в якому знаходяться пластини.

Подано відповідь  $c = \frac{2l}{\nu}$ , де розмірність  $c$  – м/с;  $l$  – м;  $\nu$  – Гц. Неважко помітити, що у цьому виразі розмірність не збігається. Напевно  $\nu$  має бути у чисельнику.

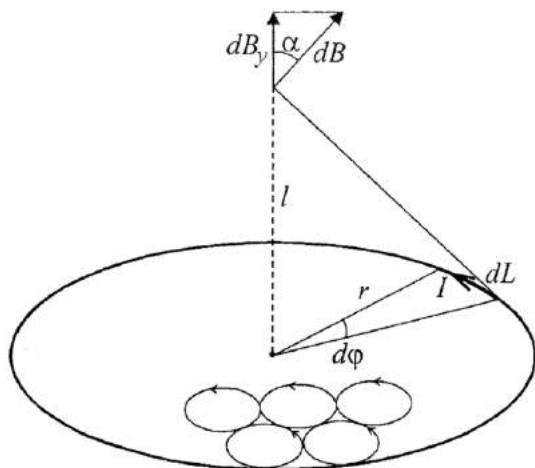
**Олег Матвейчук,**

випускник Ришельєвського ліцею,  
студент 1-го курсу фізичного факультету  
Одеського національного  
університету ім. І.І. Мечникова

**Примітка редакції**

Щодо розв'язку задачі 9.2.20 є й інші міркування. Намагненість деякого об'єму диску зумовлена так званими „молекулярними” струмами, тому намагненість об'єму буде:

$$m = MSh.$$



Магнетний момент струму, що охоплює площу  $S$  буде:

$$m = I \cdot S,$$

тобто  $I = M \cdot h$ . Зрозуміло, що струми в об'ємі диску будуть компенсуватись, некомпенсованим буде лише струм по поверхні і він зумовлюватиме індукцію

магнетного поля на віддалі  $l$  від диску. Знайдемо індукцію елемента струму за формулою Біо-Савара-Лапласа:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{IdL}{r^2 + l^2}.$$

Вертикальна складова вектора  $d\vec{B}$  буде:

$$dB_y = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{IdL \cos \alpha}{r^2 + l^2}.$$

Врахуймо:

$$I = M \cdot h; \quad \cos \alpha = \frac{r}{\sqrt{r^2 + l^2}}; \quad dL = r d\varphi.$$

$$dB_y = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Mhr^2 d\varphi}{(r^2 + l^2)^{3/2}}.$$

Щоб знайти індукцію проінтегруймо вираз за всіма кутами  $d\varphi$

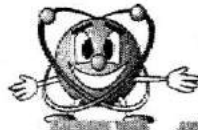
$$B_y = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Mhr^2}{(r^2 + l^2)^{3/2}} \cdot 2\pi = \frac{\mu_0 Mhr^2}{2(r^2 + l^2)^{3/2}}.$$

Цей розв'язок задачі теж вказує на помилку у відповіді.

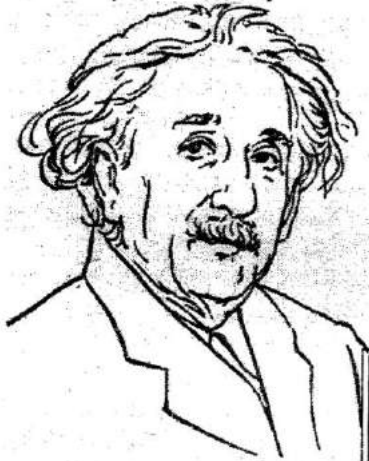




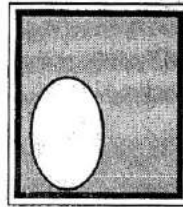
## ЙОГО ПЕНЗЕЛЬ СТУКАЄ ПО РАМІ



# ГУМОР



## РЕМБРАНДТ ВІД ФІЗИКИ



Якось студенти запитали Пауля Еренфеста, чим відрізняється Альберт Айнштайн від Нільса Бора, на що їм Еренфест відповів:

– Вони мають багато спільного, але дещо їх вирізняє.

Айнштайн впевнений у собі. Він сміливо малює картину навіть там, де здавалося б ще багато незрозумілого. Його пензель „стукає по рамі”. Немає світлотіней. Для нього все зрозуміло. І він малює картину набіло, деколи помиляючись.

Нільс Бор – це „Рембрант від фізики”. Він всю силу і яскравість своєї наукової думки зосереджує на якому-небудь визначеному місці, на „яскравій допрацьованій плямі своєї картини”. Решта на картині – півмряка. Він обережний, майже ніколи не помиляється.

## „Норовистий гелікоптер”

Коли вперше знаменитий американський авіаконструктор українського походження Ігор Сікорський підняв у повітря свій перший вертоліт US-3000, той вібрував так, що в пілота клацали зуби.

За декілька місяців US-3000 виявив свій норов на першій публічній демонстрації у Бріджпорті. Після того, як Сікорський розповів присутнім про будову й можливості вертолітів, почали показувати машину в дії. Гості були вражені маневрами апарата, який то зависав на місці, то переміщався вгору, донизу, вбік, навіть назад, але вперто не хотів летіти вперед. І хтось з присутніх, як навмисно, запитав: „А вперед він може летіти?”

Треба було швидко знайти вихід з положення. „Ви знаєте, – відповів Сікорський, – ми зіткнулися з такою великою кількістю інженерних проблем, що таку дрібничку залишили наостанок, хоча вже знаємо, як її розв’язати. Ми просто розвернемо крісло пілота, й апарат летітиме задом наперед!”



# UARNET.U

## 10 років

Державне підприємство Науково-телекомунікаційний центр „Українська академічна дослідницька мережа” ТФКС НАН України („UARNET” – аббревіатура англійських слів „Ukrainian Academic and Research Network”), з 1993 року проводить роботи з обміну даними та надає доступ до мережі Інтернет, має чималий досвід у галузі комп’ютерних мереж, цифрової та аналогової передачі даних і розвитку Інтернету в Україні.

Мережа „UARNET” 1993 року за допомогою Шведської космічної корпорації побудувала власний супутниковий канал зв’язку до глобальних інформаційних мереж. Це було перше в Україні пряме (безпосередньо з України) включення в глобальний Інтернет.

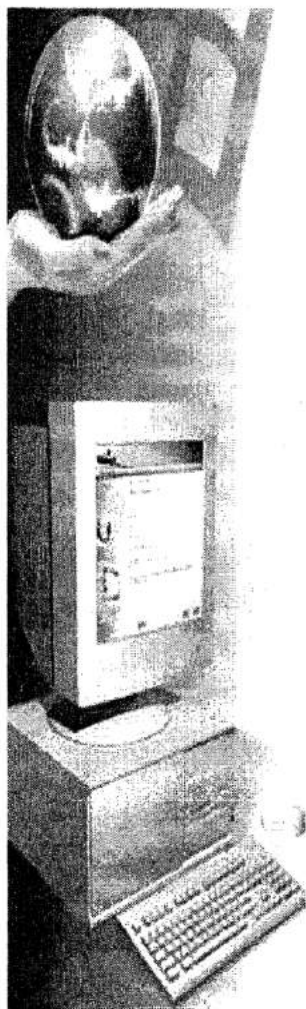
Сьогодні „UARNET” є найбільшим провайдером Західної України. Ємність зовнішніх каналів становить 16 Мбіт/с і є технічна можливість (без додаткових технічних засобів) збільшити до 30 Мбіт/с. Мережа „UARNET” має свої технічні майданчики у Львові, Києві та Рівному, які сполучені між собою 2-Мегабітними цифровими потоками (Львів-Київ, Київ-Рівне, Рівне-Львів). Кільцева топологія мережі „UARNET” забезпечує вищу надійність, порівняно із зірковою, яку традиційно використовують провайдери. До того ж, стабільність послуг Інтернету забезпечують багато незалежних каналів до глобального Інтернету (до мереж „Level3” та „Taidе” через супутникові комплекси у Львові, до мережі *Telia*, двох незалежних каналів до українського сегменту Інтернету (один – до обміну TP-трафіком „УКРТЕЛЕКОМУ”, другий – до обміну TP-трафіком у м. Києві – UA-IX).

Мережа „UARNET” зареєстрована європейським мережевим координаційним центром (RIPE) як автономна система. Це дає змогу оперативно використовувати ресурси зовнішніх каналів для оптимальної маршрутизації TP-графіку.

RIPE зареєстрував мережу „UARNET” як Інтернет-реєстратора і виділив 256 класів C Інтернет-адрес, що дає змогу забезпечувати будь-яку організацію України достатньою кількістю TP-адресів. Відповідними послугами користується низка провайдерів та великих організацій з усієї України.

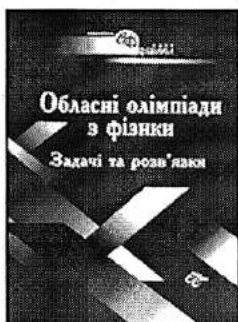
Мережа „UARNET” забезпечує весь спектр послуг мережі Інтернет, що полягає в якісному доступі до глобальних інформаційних мереж з повним набором послуг Інтернет (http, ftp, irc, icq, nntp, telnet), серед них доменна електронна пошта. До того ж „UARNET” розвиває три варіанти доступу до мережі: 1) по комутованій (телефонній) лінії; 2) по некомутованій (безпосередній зв’язок) лінії; 3) по радіоканалу.

Інтернет-послугами мережі „UARNET” користуються органи державної влади, більшість вищих навчальних закладах Західної України, установи Національної академії наук України, промислові підприємства, банківські структури та інші.



31 жовтня 2003 року в Будинку вчених (Львів) відбувся Круглий стіл „Інтернет як засіб комунікації: стан, перспективи і проблеми в Україні”, в якому взяли участь народний депутат України, академік НАНУ Ігор Юхновський, Ігор Дядюра (Українська Інтернет Спільнота, Київ), Тетяна Попова (Голова правління Інтернет Асоціації України, Київ), Володимир Єшкілев (Івано-Франківськ), Володимир Подгорний („Адаманти”) та інші.

**В. Алексейчук, О. Гальчинський, Г. Шопя. Обласні олімпіади з фізики. Задачі та розв'язки.** – Львів: Євросвіт, 2004. – 200 с. (Друге видання, перероблене й доповнене).



Книжка містить умови та розв'язки задач III (обласного) етапу Всеукраїнських олімпіад з фізики (1993–2004). У книжці – 240 задач та їхні розв'язки, подано також рисунки, графіки, коментарі. У додатках наведені методи наближеного обчислення фізичних величин, математичні формули, таблиці фізичних величин тощо.

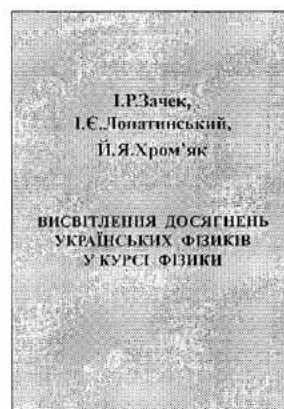
Для вдосконалення навичок самостійного розв'язування задач з фізики, підготовки до олімпіад та інших творчих змагань школярів.

**І.Р. Зачек, І.Є. Лопатинський, Й.Я. Хром'як. Висвітлення досягнень українських фізиків у курсі фізики.** Методичний посібник. – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2003. – 84 с.

У посібнику подано короткі біографічні довідки понад 150 фізиків, які народилися в Україні й працювали чи працюють у системі НАН України або вищих навчальних закладах України, а також тих, які займалися науковою діяльністю в інших країнах світу.

Книжка корисна для висвітлення у курсі фізики досягнень українських фізиків.

Для викладачів вищих навчальних закладів, учителів шкіл, та всіх, хто цікавиться історією фізики.



**Іван Штол. Крістіан Доплер**/Пер. з чеської В.Станкевич-Іванової. – Львів: Євросвіт, 2004. – 98 с.: іл.



Книжка чеського фізика Івана Штола про видатного фізика Крістіана Доплера, його життя та наукову творчість, вперше видана в Празі чеською мовою. Ми пропонуємо переклад цієї книжки українською мовою з передмовою автора для українського читача.

І. Штол – чеський фізик, який працює на ядерному та фізико-інженерному факультетах Чеського технічного університету у Празі. Оpubлікував кілька десятків фахових статей, є співавтором підручника „Електрика й магнетизм”, редагував чеський переклад Фейманових лекцій з фізики. С автором підручників з фізики для середньої школи, телесценаріїв, біографічної публікації „Відкривачі природних явищ”, яка сьогодні виходить і в японському перекладі, і редактором видання біографій великих науковців (“Velké postavy vědeckého nebe” / “Великі наукові постаті”), для якого й підготував цю книгу про Доплера. Вона вийшла у Празі 2003 року, коли виповнилось 200 років від народження і 150 від смерті Крістіана Доплера.

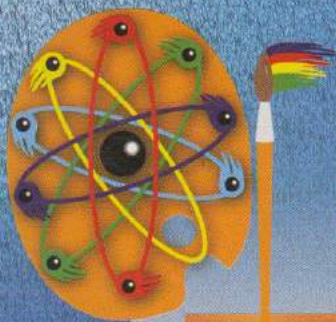
„... дуже мало відомо про особу та життя Крістіана Доплера, ім'ям якого названо це явище. ... Він марно шукав місце професора у деяких університетах тодішньої австрійської монархії. Зголосився до конкурсу на місце професора до Львівського університету. Якби його тоді прийняли, можливо, народився б винахід явища Доплера в Україні. Врешті-решт Доплер прийняв запрошення з Праги ... І власне у стінах Королівського чеського наукового товариства він представив 1842 року свій всевітньо-історичний винахід.

Життєві долі великих винахідників бувають нелегкими, велику роль у них відіграє щаслива випадковість, і ці винахідники часто не доживають до визнання і втілення своїх результатів. Це стосується і Доплера. Він заслуговує на те, щоб ми ближче ознайомились з його життєвим шляхом.”

*(Із передмови проф. І.Штола до українського видання)*

Приймаємо замовлення за адресою:

„Євросвіт”, м. Львів, 79005, а/с 6700, phworld@franko.lviv.ua



МИСТЕЦЬКА  
СТОРІНКА  
ЖУРНАЛУ  
"СВІТ ФІЗИКИ"



**С.І. Васильківський (1854–1917)  
Святкування Різдва на Полтавщині. Олія.**

С. Васильківський – непересічний пейзажист, жанрист, портретист, історичний живописець, автор монументальних розписів. Для творчості С.Васильківського характерні правдивість змісту, майстерність виконання, ясний, спокійний колорит.

**Серія «Бібліотека «Світ фізики»**



Придбати книжки можна за адресою: 79005 м.Львів, вул. Саксаганського, 1