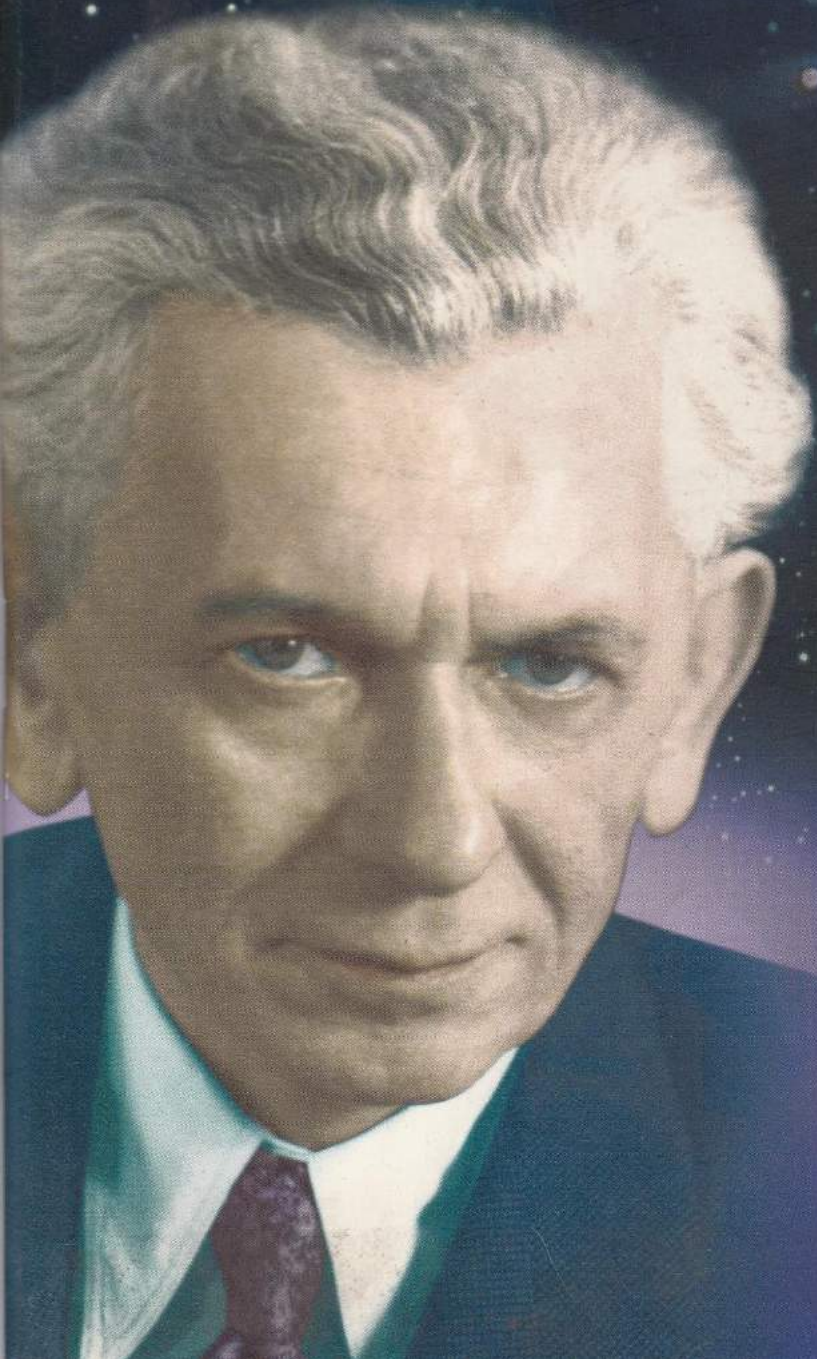


С В І Т

# ФІЗИКА

науково-популярний журнал

№4  
2002



*Кожен повинен  
робити те,  
на що є  
найздібніший*

*Остап Стасів*



## ВСЕУКРАЇНСЬКА ШКОЛА ПЕДАГОГІЧНОГО ДОСВІДУ ДАРІЇ БІДИ

Популяризація природничих наук, зокрема фізики сьогодні актуальна, оскільки суспільство ще належно не оцінює значення фундаментальних наук. Водночас парадоксально, що незважаючи на спад зацікавлення фізикою, невеликі конкурси на фізичні спеціальності в університети, низьку платню викладачів вищих навчальних закладів та учителів фізики

тощо, підготовка фахівців в Україні висока. Випускників університетів, молодих науковців запрошують працювати у престижних університетах України та світу. І в такий, здавалось би, несприятливий час, в Україні виникає багато різних форм роботи з обдарованою молоддю (серед них і недержавні) – МАН, школи передового досвіду, турніри, олімпіади, конкурси; інтелектуальні ігри; виходять з друку нові книжки з фізичної тематики, періодичні видання: газета „Фізика”, журнали – „Світ фізики” (українською та англійською мовами), „Наше небо”, „Пульсар”, переклад з англійської „Світ науки” та інші.

Є в Україні ініціативні учителі, які й проводять (переважно з власної ініціативи) цю роботу з



*Під час засідання у Дзеркальному залі Львівського національного університету імені Івана Франка*

обдарованими школярами, пишуть нові підручники, діляться досвідом з іншими. Редакція „Світу фізики” популяризує нові форми роботи, інформує читачів, розповідає про цікавих особистостей. Тішить те, що вони є в усіх регіонах України, і те що такі фахівці своїм прикладом та знаннями вчать школярів любити фізику. Ще у школі дають ґрунтовні знання майбутнім науковцям, учителям.

У Львові, 24–25 жовтня 2002 року, відбулася Всеукраїнська школа педагогічного досвіду „Впровадження активізуючих методик на уроках фізики”, керівником якої була учитель-методист, відмінник народної освіти, соросівський учитель Дарія Біда. Організаторами школи були Міністерство освіти і науки України, Управління

науки і освіти Львівської держадміністрації, Львівський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти, Управління освіти Львівської міської ради, фізико-математичний лицей при Львівському університеті імені Івана Франка.

До Львова приїхали відомі учителі з усіх регіонів України, щоб поділитися з колегами досвідом роботи, міркуваннями щодо впровадження нових форм викладання фізики в школі. Учасники школи спілкувалися з ректором Львівського національного університету імені Івана Франка професором Іваном Вакарчуком, начальником Головного управління освіти і науки Львівської обласної держадміністрації Михайлом Брегіним, начальником управління освіти Львівської міської ради Іваном Шереметою, методистом відділу управлінських проблем освіти науково-методичного центру середньої освіти Міністерства освіти і науки України Людмилою Кудяковою. Під час роботи Школи самі учителі вчилися, проводили уроки, спілкувалися, а також ознайомились з історичною та культурною спадщиною Львова. Вони збагатились духовно і фахово, і цим, звичайно, ділитимуться зі своїми вихованцями.

Досвід Школи вселяє надію на добре майбутнє в Україні однієї з найцікавіших наук – фізики.



*Учасники школи на площі Ринок  
(Львів, 25 жовтня 2002 року)*

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 екз.

**Адреса редакції:**

редакція журналу „Світ фізики”  
вул. Саксаганського, 1,  
м. Львів 79005, Україна

тел. у Львові 380 (0322) 96 46 73, 40 31 89

у Києві 380 (044) 416 60 68

sf@ktf.franko.lviv.ua

www.franko.lviv.ua/publish/phworld

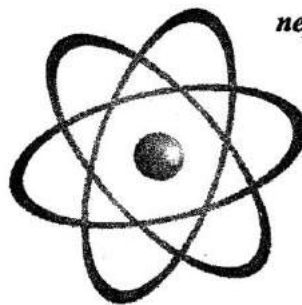
„...Будь-яка фізична теорія завжди тимчасова у тому сенсі, що є лише гіпотезою, яку не можна довести. Скільки б разів ми не констатували узгодження теорії з експериментальними даними, не можна бути впевненим у тому, що наступного разу експеримент суперечитиме теорії. Водночас будь-яку теорію можна заперечити, зіславшись на одне-єдине дослідження, яке не узгоджується з її передбаченнями.

Як зазначав фахівець з філософії науки Карл Поппер, неодмінною ознакою доброї теорії є те, що вона дає змогу зробити передбачення, які загалом можуть бути експериментально відкинуті. Щоразу, коли нові експерименти підтверджують передбачення теорії, вона демонструє свою життєздатність, і наша віра в неї міцніє.

Але якщо хоча б одне спостереження не узгоджується з теорією, нам доводиться або відмовлятися від неї, або змінювати її. Зазвичай це так, хоча ви завжди можете сумніватися в компетентності того, хто проводив дослідження...”

*Стефан Гокінг*

*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 і маловідомі явища фізики

*Проскура Олександр.* Історичні дослідження Остапа Стасіва 3

## 2. Фізика України

*Брижик Лариса.* Життя, віддане науці 9

*Загородній Анатолій.* „Моя хобі – наука” 12

*Вовчик Єва.* Слово про вчителя і колегу  
(до 75 річчя від дня народження Мотрі Братійчук) 15

## 3. Фізика світу

*Довгий Ярослав.* Біля джерел фізики твердого тіла  
(до 100 річчя від дня народження О. Стасіва) 18

## 4. Університети світу

*Біланюк Олекса.* Знання і мудрість 25

## 5. Нобелівські лауреати

*Гальчинський Олександр.* Новий агрегатний стан матерії 27

## 6. Олімпіади, турніри...

Умови задач III етапу Всеукраїнської олімпіади  
з фізики 2002 р. у Дніпропетровській області 30

Умови задач XVI Міжнародного турніру юних  
фізиків (2003) 31

## 7. Актуальні проблеми

Популяризація фізики 34

## 8. Творчість юних

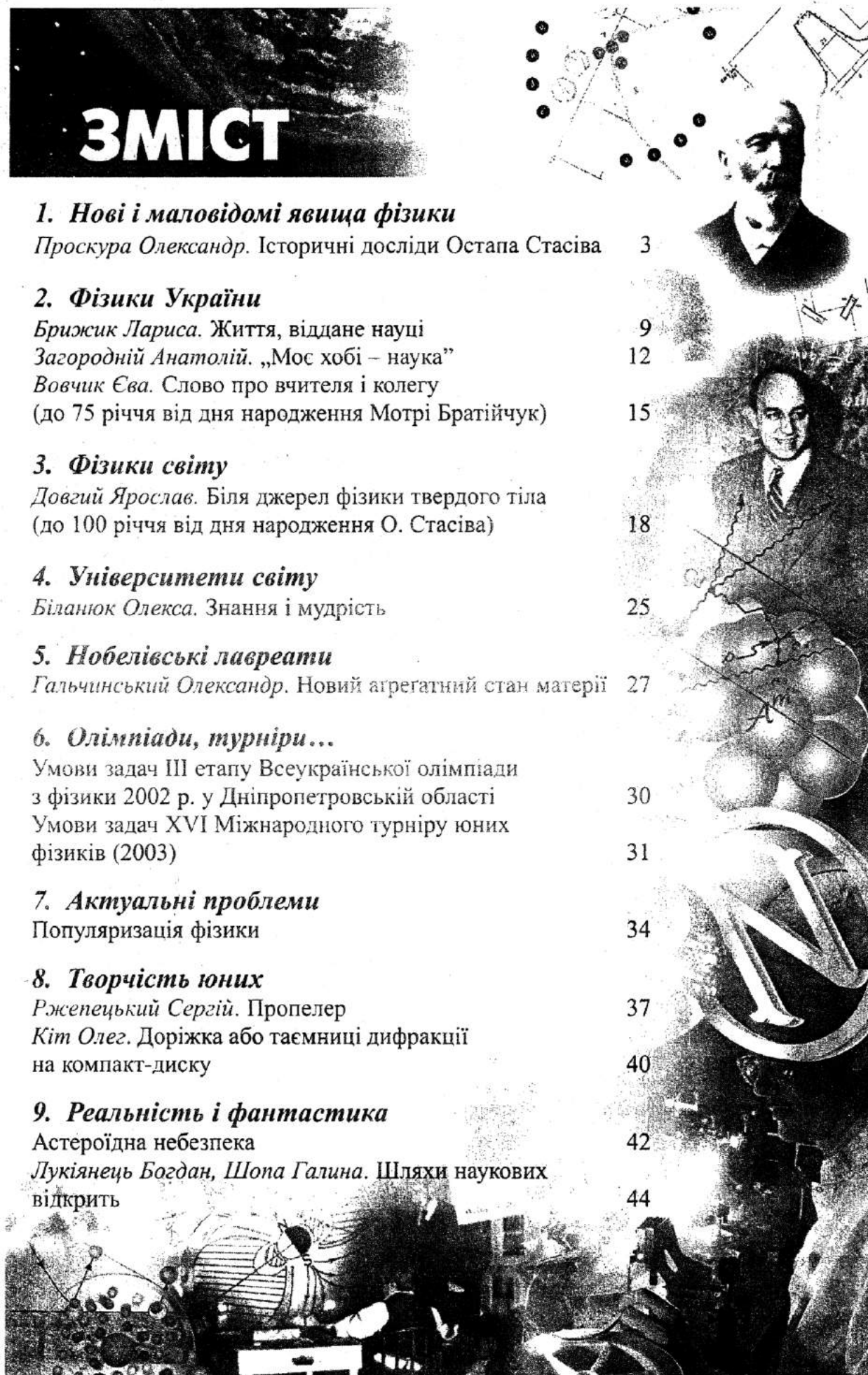
*Ржепецький Сергій.* Пропелер 37

*Кім Олег.* Доріжка або таємниці дифракції  
на компакт-диску 40

## 9. Реальність і фантастика

Астероїдна небезпека 42

*Луціянець Богдан, Шопя Галина.* Шляхи наукових  
відкриттів 44





# ІСТОРИЧНІ ДОСЛІДИ ОСТАПА СТАСІВА

*Олександр Проскура*

*кандидат фіз.-мат. наук,  
Інститут фізики НАН України*

Розвиткові напівпровідникової мікроелектроніки передували фундаментальні матеріалознавчі дослідження про вплив точкових дефектів кристалічної структури на фізичні, насамперед, оптичні та електричні властивості кристалів. Найважливіші результати одержала в Німеччині школа Р. Поля (R.W. Pohl) під час вивчення прозорих діелектричних йонних кристалів типу NaCl з простою за будовою кристалічною ґраткою. Досліди дійсного члена Наукового Товариства ім. Шевченка, українського політичного емігранта Остапа Стасіва, які він поставив 1932 року в Р. Поля, вважають історичними.

Експерименти Остапа Стасіва належно оцінили німецькі дослідники історії фізичної науки. Ці експерименти описані, їхнє історичне значення проаналізовано у працях з промовистими назвами „Історичні дослід з фізики” [1] та „Експерименти, які зробили історію” [2]. Автор монографії [1] професор Берлінського Технічного університету М. Ахіллес (M. Achilles) відтворив ці дослід і в такий спосіб відчув їхню естетику. Перші дослід О. Стасіва з лужно-галогенідними кристалами мали велике значення для утвердження нової науки – фізики твердого стану.

М. Ахіллес першим наголосив на ролі дослідів О. Стасіва в передісторії створення транзистора та фізики твердого тіла [3]. Німецький дослідник Ю. Тайхман (J. Teichmann) зауважив [4], що ці дослід викликали велике зацікавлення до фізики лужно-галогенідів. Український академік О. Гольдман, з чийм ім'ям пов'язане виникнення фізики напівпровідників в Україні і який бачив перспективи розвитку фізичної науки, в 1940–1950-х роках додав до програм підготовки аспірантів ґрунтовне вивчення публікацій О. Стасіва. Про життя та наукову діяльність О. Стасіва є публікації професора Я. Довгого в Україні [5] та змістовні спогади про О. Стасіва, і його Інститут фізики крис-

талів, які написав його близький друг і співавтор, доктор Й. Тельтов (J. Teltow) у Німеччині [6].

Розгляньмо піонерські дослід О. Стасіва з йонними кристалами та проаналізуємо їхнє значення для розвитку фізичної науки.

Свої експерименти О. Стасів виконав у Першому Фізичному інституті при Геттінгенському університеті в Німеччині з ініціативи та з безпосередньою участю директора інституту Р. Поля для його лекційних демонстрацій перед студентами університету. Це О. Стасів зазначив через 32 роки після здійснення цих дослідів у праці до ювілею Р. Поля [7]. Під час цих досліджень він відкрив явище дрейфу центрів забарвлення у кристалах KCl під дією накладеного на кристал зовнішнього електричного поля. Учений експериментально дослідив його та описав у двох працях [8, 9], першу з яких представив до друку Р. Поль 08.07.1932. О. Стасів працював з адитивно забарвленими кристалами KCl, які під час дослідів мали температуру понад 350 °C, бо саме за такої температури центри забарвлення стають рухливими. Праця О. Стасіва була виконана в продовження досліджень Р. Гілша (R. Hilsch) і Р. Поля, які помітили переміщення електричних зарядів під час стирання прихованого зображення в лужно-галогенідних кристалах і припустили, що вивільнений під час стирання прихованого зображення з катіона електрон може в електричному полі рухатись по кристалу у напрямку до анода.

Дослідивши кристали KCl, Остап Стасів, щоб узагальнити фізичні висновки, перейшов до експериментів з кристалами KBr, KJ, NaBr, а також з кристалами кам'яної солі NaCl та одержав з ними подібні результати.

На прикладі кристалів кам'яної солі NaCl згадаймо коротко історію вивчення центрів забарвлення. Ще з XIX сторіччя було відомо, що видо-



бути з копалень кристали кам'яної солі NaCl трапляються як безбарвні, так і синьо-фіолетові. Забарвити ці кристали можна було хемічно або електролітично. Специфічне жовте забарвлення у них, як це показав 1926 року в інституті Р. Поля його співробітник З. Гюлай (Z. Gyulai) [10], можна одержати, відпалюючи їх у парах натрію або калію, довівши вміст цих домішок у кристалі до однієї мільйонної частки відсотка. В. Рентген (W.C. Röntgen) 1926 року надавав жовтого забарвлення кристалом NaCl, діючи на них Х-променями. А. Йоффе встановив, що внаслідок дії рентгенівського опромінення на безбарвні кристали NaCl, їхня електропровідність під час опромінення зростала більше, ніж на чотири порядки. О. Стасів забарвив кристали в електричному полі, вводячи до них з катода електрони.

Спостереження, які виконав Г. Сидентопф (H. Siedentopf) за допомогою ультрамікроскопа, дали змогу припустити, що жовте забарвлення кристалів NaCl зумовлене не кластерами і не атомними комплексами, а „частинками” атомних розмірів. Завдяки відкриттю дифракції рентгенівських променів на кристалах, які здійснили 1912 року Макс фон Лауе (Max v. Laue), В. Фрідріх (W. Friedrich) та П. Кніппінг (P. Knipping), у фізиці утвердилось поняття про періодичну структуру кристалів та стало можливим розглядати точкові дефекти. Значною мірою це зумовлене спробою А. Йоффе 1916 року пояснити електропровідність кристалів появою йонів у міжвузлях кристалічної ґратки, які туди немовби випаровувались із вузлів завдяки тепловому рухові. За 10 років його співробітник Я. Френкель розвинув цю ідею і так утвердилось поняття точкового дефекту – дефект Френкеля.

На початку 1920-х років до вивчення оптичних властивостей йонних кристалів типу NaCl приєднався Р. Поль із співробітниками. Свої перші дослідження вони виконали з природними кристалами. С. Киропулос (S. Kyrououlos) 1926 року розробив оригінальну технологію вирощування великих штучних кристалів, тоді дослідники отримали змогу працювати з чистішими кристалами та з кристалами з контрольованим вмістом домішок і в такий спосіб наблизитись до виготовлення матеріалів з наперед заданими властивостями. Ця технологія виявилась перспективною і згодом

Чохральський (Czochralski) розвинув її для вирощування напівпровідникових кристалів германію та кремнію (метод Киропулоса-Чохральського). В інституті Р. Поля було встановлено, що жовте забарвлення кристалів NaCl зумовлено власними точковими дефектами кристалічної ґратки. Р. Поль назвав ці дефекти F-центрами, тобто центрами забарвлення (німецькою мовою – Farbzentren). Р. Поль вважав, що F-центри є надлишковими йонами натрію у міжвузлях, з якими зв'язані електрони. Отже, нагрів кристалів з F-центрами, якщо відштовхуватись від такої точки зору, може зумовлювати обмін електронами між F-центрами і зоною провідності кристала. Ймовірно, що це мав на увазі під час дослідів О. Стасів.

Розвиток поглядів Р. Поля на природу F-центрів викладено в монографії, яка присвячена історії вивчення центрів забарвлення [4]. Однак першим природу F-центра розгадав В. Шотткі (W. Schottky). За його моделлю F-центр – це вакансія йона хлору із захопленням електроном. Дослідження центрів забарвлення набули важливого значення у вивченні електронних переходів та природи прихованого зображення у фотографічних матеріалах.

Зауважмо, що всі асистенти і докторанти Р. Поля починали з того, що впродовж одного місяця освоювали технологію вирощування кристалів. О. Стасів для своїх дослідів сам вирощував кристали. Кристали за методикою Е. Молво (E. Mollwo), теж фізика зі школи Р. Поля, швидко нагрівались та охолоджувались і завдяки цьому у них позбувались усіх неатомарних центрів забарвлення. Зразки для вимірювань, які виколоував О. Стасів з вирощеного кристала, мали форму паралелепіпеда з розмірами  $0,5 \times 1 \times 10 \text{ мм}^3$ . У торці зразків вгравлювали платинові дротинки, які служили точковими електродами. Також досліджували зразки з несиметричними електродами (точковим і плоским). Звичайно, такі „діоди Стасіва” (вислів у лапках взято з публікацій Ю. Тайхмана) мали точковий катод з платинової дротинки та плоский анод з нанесеного колоїдального графіту. Для досліджень „кристали Стасіва” з відповідними електродами розміщали в невеличкій електричній печі і спостерігали через лупу із шкалою крізь слюдяні віконця печі.



О. Стасів детально описав свої спостереження. Зауважмо принагідно, що всі наукові праці Інституту Р. Поль, зазвичай, ретельно редагував. Нам здається, що у випадку публікацій д-ра О. Стасіва, який у місті Гессені 1929 року захистив дисертацію про повне оптичне відбиття на межі двох середовищ у майбутнього нобелівського лавреата В. Боте (W. Bothe), його шеф Р. Поль обмежився досить формальним редагуванням праць свого співпрацівника з України. Попри свою категоричність, Р. Поль, чий авторитетні відгуки про фізиків у Німеччині багато важили для їхньої кар'єри, був доброзичливою людиною, залишався завжди толерантним до іноземців і мав симпатію до своїх студентів та співпрацівників українського походження.

У досліджах О. Стасіва під час накладання електричного поля на підігріті адитивно забарвлені кристали КСІ синя смужка центрів забарвлення переміщувалась у напрямку до анода. Це було видно неозброєним оком. За бажанням центри забарвлення можна було вивести з кристала в анод. Із накладанням електричного поля на суцільно забарвлений у синій колір кристал КСІ можна було половину центрів забарвлення перевести до анода і в такий спосіб половину кристала з боку катода зробити прозорою. До моменту повного виходу забарвленої ділянки з кристала в анод електричний струм крізь кристал монотонно спадав до стабільної для знебарвленого кристала величини. Із зміною напрямку прикладеного електричного поля напрямок руху центрів забарвлення теж відповідно змінювався. Синя смуга F-центрів багаторазово переміщувалась у протилежних напрямках із зміною полярності, прикладеної до „кристалів Стасіва” електричної напруги.

Ці спостереження дали змогу О. Стасіву вважати рух розподілених атомарних центрів забарвлення ідентичним до руху негативних електричних зарядів. Це припущення він додатково обґрунтовував тим, що рух цих зарядів переносив певний електричний заряд  $Q$ , який вимірювався під час експерименту. О. Стасів поділив значення  $Q$  на величину елементарного заряду  $e$  та одержав чисельне значення кількості рухомих електричних зарядів  $N$ . Це значення збігалось з кількістю центрів забарвлення, яку О. Стасів знайшов завдяки поглинанню кристалів за методикою свого видатного земляка О. Смакули (A. Smakula) [11,

12], який також працював у Р. Поля. Оскільки рухливість центрів забарвлення була зavelика як для йонів, то залишалось стверджувати, що рух ділянки забарвлення – це візуалізований рух електронної хмаринки.

О. Стасів зауважив і дослідив залежність швидкості руху та рухливості хмарки центрів забарвлення від температури кристала (табл. 1).

Таблиця 1

*Залежність швидкості руху та рухливості хмарки центрів забарвлення кристала КСІ від температури*

Температура, °C	475	510	535	555
Швидкість, м/с $10^{-3}$	0,14	0,28	0,91	1,70
Рухливість, м <sup>2</sup> /В·с, $10^{-9}$	3,1	6,5	20	38

При температурі 555 °C центри забарвлення виходили з кристала завдовжки 1 см за час майже 6 с.

Зіставивши рухливості швидких центрів забарвлення та повільних йонів, О. Стасів зробив висновок, що рух центрів забарвлення відповідає рухові електронів і візуалізує його. Цей висновок здавався дуже важливим. Свідченням цього є те, що Р. Поль під час лекцій, коли він демонстрував переміщення F-центрів в електричному полі, як це було, наприклад, у Мюнхені у Німецькому музеї науки, або в Москві, де він 11.04.1936 року наприкінці лекції показував світлину з рухливою хмаринкою F-центрів поблизу катода і завжди

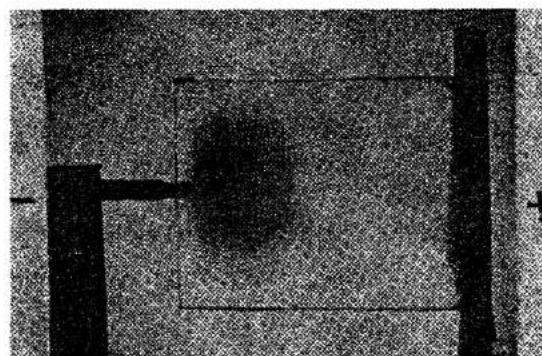
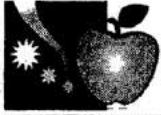


Рис. 1. Перше фотографічне зображення „хмарки Стасіва”. У кристалі КСІ біля катода виникає і переміщується в електричному полі фіолетова хмарка центрів забарвлення-хмарка Стасіва. Плоский анод – ліворуч, точковий катод – праворуч [13]



ідентифікував рух F-центрів з рухом електронів, вживаючи термін „електронна хмарка”. На рис. 1 бачимо перше опубліковане зображення електронної хмарки, яке виконав О. Стасів, взяте з праці Р. Поля 1934 року [13]. Це зображення фіолетової хмарки в кристалі KCl Р. Поль розміщав у всіх виданнях свого підручника „Вчення про електрику” (Elektrizitätslehre) аж до останнього прижиттєвого 21-го видання 1975 року. Звичайно, у своїх працях Р. Поль не називав імен своїх співпрацівників.

Р. Поль віртуозно демонстрував електронні хмарки – „хмарки Стасіва” у Німецькому музеї науки. Він створював коричневі ділянки забарвлення з F-центрами у кристалах йодистого калію локальним опроміненням кристалів і примушував ділянки F-центрів рухатись в електричному полі. Свою демонстрацію Р. Поль супроводжував коментарем з підтестом: „Завдяки тому, що пан Рейхміністр натиснув кнопку і замкнув електричне коло, коричнева маса почала рухатись ліворуч”.

О. Стасів у своїй праці [9], надісланій до друку у вересні 1933 і того ж року опублікованій, знайшов, що електронна хмарка центрів забарвлення з’являлась у кристалі KCl також під дією електричного поля біля точкового катода і поширювалась на увесь кристал.

Після зміни полярності хмарка зникала в аноді. Універсальність нового явища, яке відкрив О. Стасів, засвідчують аналогічні результати, одержані в кристалах KBr, KJ, NaCl, NaBr і, як встановили О. Стасів з Е. Молво, також у кристалах плавикового шпату (флюориту).

У цих дослідах кристали KCl були завдовжки 2 см і мали на кінцях два вплавлені електроди у вигляді платинових дротиків. Зазвичай кристали підігрівали у невеличкій електричній печі і до них прикладали постійну електричну напругу в межах 220–1300 В.

Поведінку F-центрів в електричному полі О. Стасів досліджував, вивчаючи три варіанти розподілу F-центрів уздовж кристала: 1. F-центрами зайнята частина простору біля електрода. 2. F-центри у вигляді невеликої плями в проміжку між електродами виконують роль пробника. 3. F-центри заповнюють увесь простір між електродами. З’ясувалось, що на межі між незабарвленою частиною кристала та ділянкою з F-центрами

існує градієнт напруженості електричного поля (напруженість поля в прозорій частині кристала була значно вища порівняно з ділянкою забарвлення). У кристалах, де F-центри займали лише частину простору між електродами, електричне поле було неоднорідним.

Ділянка забарвлення мала більшу питому електропровідність, ніж ділянка незабарвленого кристала і була рухлива в електричному полі. Кристал з F-центрами на всьому міжелектродному проміжку мав більшу електропровідність, ніж знебарвлений кристал. Кристал методом зміни полярності, прикладеної до нього напруги, можна було багаторазово послідовно забарвлювати і знебарвлювати, і він поведився як діод з відповідно пропускнуою та запірною дією – „діод Стасіва”.

У зразках з точковим і пласким електродами електропровідність залежала від полярності прикладеної електричної напруги: при негативному потенціалі на платиновому вістрі електропровідність діодів була вища, після зміни полярності на протилежну вона була менша.

Досліди О. Стасіва збудили широке зацікавлення до лужно-галогенідних кристалів [4]. Ними зацікавились, зокрема, науковці, що працювали над застосуванням напівпровідників у техніці. Серед них був В. Шотткі (W. Schottky), який тоді працював на фірмі Сіменс (Siemens) і розробляв напівпровідникові випростувачі на базі оксиду міді. В. Шотткі звернув увагу на досліди О. Стасіва, оскільки у кристалах оксиду міді можна було підвищити електропровідність, нагріваючи їх в атмосфері кисню аналогічно до того, як у кристалах KCl можна було викликати синє забарвлення, нагріваючи їх у парах калію або натрію. З цієї причини В. Шотткі намагався зав’язати листування з Р. Полем, проте воно виявилось малоефективним, бо В. Шотткі як учень М. Планка (M. Planck) залишався передусім теоретиком попри свою активну експериментальну працю і писав довгі, насичені розмірковуваннями, листи, в яких, за звичкою, як зазначав О. Маделунг (O. Madelung), докладно обмірковував усі проблеми аж до останнього висновку. Р. Поль же був експериментатором, у житті послуговувався кредом свого вчителя Г. Квінке (G. Quincke): „Теорії приходять і відходять, як людські покоління, а факти залишаються!”





Дискусія двох видатних фізиків ХХ сторіччя про природу точкових дефектів у кристалах завершилась тим, що В. Шотткі, додатково заінтригований дослідями О. Стасіва, сам розробив атомну модель F-центра, справедливу також для напівпровідникових кристалів. Завдяки цим дослідженням до поняття дефект Френкеля додалось поняття дефект Шотткі.

Можливо, „відраза” Р. Поля до теоретичних досліджень була зумовлена тим, що у студентські роки він лише один семестр слухав математику, навіть не складав іспиту і тому не мав ґрунтовної математичної підготовки. Характерно, що в його фізичній аудиторії висіло гасло „Simplex sigillum veri” („Простота відображає істину”). Через це Р. Поль у науковому плані виявився ізольованим від своїх університетських колег М. Борна (M. Born), В. Паулі (W. Pauli), В. Гайзенберга (W. Heisenberg), П. Йордана (P. Jordan) та інших, які створювали квантову теоретичну фізику також і для твердого тіла. Однак таке дистанціювання від математизованих досліджень зовсім не означало, що співробітники Р. Поля цурались теорії. У Першому Фізичному інституті вони обговорювали свої експериментальні результати на тогочасному теоретичному рівні, проте не виражали цього явно в своїх публікаціях. Зрештою і сам Р. Поль, який головне завдання університетського професора вбачав у викладанні і часто у публічних виступах наголошував на потребі опановувати математику, зазначив у доповіді після приходу до влади націонал-соціалістів і спричиненої цим еміграції фізиків з Німеччини (1933) заявив: „Неможливо високо цінувати музику і водночас заперечувати ноти, якщо вони не кожному зрозумілі” [13].

Дрейф електронної хмарки О. Стасів вивчав також фотографічним методом. Рух хмарки реєструвався на фотопластинці, яка рухалась упоперек кристала із швидкістю 9 мм/с. Для кристалів КСІ при температурі 650° С і напруженості поля 55 кВ/м на фотопластинці було одержано зображення траєкторії електронної хмарки у вигляді відтинка нахиленої прямої лінії. Це дало змогу стверджувати, що хмаринка рухається прямолінійно із сталою швидкістю. О. Стасів встановив також, що швидкість дрейфу хмарки центрів забарвлення прямо пропорційно залежить від напруженості електричного поля (табл. 2).

Таблиця 2

Залежність швидкості переміщення центрів забарвлення у кристалі КСІ від напруженості зовнішнього електричного поля при температурі 650° С

Напруженість, кВ/м	1,22	2,45	3,6	5,55	7,25	9,5
Швидкість, м/с	0,61	1,27	1,8	2,82	3,8	5,1
Рухливість, м <sup>2</sup> /В·с, 10 <sup>-8</sup>	5	5,2	5	5,1	5,25	5,37

Дослідження О. Стасіва знайшли своє продовження. Його досліди стали відправними для спроби Р. Гілша і Р. Поля 1938 року створити твердотільний відповідник триелектродної підсилювальної лампи [14]. У цьому знаменитому експерименті в „діод Стасіва” на базі кристала КВr з розмірами 25×5×10 мм<sup>3</sup> з точковим і плоским електродами було вплавлено впоперек кристала третій електрод ближче до точкового електрода. Завдяки цьому дослідники змогли керувати „хмаркою Стасіва”, тобто переміщенням хмарки F-центрів у кристалі між катодом та анодом, і зуміли підсилити у двадцять разів анодний струм. Нестабільність поведінки йонних кристалів у електричному полі і, як видно з табл. 2, частотні обмеження не

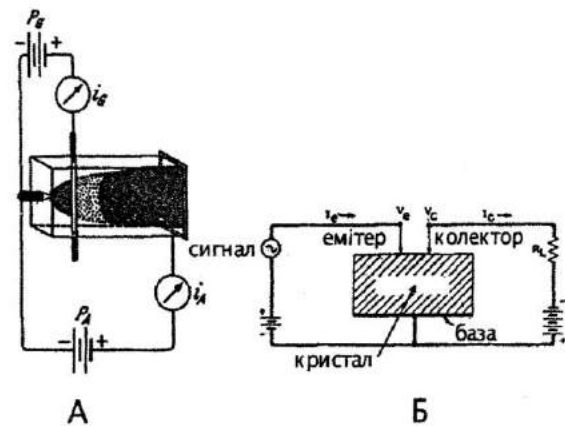


Рис. 2. А – Схематичне зображення триелектродного кристала КВr за працею Р. Гілша і Р. Поля (1938) [14]. Зміна інтенсивності забарвлення хмарки Стасіва відповідає змінам сили анодного електричного струму, модульованого керівним електродом. Б – схематичне зображення напівпровідникового германієвого тріода за працею Дж. Бардіна і В. Браттейна (1948) [15]



сприяли впровадженню цих результатів у техніку. Проте лабораторний макет геттінгенських дослідників, які в своїй публікації [14] зазначили, що вони цікавились лише засадничим аспектом питання, можна розглядати як попередник транзистора, який зафункціонував до Різдва свят 23 грудня 1947 року в США.

У науково-історичному контексті досліди на „кристалах Стасіва” мають, крім унаочнення досліджуваних явищ переносу в кристалах, також принципово важливе значення. У них, імовірно, виявлявся так званий ефект поля. На модельному, для фізики твердого тіла, матеріалі було створено електронний прилад – польовий транзистор – 10 років пізніше у США у компанії „Bell Telephone” розробили Дж. Бардін (J. Bardeen) та В. Браттейн (W. Brattain) [15] з ініціативи та під керівництвом В. Шоклі (W. Shockley) на придатних для використання у високочастотній електронній техніці напівпровідникових матеріалах германію та кремнію. За це 1956 року усі три американські автори отримали Нобелівську премію.

Відкриття транзистора є одним з найвидатніших досягнень фізики ХХ сторіччя. Його широке та різноманітне застосування є однією з передумов соціальних змін і переходу до інформаційного суспільства.

### Література

1. Achilles M. Historische Versuche der Physik. 1. Auflage, Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo; Hong Kong: Springer-Verlag, 1989. 2. Auflage, Frankfurt am Main, Edition Wotzel, 1996.
2. Teichmann J., Schreier W., Segre M. Experimente die Geschichte machten. Bayerischer Schulbuch Verlag. München, 1995.
3. Achilles M. Zur Vorgeschichte des Transistors und der Festkörperphysik // Zeitschrift des Deutschen Museums München „Kultur und Technik”. 1982. Nr. 1. S. 1–6.
4. Teichmann J. Zur Geschichte der Festkörperphysik, Farbzentrenforschung bis 1940. Stuttgart: Steiner-Verlag Wiesbaden, 1988.
5. Довгий Я.О. Наукова школа професора Стасіва. // „Аксіоми для нащадків. Українські імена у світовій науці”/Упоряд. О. Романчук. Львів: Меморіал, 1992. С. 218–247.
6. Teltow J. Erinnerungen an Ostap Stasiw und das Institut für Krystallphysik // Wissenschaftliche Adlershofer Splitter. 1998. Nr. 4. S. 125–161.
7. Stasiw O. Robert Pohl zum Geburtstag am 10. August 1964. Forschungen und Fortschritte. 1964. B. 38, Nr. 8. S. 253.
8. Stasiw O. Die Farbzentren des latenten Bildes im elektrischen Felde // Nachr. Ges. Wiss. Gött. Math.-Naturwiss. Klasse. 1932. N 26. S. 261–267.
9. Stasiw O. Zur elektrischen Wanderungsgeschwindigkeit der Farbzentren in Alkalihalogenidkristallen // Nachr. Ges. Wiss. Gött. Math.-Naturwiss. Klasse. 1933. N 50. S. 387–393.
10. Gyulai Z. Zur additiven Färbung von Alkalihalogenidkristallen // Zeitschrift für Physik. 1926. Band 37. Heft 12. S. 889–894.
11. Smakula A. Über die Verfärbung der Alkalihalogenidkristalle durch ultraviolettes Licht // Zeitschrift für Physik. 1930. Band 63. Heft 11/12, S. 762–770.
12. Hilsch R. und Pohl R.W. Über die Lichtabsorption in einfachen Ionengittern // Zeitschrift für Physik. 1931. Band 68. Heft 11/12. S. 721–734.
13. Pohl R.W. Zur Jahrhundertfeier des elektromagnetischen Telegraphen von Gauss und Weber // Universitätsbund Göttingen Mittälungen. 1934. Jahrg. 16. Heft 1. S. 1–8.
14. Hilsch R. und Pohl R.W. Steuerung von Elektronenströmen mit einem Dreielektrodenkristall und ein Model einer Sperrschicht // Zeitschrift für Physik. 1938. Band 111. Heft 5/6. S. 399–408.
15. Bardeen J. and Brattain W.H. The transistor, a semi-conductor triode // Physical Review. 1948. Vol. 74. N 2. P. 230–231.

Берлін–Котбус, Німеччина



До 90-річчя від дня народження Олександра Давидова

# ЖИТТЯ, ВІДДАНЕ НАУЦІ

**Лариса Брижик,**

*доктор фізико-математичних наук,  
Інститут теоретичної фізики  
ім. М.М. Боголюбова НАН України*



Двадцять шостого грудня 2002 р. видатному ученому ХХ сторіччя, Герою Соціалістичної Праці, лавреату Ленінської премії, лавреату Державної премії Української РСР та багатьох інших державних і міжнародних нагород, фізику-теоретику Олександрові Сергійовичу Давидову виповнилося б 90 років. Він пішов з життя майже десять років тому, сповнений творчих планів, працюючи навіть у лікарні до останнього дня над новою книгою. Ім'я Давидова широко відоме у світі. Своїми дослідженнями він започаткував декілька наукових напрямів теоретичної фізики, а поняття „давидовське розщеплення” та „давидовський солітон” назавжди ввійшли в науку. Він залишив по собі наукову школу, що й досі плідно працює у багатьох наукових закладах України та світі. Під його науковим керівництвом декілька десятків учених захистили кандидатські та докторські дисертації, стали лавреатами багатьох премій. За монографіями О. Давидова й сьогодні навчаються студенти та аспіранти в усіх університетах світу.

Майже п'ятнадцять років Олександр Сергійович очолював Інститут теоретичної фізики АН, який нині носить ім'я його засновника М.М. Боголюбова. І саме з нагоди 90-річчя від дня народження О. Давидова у цьому Інституті з 9 до 15 грудня 2002 р. була проведена Міжнародна конференція „Сучасні проблеми теоретичної фізики”. У Міжнародному комітеті

конференції та в її роботі брали активну участь провідні науковці з багатьох країн світу та України. У холі Інституту було відкрито погруддя Олександра Давидова (робота скульптора В. Федічева), а також відбулася презентація книги спогадів „Воспоминания об Александре Сергеевиче Давыдове” за редакцією В. Локтева.

У конференції брали участь учені, які працюють та співпрацюють з провідними науковими закладами та університетами двадцяти п'яти країн світу. Тематика конференції охоплювала ядерну фізику, фізику твердого тіла, нелінійну фізику та біологію, фізику плазми та фізику води – саме таке було коло наукових інтересів О. Давидова. Зокрема, були представлені доповіді з фізики конденсованого стану та кооперативних явищ; впливу екситонів та поляронів на фізичні властивості кристалів та полімерів; про властивості плазми, наддеформованих ядер та моделі кільчастинкових взаємодій. Розглянуто низько- та високотемпературну надпровідність, бозе-айнштайнівський конденсат, критичні явища та фазові переходи; умови існування та динамічні властивості локалізованих лінійних та нелінійних мод (кінків, солітонів, бризерів тощо) у нелінійних низьковимірних середовищах та їхня роль у динамічних процесах у плазмі, твердих тілах та біологічних системах; фізичні властивості води як багатоконпонентної системи та багато інших проблем.

Особлива увага на конференції була приділена фізиці нелінійних явищ. Адже відомо, що працями Олександра Сергійовича та його учнів було ство-

*До 90-річчя від дня народження Олександра Давидова*

рено новий напрям теоретичної фізики – теорію молекулярних солітонів. Що ж це таке – солітон загалом, та молекулярний солітон, зокрема? Поняття солітона було введено в 50-і роки ХХ сторіччя у праці Забускі та Крускала для позначення поодинакої хвилі, яка, взаємодіючи з іншою, собі подібною, зберігає свою форму та швидкість. Як математичний об'єкт, солітон – це особливий розв'язок нелінійних рівнянь. Перше спостереження солітона зареєстрував ще 1834 року англійський інженер Джон Скотт-Рассел, який спостерігав поодинокую хвилю надзвичайної стійкості на каналі під Единбургом, про що й написав згодом у Працях Королівського наукового товариства.

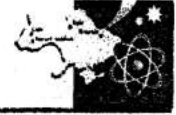
Як не дивно, канал цей, а точніше, канал і акведук, в якому власне і утворився солітон, збереглися досі, незважаючи на те, що акведук прокладений через оновлений міст над швидкісною трасою, яка перетинає Великобританію з півдня на північ. Тут під час проведення Міжнародної конференції в Единбурзі (Шотландія) 10–14 липня 1995 року організатори й учасники повторили експериментально запуск солітона. Тоді ж акведук було названо іменем Дж. Скотта-Рассела. До речі, саме через цей міст прокладено оптиковолоконний кабель, по якому „біжать” оптичні солітони.

Солітони можуть утворюватися у різних фізичних системах, зокрема, у біологічних макромолекулах, на що вперше вказав Давидов. По-

чатково молекулярні солітони увів Давидов у 1970-х рр. для пояснення ефективного механізму накопичення та перенесення енергії на макроскопічну відстань у біологічних системах. Згодом коло фізичних застосувань цієї теорії значно розширилось, про що було зазначено у багатьох виступах послідовників Давидова на Київській конференції. Першу працю з теорії молекулярних солітонів О. Давидов виконав разом з М. Кислухою і вона була надрукована 30 років тому (1973). Значну роль у розповсюдженні ідей О. Давидова відіграв американський учений Елвін Скотт, який першим і назвав солітон „давидовським”. Він був одним з головних ініціаторів та організатором проведення Міжнародної конференції, присвяченої давидовським солітонам у Данії влітку 1989 р., матеріали якої були надруковані під загальною назвою „Сучасний стан теорії давидовських солітонів”.

В основі концепції давидовського солітона лежить представлення про значну роль колективних електронних станів і електрон-фононного зв'язку в низьковимірних молекулярних системах. До таких систем належать, зокрема, відносно білкові макромолекули, полімери і багато інших систем. Відомо, що основним квантом біологічної енергії є енергія гідролізу молекули аденозинтрифосфату (АТФ) в аденозиндифосфат за участю молекули води. За нормальних фізіологічних умов ця енергія дорівнює приблизно 0,42 електрон-

*Олександр Сергійович ДАВИДОВ народився 26 грудня 1912 року у м. Євпаторії. Після закінчення школи (1930), він переїхав до Москви і почав працювати робітником на автозаводі АМО (нині ЗІЛ). Прагнення до знань привело Олександра Давидова 1932 року на робітничий факультет при Московському державному університеті (МДУ). За рік він став студентом 1-го курсу фізичного факультету цього університету. Вже у студентські роки О. Давидов виявив себе здібним фізиком-теоретиком. Закінчивши з відзнакою університет, він 1939 року став аспірантом відомого ученого, академіка Ігоря Тамма. 1941 року О. Давидов подав до захисту кандидатську дисертацію, однак війна перешкодила вчасному захистові. Він захистив дисертацію 1943 року в м. Казані, де на той час перебував Фізичний інститут АН (ФІАН). 1945 року Олександра Сергійовича запросили в Інститут фізики АН УРСР на посаду старшого наукового співробітника. Згодом він став заступником директора Інституту. В ті роки О. Давидов займався вивченням молекулярних кристалів. На підставі отриманих результатів учений захистив докторську дисертацію на тему: „Теорія поглинання світла в молекулярних кристалах” (1949). Працюючи в Інституті фізики, О. Давидов поєднував із завідуванням кафедрою теоретичної фізики Київського університету ім. Т. Шевченка. Згодом О. Давидову присвоїли звання професора та обрали членом-кореспондентом АН УРСР. Постаново-*



До 90-річчя від дня народження Олександра Давидова

вольта, що лише в 20 разів перевищує відповідну теплову енергію. До того ж, ділянки гідролізу АТФ і споживання виділеної енергії рознесені в клітині на велику відстань. От і виникає те саме запитання про механізми передачі цієї енергії в клітині. Ця проблема наприкінці 1960-х – початку 1970-х років була настільки актуальна, що навіть скликали спеціальну асамблею Академії Наук Нью-Йорку, яка завершила свою роботу заявою про існування „кризи в біоенергетиці”. На той час Давидов займався екситонами, що є когерентними колективними електронними станами у кристалах. Та й багато чого було йому відомо про роль електрон-фононої взаємодії у кристалах. Очевидно, саме це й підштовхнуло до побудови теоретичної моделі, що враховує змогу автолокалізації кванта енергії в стійкому солітонному стані. Річ у тому, що білкові макромолекули в альфа-спіральній конформації – це три майже паралельні поліпептидні ланцюжки. Ці ланцюжки утворені пептидними групами (групами атомів водню, азоту, вуглецю і кисню), що розташовані періодично вздовж ланцюжків паралельно до вісі спіралі, а між собою зв’язані водневими зв’язками. У першій праці Давидова, яку він написав разом з М. Кислухою 1973 року, і яка стала класичною, розглядався один ізольований ланцюжок. Відповідно до моделі, енергія гідролізу АТФ локалізується в кінцевій пептидній групі білкової спіралі у вигляді збудження подвійного вуглець-кисневого зв’язку



Учасники конференції В. Арсенюк, М. Бродин, І. Мальчевський, В. Антонченко, Л. Брижик, С. Сітько, І. Юхновський, В. Локтєв, М. Євтушенко, Я. Яцків  
(26 грудня 2002 року, м. Київ)

$C=O$  – так званого Амід-І коливання, що яскраво проявляється в оптичних спектрах білків. Завдяки резонансній взаємодії між сусідніми пептидними групами хвильова функція ізольованого в початковий момент Амід-І коливання розмивається, а воно саме й зумовлює локальну деформацію ланцюжка, завдяки їй і виникає автолокалізація. Ця ситуація формально аналогічна до ситуації з надлишковим електроном у поліпептидному ланцюжку, тому відповідна теорія справедлива і для транспорту зарядів.

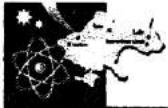
вою уряду його призначили керівником теоретичного відділу Фізико-енергетичного інституту в м. Обнінську (1953). Роботу в Інституті він суміщав з посадою професора кафедри теоретичної фізики, а згодом – завідувача кафедри квантової теорії Московського університету ім. М. Ломоносова. У 1956 році О. Давидов перейшов повністю на роботу в МДУ і водночас посідав посаду завідувача теоретичного сектору Лабораторії атомного ядра в ФІАНі.

У 1964 році Олександр Сергійович повернувся до Києва та очолив відділ теорії ядра Інституту фізики. Цього ж року його обрали дійсним членом АН УРСР. О. Давидов 1966 року перейшов у новостворений Інститут теоретичної фізики АН УРСР, де працював завідувачем відділу теорії ядра, а з 1973 до 1987 року очолював цей Інститут.

За теоретичні та експериментальні дослідження екситонів у кристалах 1966 року О. Давидов разом з колегами отримав Ленінську премію, а 1969 року – Державну премію УРСР за цикл праць з теорії ядра. У 1982 році вченому присвоєно звання Героя Соціалістичної Праці.

Олександр Давидов опублікував майже 300 наукових праць, серед них 8 монографій, 4 науково-популярних книги.

Олександр Сергійович Давидов помер 19 лютого 1993 року.

*До 90-річчя від дня народження Олександра Давидова*

Фізичні задачі як про перенесення енергії щодо транспорту електронів, описуються системою двох дискретних нелінійних рівнянь, перше з яких є рівнянням Шредінгера для квазічастинки (електрона, дірки, екситона чи амідного коливання) у деформаційному потенціалі, а друге визначає цю деформацію. Ця система рівнянь приблизно може бути зведена до так званого нелінійного рівняння Шредінгера з кубічною нелінійністю, що має своїм розв'язком солітон у вигляді локалізованого піка. Подібні рівняння маємо у багатьох інших задачах, зокрема, у фізиці плазми, нелінійній оптиці тощо. Для нього В. Захаров та А. Шабат знайшли пару операторів Лакса і було розвинуто метод оберненої задачі розсіювання.

Ідея О. Давидова про перенесення кванта біологічної енергії (а це є енергія гідролізу молекули АТФ, як уже зазначалося) у вигляді солітона була революційною, їй присвячено дуже багато наукових публікацій і декілька дисертаційних

робіт. Перші висновки, отримані аналітично в результаті певних наближень і спрощень, викликали деякі запитання. Тому доцільно було одержати їх якомога точнішими. Саме з цією метою було проведено низку комп'ютерних експериментів. Їхні результати загалом підтвердили висновки про автолокалізацію квазічастинки у ланцюжку і про можливість руху зв'язаного стану квазічастинки і локальної деформації в солітонному стані з певною постійною швидкістю, меншою від швидкості звуку (саме тому солітон не випромінює звукові хвилі, а, отже, його енергія зберігається).

Модель давидовських солітонів була застосована для пояснення цілої низки явищ, зокрема, моделі скорочення м'язів, для пояснення анестезуючої дії деяких препаратів, нетеплового резонансного впливу електромагнетних випромінювань, особливостей спектрів і кінетики процесів стимульованої люмінесценції простих біологічних об'єктів і багатьох інших явищ, про що йшлося на Київській конференції.

## „МОЄ ХОБІ – НАУКА”<sup>1</sup>

**Анатолій Загородній,**

*член-кореспондент НАН України,  
директор Інституту теоретичної фізики  
ім. М.М. Боголюбова НАН України*

1972 року після закінчення Харківського університету мене скерували на роботу до Інституту теоретичної фізики АН УРСР як стажист-дослідника. Отримання такого скерування стало можливе завдяки підтримці мого вчителя, професора Івана Петровича Якименка. Слід зауважити, що на той час для молодих людей, які лише розпочинали торувати свій шлях у науку, Інститут теоретичної фізики сприймався як один з провідних центрів теоретичної фізики у світі, працювати в якому було почесно й відповідально. Передусім, це визначалося тим, що з Інститутом

були пов'язані імена цілої плеяди видатних науковців – академіків М.М. Боголюбова, О.С. Давидова, О.С. Парасюка, О.З. Петрова, член-кореспондентів АН УРСР О.Г. Ситенка, В.П. Шелеста, І.Р. Юхновського. Для випускників університету ці імена звучали як щось неймовірно фантастичне, адже вони були пов'язані з найновітнішими досягненнями теоретичної фізики, а підручники та монографії провідних науковців Інституту були для нас першоджерелами знайомства з новими розділами цієї науки. Зрозуміло, що для тих з нас, хто не працював безпосередньо

<sup>1</sup>Із книги спогадів „Воспоминания об Александре Сергеевиче Давыдове”/За редакцією В. Локтєва. – Київ: видавництво Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАНУ, 2002. 290 с.



До 90-річчя від дня народження Олександра Давидова

під керівництвом цих видатних учених, не надто часто випадала нагода зустрічатися, а тим більше спілкуватися і дискутувати з ними. Тому ми раділи кожній нагоді якомога більше дізнатися про життя і творчість наших видатних колег.

Скласти справжнє уявлення про творчий шлях і науковий доробок Олександра Сергійовича Давидова я зміг під час святкування його 60-річного ювілею у грудні 1972 року. Звичайно, на той час я вже досить ґрунтовно простудіював підручник О.С. Давидова „Квантова механіка”, знав про „давидовське розщеплення” і теорію „неаксіальних ядер Давидова-Філіпова”, і добре розумів, що Олександр Давидов є видатним фізиком-теоретиком. Але лише під час святкування згаданого ювілею я почав усвідомлювати, наскільки це велична постать і наскільки велика повага до нього світової наукової спільноти.

Невдовзі Олександр Сергійович став директором нашого інституту, а мої зустрічі з ним були епізодичними і залишалися, як і мусило бути, в межах стосунків „директор – молодший науковий співробітник”. По-справжньому я познайомився з ним у вересні 1979 року, коли Олександр Сергійович запропонував мені тимчасово виконувати обов’язки ученого секретаря інституту. Згодом, у травні 1980 року я обійняв цю посаду як постійну і від того часу до квітня 1988 року мав честь бути помічником Олександра Сергійовича з питань науково-організаційної роботи.

Згадуючи шлях, пройдений поряд з Олександром Сергійовичем, насамперед зазначу, що попри велику кількість науково-адміністративних обов’язків (директор Інституту, голова секції фізики Комітету з Державних премій УРСР, голова Наукової ради з проблем „Ядерна фізика” АН СРСР, член деяких редколегій і багато інших) для Олександра Сергійовича основною справою його життя завжди залишалася наука. Можливо через це він ніколи не намагався контролювати всі сторони діяльності Інституту. Він залишав за собою визначення наукової стратегії Інституту і цікавився насамперед результатами наукової діяльності підрозділів. Решту ж адміністративних питань, що не були безпосередньо пов’язані з наукою, він передоручав своїм заступникам і помічникам. І мабуть не в останню чергу завдяки такій органі-



*Директор Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова, член-кореспондент НАН України Анатолій Загородній і президент НАН України, академік Борис Патон біля погруддя Олександра Давидова*

зації своєї роботи він зміг продовжувати свою надзвичайно активну наукову творчість, на якій майже не позначалася адміністративна завантаженість.

Будучи цілковито поглинутий науковою роботою на запитання „Яке Ваше хобі, Олександр Сергійовичу?” – він завжди відповідав: „Моє хобі – наука”. Звичайно, це не означало, що він нічим більше не займався (зокрема, досить багато часу присвячував підтримці доброї фізичної форми – грав у теніс, плавав, доки дозволяло здоров’я, ранком обов’язково бігав чи ходив), але основний час проводив за робочим столом і вишукував всі можливості для наукової праці.

В оцінках наукової діяльності своїх близьких і далеких колег Олександр Сергійович насамперед керувався науковою цінністю отриманих результатів, а не важливістю проблеми, якої ці результати стосувалися. Неодноразово підкреслював: „Важливість тієї чи іншої наукової проблеми не може виправдовувати відсутність результату”. Саме наукова новизна і змога зрозуміти цікаві, але ще не пояснені явища, завжди були для нього на першому місці. Врешті-решт це і визначало його ставлення до колег-фізиків. У стосунках з людьми був рівний і не виказував зверхності. Головне було

*До 90-річчя від дня народження Олександра Давидова*

говорити про справу. На обговорення наукових проблем він ніколи не шкодував ні зусиль, ні часу.

Особливу вимогливість Олександр Сергійович виявляв до себе, готуючись до виступів на семінарах і конференціях. Мені доволі часто доводилося супроводжувати Олександра Сергійовича в його поїздках до Москви, Харкова, Тбілісі, Дубни. І я неодноразово був свідком того, як Олександр Сергійович, хоча й не дуже, та все ж хвилювався перед доповіддю. Він ніколи не був байдужим доповідачем і завжди намагався передати аудиторії частину свого щирого захоплення науковою проблемою, про яку розповідав. І звичайно, доповіді його були вдалимими і захоплювали слухачів. Так було й на міжнародних конференціях, і на семінарах відділу в Інституті.

Олександр Сергійович був пунктуальною людиною і вимагав цього від своїх помічників. І не важливо, з ким він домовився про зустріч – з високим посадовцем чи своїм підлеглим – можна було бути впевненим, що Олександр Сергійович буде вчасно.

Як людина, в якій за плечима були нелегкі роки (робота слюсаря на заводі АМО, навчання на рабфаці та в університеті, евакуація в Башкирію, важкі повоєнні умови), він не був вибагливим щодо побутового комфорту – йому вистачало мати досить скромні умови для роботи – стіл, шафа, зручне крісло, все решта не так вже багато важило для нього.

Олександр Сергійович був відвертою і прямою людиною, не схильною до надто дипломатичних методів ведення бесіди. Завжди чітко й однозначно формулював свою позицію і потім наполегливо відстоював її, не зважаючи на посаду і науковий ранг співрозмовника. Пригадую, як одного разу Олександра Сергійовича викликали до ЦК Компартії України. Йому запропонували переглянути свою пропозицію щодо призначення заступником директора з наукової роботи Віктора Яковича Антонченка (на той час кандидата наук) і підібрати іншу кандидатуру. Олександр Сергійович рішуче це відкинув і наполіг на своєму. Я впевнений, що люди, які знають як готувалися питання в ЦК, усвідомлюють, наскільки непросто було піти на заперечення і домогтися свого. І подібних прикладів було досить багато. В цьому

сенсі Олександр Сергійович був „незручною людиною”, з якою дуже важко було домовитись, якщо він мав власну думку і не поділяв ту чи іншу пропозицію. Часом міг бути дещо різким у висловлюваннях, але це траплялося саме тоді, коли робилася спроба вплинути на його позицію без відповідної аргументації. По суті така реакція була підтвердженням прийнятих ним рішень, які він майже ніколи потім не змінював. За весь час роботи з Олександром Сергійовичем можу пригадати всього кілька таких випадків, та й то викликаних досить жорсткими обставинами.

Олександр Сергійович не дозволяв собі зверхності щодо підлеглих, чи будь-кого іншого. Був доступним для співробітників і доброзичливим при випадкових зустрічах. Часом викликало подив те, що він протягом багатьох хвилин дає пояснення випадковому перехожому, який звернувся до нього з проханням допомогти знайти якусь вулицю.

Багато уваги приділяв вихованню наукової зміни і підтримував своїх учнів, якщо вважав, що вони такої підтримки заслуговують. А критерієм для цього, як вже зазначалося, було визнання ним результатів їхньої праці. Водночас міг повестися досить жорстко навіть зі своїми учнями, коли бачив, що хтось перестав плідно працювати. І якщо в силу тих чи інших обставин виникала потреба проведення скорочення штатів в Інституті, він починав зі свого відділу, звільняючи тих, хто на його думку працює нерезультативно.

Олександр Сергійович був величною постаттю в науці, але був він і земною людиною, а отже, як і всі люди, мав свої сильні і слабкі сторони. Мав прихильників і опонентів. Але всі, хто знав Олександра Сергійовича, не могли не визнавати силу його характеру і непересічність таланту. Він безумовно був один з тих, чийми зусиллями було створено низку нових напрямів теоретичної фізики ХХ сторіччя. Він був людиною науки.

Цілком природно, що Національна академія наук України встановила премію імені О.С. Давидова за праці в галузі теоретичної фізики. Лавреатами цієї премії стали академік НАН України О.І. Ахієзер, доктори фізико-математичних наук М.Ф. Шульга і Ю.А. Бережний (2000) та Е.Г. Петров і О.О.Єремко (2002).





## До 75-річчя від дня народження Мотрі Василівни Братійчук

*Мотря Василівна Братійчук народилась 8 вересня 1927 року в с. Верба Дубнівського району на Рівненщині. Вона закінчила Київський університет імені Т. Шевченка та аспірантуру. Після закінчення аспірантури 1956 року розпочала роботу в Ужгородському університеті. Від травня 1957 року вона – викладачка кафедри загальної фізики, а у вересні М. Братійчук відкрила пункт спостереження штучних супутників Землі в Ужгороді. Висока якість і точність візуальних спостережень сприяла тому, що вже 1958 року, станція в Ужгороді була в мережі міжнародного співробітництва, яке передбачало вирішувати актуальні прикладні та фундаментальні завдання астрономії, геофізики, геодезії та фізики атмосфери. На базі станції спостереження штучних супутників Землі 1969 року була створена Лабораторія космічних досліджень. У цій Лабораторії 1972 року вперше в країні була здійснена лазерна локація штучних супутників Землі. У 1970-х роках М. Братійчук з колегами розпочала в Ужгороді фотометричні дослідження небесних об'єктів.*

*Науково-педагогічна діяльність М. Братійчук загальноновизнана. Вона була лавреатом премій АН СРСР та Української астрономічної асоціації, була членом Міжнародного астрономічного союзу, почесним членом Української астрономічної асоціації, 1997 року визнана „Ветераном космонавтики”.*

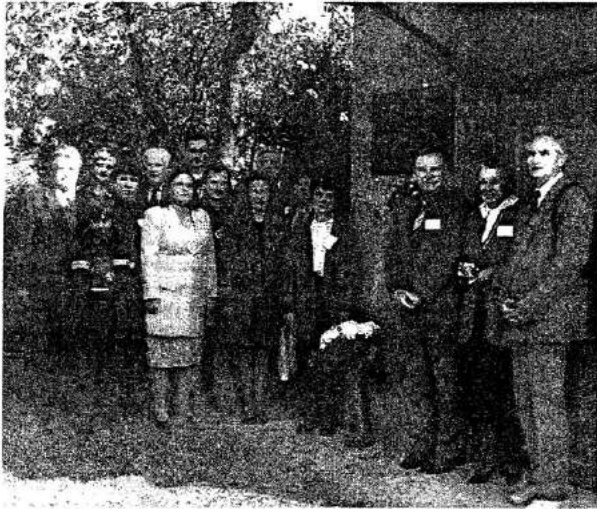
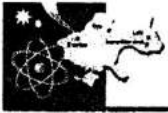
*Її ім'ям названо малу планету Сонячної системи, яку відкрили 24 вересня 1976 року у Кримській астрофізичній обсерваторії і яка зареєстрована 26 листопада 1996 року у Міжнародному каталозі за № 3372.*

*Мотря Василівна Братійчук померла 4 квітня 2001 року в м. Ужгород.*



## СЛОВО ПРО ВЧИТЕЛЯ І КОЛЕГУ

4 жовтня 2002 року виповнилось 45 років від дня запуску першого в світі штучного супутника Землі. А майже місяць перед тим (8 вересня 2002 року), виповнилось би 75 років Мотрі Василівні Братійчук, організаторові та довголітньому керівникові станції спостереження штучних супутників Землі Ужгородського університету. В Ужгороді був проведений Науковий міжвідомчий семінар з питань спостережень штучних супутників Землі, присвячений цим ювілеям. Організатори доклали чимало зусиль, щоб гідно відзначити ці важливі не лише для ужгородських астрономів, а й для всіх, хто займається спостереженнями штучних супутників Землі, дати. Колишні учні Мотрі Василівни, а нині працівники Лабораторії космічних досліджень Ужгородського націо-



*Учасники Наукового міжвідомчого семінару з питань спостережень штучних супутників Землі біля таблиці на честь Мотрі Братійчук (Ужгород, жовтень 2002 року)*

нального університету запропонували представникам обсерваторій України, обговорити питання, яким було минуле, є сьогодення та що може чекати спостерігачів штучних супутників у майбутньому. Доповіді учасників конференції, жваві дискусії висвітили здобутки в минулому, складний сучасний стан та не дуже обнадійливе майбутнє. Усі присутні зазначали, що якби сьогодні можна було вибрати такого лідера, яким була Мотря Василівна, то майбутнє було б світлішим.

Від 1957 року для спостерігачів штучних супутників Ужгород однозначно асоціювався із прізвиськом Братійчук. Саме вона організувала станцію спостереження штучних супутників в Ужгороді.

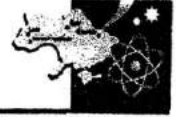
Після закінчення Київського університету Мотря Василівна приїхала в Ужгород, у місто, яке полюбила та яке вважала своїм рідним, де провела все своє життя до моменту, коли її покликав Всевишній 4 квітня 2001 року.

Я вперше зустрілася з Мотрею Василівною ще студенткою третього курсу, на конференції, присвяченій спостереженню супутників. Вона була вже визнаним ученим, а я – студенткою. Тоді не думалось, що колись багато років пізніше буду її аспіранткою, а згодом і приятелькою.

Наше ближче знайомство відбулося 1971 року, коли я приїхала до Ужгорода, плануючи вступити до аспірантури до Мотрі Василівни. Я дуже хвилювалась і не знала, що вона мені скаже. Однак Мотря Василівна, поговоривши зі мною, запропонувала мені тему досліджень: „Фотометрія штучних супутників Землі”. Цим вона визначила мої наукові зацікавлення на все життя. Тепер, уже сама досвідчений учений, я можу так сказати.

Наші взаємини склались по-різному – були суперечки і дискусії, довгі вечірні розмови, навіть визнання. Мотря Василівна була дуже активною в усьому – науковій діяльності, популяризації астрономії, педагогічній праці. Це залишало її дуже мало часу для приватного життя. Яскрава непересічна особистість, вимоглива до себе й інших, великий ентузіаст і романтик, вона все життя поклала на вівтар української освіти та науки. Найяскравішим визнанням її заслуг для науки є те, що 1996 року Міжнародний астрономічний союз присвоїв їй ім'я астероїдові за номером 3372.

Мотря Василівна читала дуже багато різних астрофізичних курсів, лекцій для студентів і для того, щоб ці лекції були на належному сучасному рівні, щоліта їхала в Кримську астрофізичну обсерваторію, щоб попрацювати в бібліотеці, поспілкуватися і взагалі „щоб почути щось нове, щось цікаве і розповісти про це своїм студентам” (як вона сама говорила). Вона також спонукала своїх співробітників брати участь у різних конференціях, а згодом обговорювати почуте. До студентів вона ставилась вимогливо, однак допитливі, акуратні студенти могли завжди розраховувати на її підтримку. Вона домагалась, щоб здібні студенти мали змогу виконувати курсові і дипломні роботи у провідних обсерваторіях України, Росії. В Ужгородському університеті підготовлено понад 300 фахівців із спеціалізації астрофізика, яку започаткувала Мотря Василівна. Під її керівництвом захистили шість кандидатських дисертацій (серед них і я). Її учнями є два член-кореспонденти: НАН України (завідувач відділу Головної астрономічної обсерваторії НАН України Роман Іванович Костик) та Російської АН (директор Спеціальної астрофізичної обсерваторії



*Учасники спільного спостереження штучних супутників Землі (Ужгород, березень 1977 року). Зліва направо: І.І. Вовчик (ФМІ АН України, Львів), М.В. Братійчук, С.М. Кияшко (проректор з наукової роботи Ужгородського державного університету), Р.Ф. Федорів (ФМІ АН України, Львів), Є.Б. Вовчик (автор цієї статті)*

РАН, доктор фізико-математичних наук Юрій Юрієвич Балега).

У науковому доробку Мотрі Василівни понад 120 наукових праць – методичних напрацювань, статей у найпрестижніших наукових журналах. Переважно це праці про оптичні спостереження штучних супутників Землі, результати їхньої інтерпретації, підвищення точності спостережень та можливості їх застосування у різних галузях народного господарства та науки. Однак багато уваги (особливо в останні роки життя) Мотря Василівна приділяла екології. Вона бачила і добре розуміла, що господарська діяльність людей часто призводить до незворотних процесів у природі. На такі висновки її наштовхувала сама природа, спостерігати яку Мотря Василівна любила під час своїх самотніх прогулянок у лісі.

Окрема тема – це Мотря Василівна і книжки, які вона любила понад усе у світі. І не було для неї кращого подарунка за книжку. У її приватній бібліотеці були книжки дуже різні за жанром. Вона читала і фантастику, і філософські трактати, а також історичні книжки. Особливо любила книжки про історію України, оскільки чимало довелось витерпіти і їй самій – її батько загинув у концентраційному таборі. Мотря Василівна любила все прекрасне, музику, малярство, гарну поезію. Часто сама бралася за перо, щоб писати не лише наукові праці, а й короткі художньо-філософські нариси. Її завжди приваблювали таємниці людських відносин і хоча сама Мотря Василівна не мала сім'ї, вона добре розуміла всю складність подружнього життя і вміла дати добру пораду.

Мотря Василівна була жінкою і ніщо жіноче, не було їй чуже. Вона любила гарно вдягатися і, маючи добрий смак, робила це дуже вдало. Я часто свідомо чи ні копіювала її сукні, чи блузки. Зрештою, так робили багато з колег чи студенток, не лише я. Їй це подобалось, бо це було виявом захоплення та пошани.

І тепер, повернувшись з ювілейного семінару, в мене переплітаються спогади останнього перебування в Ужгороді, з тими давнішими, коли ще була Мотря Василівна. Жоден семінар не проходив без її доповіді. І тепер всім бракувало її присутності. Не мають рації ті філософи, які кажуть, що роль особи в історії не важлива. Є особи, яких замінити не можливо і пам'ять про яких живе постійно в душах друзів, колег, учнів, чи просто випадкових знайомих. Саме такою була Мотря Василівна Братійчук. І я сподіваюсь, що і на наступному ювілейному семінарі, коли відзначатимуть 50 років від дня запуску першого супутника, її духовна присутність відчуватиметься.

**Єва Вовчик,**  
Львівський національний університет  
імені Івана Франка,  
астрономічна обсерваторія

**УВАГА:** У редакції журналу „Світ фізики” змінено номер телефону.  
Новий номер телефону – (0322) 96 46 73.



До 100-річчя від дня народження



# Біля джерел фізики твердого тіла

Ярослав Довгий,

професор Львівського національного університету імені Івана Франка

*Остап Стасів  
(1903–1985)*

*Кожен повинен робити те, на що є найздібніший.*

Остап Стасів

У день Нового 2003 року виповнилося 100 років від дня народження видатного українського фізика Остапа Стасіва. Він був дійсним членом Наукового Товариства ім. Шевченка (НТШ), дійсним членом Українського інженерного товариства, почесним членом Німецького фотографічного товариства. Був засновником і директором Інституту кристалофізики в Берліні, одним з фундаторів міжнародного фізичного журналу „Physica Status Solidi”. Блискучий педагог і наставник наукової молоді. Створив наукову школу з кристалофізики, залишив велику наукову спадщину.

Донедавна про цього вченого в Україні нічого не знали. Лише в січні 1993 року комісія фізики НТШ уперше згадала про нього, провівши у Львівському національному університеті імені Івана Франка науковий семінар.

Остап Стасів народився у с. Борщовичах, що неподалік Львова (Пустомитівський район). Спочатку він навчився у народній школі, а згодом – в Українській гімназії у Перемишлі, яку закінчив з відзнакою 1921 року. Після гімназії хлопець записався на студії до Українського таємного університету у Львові, який щойно розпочав роботу завдяки зусиллям прогресивних науковців. Та незабаром польська влада

заарештувала Остапа Стасіва за спротив окупантам. Чекаючи вироку, йому вдалося втекти з-під варти і за підробленими документами виїхати до Гданська на судоверф. Там він працював декілька місяців, поки Український Студентський Комітет домогся внесення його до списку осіб, рекомендованих на навчання за кордоном. У 1923 році О. Стасів вступив до Берлінського університету на фізичне відділення, де слухав лекції Макса Планка, Альберта Айнштейна, Макса фон Лауе, Петера Прінгсайма та ін. корифеїв фізичної науки. Після закінчення навчання від 1927 року поглиблював свою спеціальну освіту в Інституті фізики Гессенського університету під керівництвом проф. Вальтера Боте (майбутнього лауреата Нобелівської премії), де в листопаді 1929 року здобув ступінь доктора філософії.

Дисертація була присвячена експериментальним дослідженням повного внутрішнього відбивання світла на межі поділу двох середовищ. Праця незабаром була опублікована та отримала схвальний відгук фізиків.

Основні наукові зацікавлення Вальтера Боте стосувалися ядерної фізики та фізики космічних променів (науковець отримав Нобелівську премію 1954 року). О. Стасіва більше вабили проблеми фізики твердого тіла. Через два роки в Геттінгенському університеті Роберт Поль розпочав цікаві дослідження центрів забарвлення в лужно-галоїдних кристалах. Ці кристали виявилися зручними модельними об'єктами для вивчення фізичних явищ у



твердих тілах, зокрема, оптичних та фотоелектричних властивостей. Експериментальний матеріал такого характеру був вкрай потрібний для перевірки засадничих концепцій квантової механіки, теорії, яка саме в ті роки набувала логічно завершених обрисів. Професор Поль, зустрівшись з доктором Стасівим, після співбесіди, запросив його в свою лабораторію.

У 1931 році О. Стасів став науковим співробітником Першого фізичного інституту при Геттінгенському університеті. Так почалася нова сторінка у його творчій біографії.

Ритм життя Геттінгена – цієї наукової столиці Європи – треба було б зобразити багатогранно, динамічно. Звичайно, ми цього не подужаємо, бо то мав би бути почерк письменника. Це той випадок, коли, за висловом Оскара Вайльда, зображення може замінити аналіз.

Вечорами у кав'ярнях – творчі зустрічі, імпровізовані семінари, нескінченні дискусії. Зранку студентство та науковці мали свої турботи: хто поспішав на лекції, хто – до бібліотеки чи в лабораторії. Майже щотижня на наукових семінарах інститутів і факультетів виступали „світила” з різних країн. Приїжджали і від'їжджали стажисти. Вражаючий потік наукових журналів. Панував великий творчий ентузіазм.

„У Геттінгені я провів найкращу частину свого життя, – згадував 1980 року Остап Стасів, – бо мав нагоду навчитися, як маю мислити і розв'язувати нові проблеми. Працювало немало славних людей – Борн, Франк, Нордгайм, Гайтлер, Лондон, Теллер, з яким я особливо часто дискутував. Гайтлер, наприклад, не мав особливих педагогічних здібностей, водночас Теллер був експериментально націленим фізиком, який, проте, любив теорію, що виявилось під час висвітлення концепції Гайтлера-Лондона. Не лише багато дечому я навчився від цих людей, з якими спілкувався, а й – а це було для Геттінгена властиве – я також навчався, як можна за допомогою того, що людина знає, створити щось нове. А в Німеччині було хіба кілька місць з такою можливістю, наприклад, Берлін і Мюнхен, але Геттінген був тут зразком.” І далі: „Я залишив посаду із зарплатнею 400 марок і почав працювати у професора Поля, отримуючи 80 марок щомісячно. Бачите, який ідеалізм. У Роберта Поля якраз досліджували найпростіші йонні кристали. Я мав дослідити рухливість йонів TI у лужно-галоїдних кристалах з домішкою TI.

Philosophische Fakultät der Ludwiguniversität zu Gießen

Auf Befehl der zweiten Abteilung der Philosophischen Fakultät und mit Zustimmung des Rektors ernennt der Dekan den Herrn

**Ostap Stasiv**

geboren in Borschibenschynski (Rußland)

auf Grund guter bestandener Prüfung nach Veröffentlichung seiner Schrift

„Messungen des bei der Totalreflexion in das zweite Mittel einfallenden Lichtes“

zum

**Doktor der Philosophie**

Zum Zeugnis dessen ist diese Urkunde angefertigt und von Rektor und Dekan unterzeichnet worden

Gießen, am 25. November 1929

Der Rektor  
Dr. Wegmann



Der Dekan  
Dr. Haack

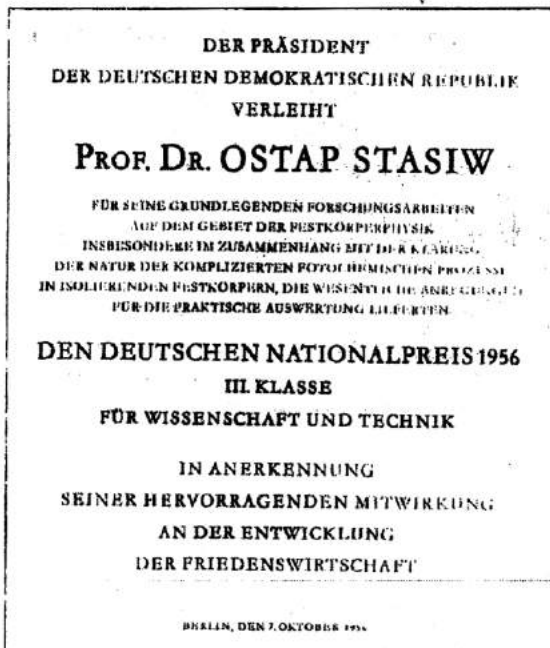
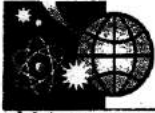
*Диплом доктора філософії Остапа Стасіва*

Ця проблема була сформульована не зовсім правильно, але я спостерігав явище, яке мене надзвичайно зацікавило – рухалися не йони TI, а центри забарвлення. Тоді з'явилося моє натхнення до йонних кристалів, коли я зауважив, що можу керувати рухом електронів у них. Це було на той час справжнім дивом. Це було щось зовсім нове, а мене завжди цікавило якраз щось нове. Бо про все інше, зрештою, можна прочитати у книжках.”

Геттінгенський період був особливо плідним для доктора Стасіва, 1932 року він відкрив явище переміщення центрів забарвлення під впливом електричного поля. Ця відома праця не втратила своєї вартості й досі. Явище міграції центрів забарвлення, яке вперше спостерігав і вивчав О. Стасів, викликало велике зацікавлення у фізиків. Професор Поль високо оцінив цю працю. По суті, було започатковано новий напрям у фізиці твердого тіла – вивчення кінетичних параметрів дефектів, їх температурних і польових залежностей.

У Львові Остапа Стасіва обрали членом Українського інженерного товариства та дійсним членом Наукового товариства ім. Шевченка. Свої наукові праці він публікував у центральних фізичних журналах Європи, а також у Збірнику математично-природописно-лікарської секції НТШ.

У травні 1932 року у Львові відбувся Перший Конгрес українських інженерів. Доктор Стасів надіслав на цей конгрес реферат „Модуляція світла при помочи кер-ефекту” (Технічні Вісти. 1932. Т. 8. С. 108, 146). До речі, сьогодні, коли щораз більшого поширення набувають світловолоконне кабельне телебачення і зв'язок, ця проблема стала особливо актуальною. Багато зусиль докладається



*Диплом лавреата Німецької національної премії проф. Остапа Стасіва*

для пошуку ефективних матеріалів для лазерних модуляційних пристроїв.

Без сумніву, Остап Стасів став би професором Геттінгенського університету, якби не погіршилася політична ситуація в Німеччині. Незважаючи на те, що професор Поль допоміг Стасіву отримати громадянство, усе ж в університеті не можна було залишатися. У 1937–1945 роках він працював керівником лабораторії фірми Цайс у Дрездені.

Остап Стасів 1937 року одружився з Терезою Стефен, а 1938 року у них народилася донька Марія-Луїза, яка пішла слідами батька і також стала фізиком.

Дрезденська фірма „Zeiss Ikon” була однією з перших в Європі, де ще від 1920-х років приживався новий стиль організації науки, який нині прийнято називати „американським”. Він полягає в тому, що найновіші наукові напрацювання відразу впроваджуються у виробництво. На той час попит на матеріали для фотографії та кінематографії різко зростає. Фірма процвітала. Але виникла проблема, як збільшити чутливість фотографічних плівок, особливо для кіно. Завдяки цьому О. Стасіву вдалося 1938 року заснувати й очолити дослідницьку лабораторію при фірмі. Головною метою робіт було поліпшити фотографічні плівки фірми „Zeiss Ikon” з використанням методик досліджень, які розробила наукова школа Р. Поля

для вивчення галогенідів срібла, що упродовж подальших 30 років стало основним напрямом досліджень Остапа Стасіва. Розгляньмо їх докладніше.

Проблема світлочутливості реєструючих фото-матеріалів – одна з головних ще від часу винайдення фотографії та кінематографії. Вона безпосередньо пов’язана з механізмом виникнення прихованого фотографічного зображення, бо лише глибоке вивчення останнього дає змогу цілеспрямовано змінювати параметри фотоемulsій.

Поряд з практичним значенням, такі дослідження мають надзвичайно важливе значення для кристалофізики і фотохеїмії реєструючих середовищ. Це підтвердив досвід багаторічних досліджень напівпровідникових і діелектричних кристалів, а останнім часом також високотемпературних надпровідників. Що спільного з фізичного погляду? По-перше, вирішальна роль електронних та йонних процесів у перетвореннях енергії світлових збуджень; по-друге, роль домішок, дефектів та різних центрів у механізмах цих перетворень. У такому аспекті наукові праці Остапа Стасіва мають цінність не лише для теорії фотографії. Вони актуальні для фізики матеріалів, що використовується у різних приладах сучасної твердотільної електроніки.

Перші досліди Стасіва у лабораторії в „Zeiss Ikon”, яку він створив, були присвячені вивченню кристалів галогенідів срібла, зокрема, фотохромним процесам у цих кристалах з домішкою сульфідів срібла, рухливість електронних дефектів, вплив кисню, експерименти щодо виготовлення нових срібногалогенідних емульсій.

Особливо важливе значення мав цикл досліджень, які О. Стасів розпочав 1939 р. із своїм учнем і співробітником Й. Тельтовим. Ці дослідження заклали підмурівок для розроблення концепції центрів прихованого фотографічного зображення та механізмів їх утворення. Вони виявили двояку роль домішок, утворення комплексних (колоїдних) дефектів, роль явищ фотолізу, роль так званих носіїв діркового типу тощо. Тому ці дослідження набули загальнонаукового визнання.

Експерименти Стасіва і Тельтова, а також модель, яку вони запропонували, стали відправним пунктом для удосконалення теорії Н. Мотта і Р. Герні, а також для започаткування циклу досліджень з цієї проблеми, яку виконав американський дослідник Дж. Мітчелл.



Війна та її наслідки (повітряні атаки на Дрезден, неодноразовий вимушений демонтаж лабораторії, відхід працівників) неймовірно ускладнювали, але не спинили дослідницької праці.

Коли 1947 року лабораторія Стасіва увійшла в структуру новоствореної Німецької Академії Наук та отримала статус інституту („Інститут досліджень твердого тіла Німецької Академії Наук – Дрезденське відділення), то робота поживилася. Цікаві результати були одержані під час вивчення дефектів кристалічної ґратки (т. зв. дефекти Френкеля, Шоткі, Вагнера та ін.) і дефектних конгломератів, у створенні їхніх кількісних моделей, а також у вивченні йонної провідності кристалів.

Того ж 1947 року О. Стасів став професором Дрезденського технічного університету (політехніки), де працював двадцять років (аж до виходу на пенсію 1968 року). Читав лекції з різних розділів фізики (теорія атомів, статистична фізика), але особливий успіх у студентів та наукових співробітників мали курси з фізики твердого тіла і з теорії складних дефектних центрів у домішкових йонних кристалах. Останні відзначалися оригінальністю, новизною і притаманною проф. Стасіву глибиною висвітлення фізичних процесів і механізмів явищ. Професор щедро передавав свої ідеї молодим науковцям. Багато з них стали його дипломниками і згодом захистили дисертації. Так формувалася наукова школа Остапа Стасіва з кристалофізики.

На базі Дрезденського філіалу 1951 року О. Стасів заснував у Берліні Інститут кристалофізики Німецької академії наук. Почалася розбудова експериментальної бази інституту: створення лабораторій та установок для дослідження фотопровідності, фактора діелектричних втрат, трекової дифузії (за допомогою радіоактивних ізотопів), оптичного поглинання та люмінесценції, імпульсного фотолізу, ядерного магнетного резонансу, електронного парамагнетного резонансу тощо.

Були створені виробничі майстерні і мале дослідне виробництво для виготовлення оригінальних пристроїв і приладів, організовано технологічну базу для вирощування монокристалів, як чистих, так і з домішками. „Під час будівництва інституту, – згадував О. Стасів, – я намагався, долаючи зовнішні труднощі, впроваджувати геттінгенські методи, бо знав, що звичайно вони себе проявлять. Я вишукував співпрацівників, від яких міг і сам

учитися. Не хотів лише давати, але й щось зискати, старався про взаємодію, стимулював молодих і старших. Я радів мудрим людям, які знали більше, ніж я. А таких я намагався знайти.”

„О. Стасів, – згадував Й. Тельтов, – завжди звертав увагу на талант, на наукові досягнення, уважність і наполегливість, тобто на суть справи, але ніколи – на зовнішню форму. Самовпевнений виступ, театральну пишність і письменницьке самозображення – це йому не імпонувало. Водночас це захищало його від розчарувань.”

Інститут, який заснував професор О. Стасів, успішно працював та розвивався. Уперше на той час у Східній Німеччині вдалося одержати зріджений водень, згодом – гелій з використанням зріджувальних установок та кріостатів власної конструкції.

Досліди при низьких температурах давали змогу отримувати все точнішу картину фізичних явищ у кристалах, насамперед у галогенідах срібла ( $\text{AgCl}$  та  $\text{AgBr}$ ), легованих різними домішками.

Завидатні заслуги у розвитку науки для мирних цілей 7 жовтня 1956 року професорові д-ру Остапу Стасіву була присуджена Німецька національна премія III класу з науки і технологій. У дипломі записано: „За його основоположні дослідницькі праці в галузі фізики твердого тіла, зокрема, у зв'язку з вивченням природи складних фотохімічних процесів у неспровідних твердих тілах, які дали поштовх для практичного використання”. Очевидно, йшлося насамперед про удосконалення характеристик фотографічних матеріалів.

У 1950-х роках інститут О. Стасіва став відомий в Європі як центр кристалофізичних та низькотемпературних досліджень. Сюди приїжджали гості з університетів та академій багатьох країн. Професор О. Стасів брав участь і виступав з доповідями у багатьох міжнародних конференціях, присвячених проблемам фотографічної науки, фізики твердого тіла та фізики напівпровідників. Жваве зацікавлення викликали його доповіді, зокрема, на конференціях у Геттінгені, Парижі, Амстердамі, Будапешті, Брістолі, Празі, Москві, Цюріху.

Професор О. Стасів, одержавши премію (1956) розпочав будівництво власного будинку в Берліні. Минуло небагато часу – і будинок з великими вікнами, флігелем та гаражем був готовий. Біля будинку посаджено дерева, кущі троянд та інші квіти.



Тим часом його донька Марія-Луїза, батькова улюблениця, закінчувала школу. Вона часто була в лабораторії батька, цікавилася фізикою. Тому вирішила стати фізиком. Вступила до університету. Навчання їй давалося легко. Ще студенткою, розпочала наукові дослідження. Вже 1961 року у журналі „Zeitschrift für Naturforschung” з'явилася її стаття „Вимірювання фактора втрат бромистого срібла з домішками двовалентних аніонів і катіонів”. То був гарний початок. Понад десять праць Марії-Луїзи Стасів опубліковано в журналі „Physica Status Solidi”, засновником і незмінним членом редколегії якого був її батько. Вона захистила дисертацію та отримала ступінь доктора філософії.

У 1959 року у видавництві „Springer” у серії „Структура та властивості матерії” вийшла (як XXII том серії) фундаментальна монографія Стасіва: „Електронні та йонні процеси в йонних кристалах”. У львівських наукових бібліотеках її, на жаль, немає. Донька проф. Стасіва пані д-р Марія-Луїза Дальпке-Стасів люб'язно вислала мені цю книгу, і я передам її до музею НТШ.

Монографія О. Стасіва має понад 300 с. Вона містить 14 розділів, з назв яких видно („Йонні кристали”, „Енергія хемічних зв'язків”, „Дифузійні явища в йонних кристалах”, „Спектри поглинання”, „Електронна будова”, „Фотоелектричні явища”, „Фотохімічні процеси”, „Резонансні явища” тощо), що книга могла б стати навчальним посібником для студентів та аспірантів, які студіюють кристалофізику. У Празі 1963 року академічне видавництво випустило в світ її переклад чеською мовою. „Було б дуже добре, коли б її можна було перекласти українською мовою, – писала мені п. Марія-Луїза в листі від 18.10.1991. – Водночас я вважаю за потрібне переробити певні розділи в світлі нових досліджень. Я думаю, наприклад, про дослідження дефектних станів у галоїдах срібла методом парамагнетного резонансу”.

У біографії 65-річного професора 1968 рік був роком успіхів і тривог. Комплексні дослідження легованих кристалів AgCl, виконані з найактивнішою участю Марії-Луїзи, дали змогу відкрити у них  $Ag^{2+}$ -центри (т.зв. самозахоплені дірки). Вони описані в працях, опублікованих у 25 і 28 томах журналу „Physica Status Solidi” за 1968 рік, і отримали міжнародне визнання. Ця робота викликала неабияке зацікавлення не лише самим результатом, а й методичним підходом, що сприяло

залученню до таких досліджень учених з різних країн. Методологія Стасівих знайшла плідне застосування для інших домішкових кристалів. Вона дає змогу розшифрувати дуже тонкі механізми електронних процесів у діелектричних та напівпровідникових кристалах. Визрівали цікаві концепції, плани нових досліджень, зокрема, низькотемпературних, ідеї теоретичних апробацій запропонованих моделей.

І все ж – тривоги... Хіба можна було їх оминати навіть не політикові, чистому природодослідникові, коли він опинився в країні з тоталітарним режимом, якою була НДР? З цього приводу характерно висловився доктор Тельтов. У листі від 26 серпня 1991 року він мені писав: „Я не можу закінчити, не привітавши Вас, вельмишановний проф. Довгий, і Ваших земляків із щасливим закінченням кризи 19 серпня. Тут всі слідували за цими подіями з острахом і тепер почувають полегшення. Дорога в краще майбутнє – вільна, помимо деяких труднощів і розчарувань. Розвиток подій розгортається так, як сподівався Остап Стасів, навіть якщо за його життя було мало шансів на здійснення. На жаль, його немає серед нас”.

Берлінський мур – цей похмурий символ самоізоляції тоталітаризму – болісно розділяв дві частини Німеччини й Європи. Сім'я Стасівих особливо відчула це тоді, коли Марія-Луїза зазналася з дипломованим інженером із ФРН Гансом Дальпке. Щоб зустрітися з коханим, треба було долати Берлінський мур... „Моє серце деколи протестує, – читаємо в листі Остапа до сестри Ольги від 1 вересня 1968 р. – Я і до цього привик...”

Першого липня 1968 р. професор О. Стасів вийшов на пенсію.

А Марія-Луїза 16 серпня 1970 р. об 11 год. у католицькій церкві Ростдорфа обвінчалася з Гансом-Лютцом Дальпке і в її паспорті замість М. Стасів записали М. Дальпке. Вірна дружина вирішила надати перевагу сімейному затишку. Переїхала до чоловіка в Альфельд, назавше припинивши дослідницьку працю.

Батьки наче осиротіли. Ось, що писав професор Стасів у листі до Ольги 28 жовтня 1970 р.: „Зараз я сам з моєю дружиною, без доньки. Я мушу до цього привикнути, що я її наполовину втратив. Вона мусить свою любов наполовину віддати своєму чоловікові. Це загальна доля, як довго людство існує. Повинність родичів – виховувати дітей, коли вони малі. Однак родичі не мають





*Остап Стасів (праворуч) під час Міжнародної конференції (Париж, 1951)*

права вимагати від дітей, аби вони жили для них до кінця їх життя...”

Особливо важко в ті роки було матері. Стала часто нездужати. Лише згодом, коли підростали внуки, відчувала полегшення.

Батька все-таки рятувало те, що він продовжував займатися фізикою. Стежив за науковою періодикою, часто навідувався в лабораторію до своїх колишніх співпрацівників. Доктор Тельтов, зокрема, писав мені: „Ми з проф. Стасівим весь час підтримували дружні стосунки. Він багато розповідав мені про свою молодість у старій Галичині, а я намагався оживити його спогад, підбираючи і знайомлячись з відповідною літературою. Я роками відвідував його щомісячно вдома, передавав йому листи, книги, наукові спецвипуски, фотокопії статей. Поле наукових інтересів Стасіва виходило далеко за межі вузького зацікавлення йонними кристалами. Залишивши працю в інституті, він продовжував цікавитися новими досягненнями фізики й біології, виходячи із термодинаміки незворотніх процесів. Від термодинаміки до теорії самоорганізації та синергетики, до питань про виникнення життя і еволюцію”.

Професор Стасів був патріотом України. Землю свого дитинства любив щиро. Щоправда, ніколи не рекламував цього. Інтимність цього почуття зумовлювалася, можливо, не тільки чужим оточенням, а й тією внутрішньою цнотливістю і скромністю, що притаманні справжнім інтелектуалам. Після виходу на пенсію відчув особливу тугу за Батьківщиною. „Дуже радо побачив би нашу Галичину, яку я перед 45 роками залишив. Вона,

мабуть, дуже змінилася. Однак боюся, що можу бути розчарованим. Нічого, окрім Тебе і могили наших батьків, там для мене нема, – писав до сестри Ольги 14.09.1968 р. – люди, яких я там можу зустріти, зовсім другі. Велике питання, чи вони мене і я їх буду розуміти. Правда, я там ходив до гімназії, провів мої молоді літа до 20 року життя, однак 45 літ перебував за кордоном. Якщо тільки можливо, буду старатися приїхати до села”.

„Я Тобі вже писав, що хотів би бачити землю, де народився. Який успіх будуть мати мої старання?” (26.09.68).

„Сьогодні дістав повідомлення про дозвіл їхати до Києва. Я там можу відвідати фізичні інститути Академії та університет. Дозвіл дали лише на 7 днів. Відвідати Львівський університет імені Івана Франка дозволу не дістав. Так що моя подорож до Львова поки що ілюзія. Отже, моя дорога Ольго, ми можемо зустрітися лише в Києві”.

Так після 45-річної перерви професор Стасів відвідав рідну Україну, Київ. І найсвятішим місцем, де забажав він зустрітися з сестрою, було місце біля пам’ятника Шевченка.

Ольга приїхала до Києва разом з донькою Лідою. Той тиждень був для них святом. Ольга та Остап не могли наговоритися: згадували дитинство, важкі воєнні та повоєнні роки... Всю турботу за побут вуйка Остапа взяла на себе Ліда.

„Київ справив на мене гарне враження. Однак я не думав, що в Києві так мало людей, які говорять українською мовою” (23.07.1969).

Будучи в Києві, проф. Стасів відвідав Інститут фізики та університет. В Інституті напівпровідників виступив з доповіддю на науковому семінарі. Доповідь він проголосив українською мовою. Ось що згадує Микола Витрихівський, відомий фізик і технолог, лавреат Державної премії України в галузі науки і техніки.

„Тоді влітку в Києві я зустрічався з проф. О. Стасівим. А було так. Він виступав на семінарі у проф. М. Шейнкмана. Я випадково зайшов і звернув увагу, як головуючий намагається доповідачеві задавати питання українською мовою. Це в ті роки вважалося „незвичним”. Після семінару я поцікавився звідки професор родом. Він сказав мені, що вчився в Перемишлі в українській гімназії, а згодом закінчив студії в Німеччині, де тоді (1920-ті роки) фізика, хемія і, відповідно, промисловість були на високому рівні”.



Від Берліна до Ходорова відстань невелика. „При помочи модерної техніки можна літаком летіти тільки одну годину”, – зауважив проф. Стасів в одному з листів. Але в'їзд йому до рідної Галичини заборонений. „Тут є туристика до Ленінграду, Москви і до міст, які далше на Сході, наприклад, можна дістати дозвіл на подорож до Самарканду. Однак до міст, які лежать на захід від Дніпра, таких туристичних подорожей немає. Буду пробувати як приватна людина їхати, однак не знаю, чи вдасться” (лист від 26.04.1970). Не вдалося...

Переїхавши до чоловіка у ФРН, донька опинилася „за кордоном, куди тяжко дістати дозвіл до виїзду. Гризоти є у кожного”, – зізнається сестрі. Отже, ізоляція зі сходу і з заходу. Потрібна стоїчна мужність, щоб зберегти душевну рівновагу. Сад і троянди (їх понад 100), короткі телефонні дзвінки від Марії-Луїзи та рідкісні спілкування з друзями-фізиками – ось коло розрад. Праця над монографією йшла мляво...

У 1974 р. померла сестра Ольга. Старенький професор не зміг приїхати на її похорон. Тепер для нього згадки про рідну землю асоціюються з могилами батьків і улюбленої сестри в селі Жирова біля Ходорова. Важко хворіла дружина. Настала смуга нелегких життєвих випробувань.

„Я відвідав О. Стасіва наприкінці січня і застав його дуже постарілим та ослабленим. Важко, дріботіючи ногами, він повів мене у підвал, щоб показати центральне опалення за допомогою газового пальника. Казав, що після довгих клопотів адміністрація затвердила це. Уперше він згадав про своє здоров'я, а також про послаблену функцію нирок. Прощаючись, він потиснув мені на хвилину руку, наче б не хотів випустити її і мовчки поглянув на мене. Це було прощання назавжди. 19.02.1985 р. Він помер від апоплексичного удару. Дружина пережила його на 6 років.

На задньому краю великого міського кладовища в Альфельді стоїть скромний, світлого кольору, округлий камінь. На ньому чорними літерами написано:

**Проф. Др.  
ОСТАП СТАСІВ  
1903–1985**

Пам'ять про нього ми збережемо у наших серцях”, – завершує свої спогади про О. Стасіва доктор Й. Тельтов.

У некролозі, який вміщений у липневому числі журналу „Physica Status Solidi” (Т. 130, N 1) написано: „Великий учений, щедрий учитель та людина виняткових моральних цінностей залишив наукову співдружність. Всі, хто знав його



*З колегами-фізиками*

особисто, з вдячністю завжди його пам'ятати-муть”.

Нелегка доля професора Стасіва наче віддзеркалює долю української інтелігенції в ХХ сторіччі. Ця доля має навчити нас збагнути цінність власної демократичної державності.

Яким він був, наш славний земляк, яким пишеться як Україна, так і Німеччина? Його найближчий співпрацівник доктор Й. Тельтов писав: „Він був середній на зріст, майже присадкуватий, худорлявий аж до старших літ, дещо сутулий, фігура мало спортивна. Ходив здебільшого у скромних сірих костюмах, говорив тихим голосом. Між людьми він був скромним і не впадав в очі. Обличчя та погляд були здебільшого серйозні. Сіро-голубі очі, вузьке підборіддя виражали рішучість і сильний характер. Я ніколи не чув, щоб він підвищував голос у дискусії зі своїм опонентом. У дебатах при висловлюванні опонентів вагомим критичним зауваженням, яких не можна було заперечити, мав звичку починати переважно такими словами: „Отже, пане Х, хочу вам так сказати...”

Пригадуючи звичай в інституті Стасіва (як відомо, кожна наукова інституція має щось своє, специфічне у науковому побуті), доктор Тельтов писав: „Щорічно проводився веселий святковий Різдвяний Вечір інституту, як це було в Геттінгені, з ялинкою і подарунками, інколи сатиричними і кумедними. Співробітники змагались у поезії та прозі, гуморі, здійснювались магнітофонні записи інтерв'ю про завершення старого року, а згадки про деякі минулі спірні питання викликали сміх.

Він не сприймав тоталітарних ідеологій і політичного тиску і робив все можливе, щоб захистити інститут від їхнього вливу”.

Науковий доробок Остапа Стасіва обширний. Результати його досліджень увійшли до скарбниці світової науки.



## ПОЧЕСНІ ДОКТОРИ ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

11 жовтня 2002 року відомому американському фізику, президентові Вільної української академії наук (США) іноземному членові НАН України, дійсному членові Наукового товариства ім. Шевченка, членові редколегії журналу „Світ фізики” професорові Олексі Біланюку присвоїли звання Почесного доктора Львівського національного університету імені Івана Франка.

Редколегія журналу „Світ фізики” вітає пана О. Біланюка з цим почесним званням. Бажаємо Вам, пане професоре, здоров'я, щастя та творчої наснаги на подальшу працю в ім'я української та світової науки.

# ЗНАННЯ І МУДРІСТЬ<sup>1</sup>

Олекса Біланюк,  
професор (США)

Знання і мудрість – це два головні рушії людства. Та успішні вони лише, якщо вони йдуть у парі. Наприклад, саме знання може принести технологічний прогрес, та без мудрости воно доводить до катастроф – від отруєння питної води – до трагедії Чорнобиля.

Сама ж мудрість без знання – безпомічна, бо без гуманістичного і технологічного знання життя людини примітивне.

У фізиці засяг спроб отримати знання є надзвичайно широким – від субнуклеонних кварків до космічних реліктових променів, від першої пікосекунди існування Всесвіту до його кінця за десятки мільярдів років.

Однак фізиків цікавлять предмети нашого довкілля і пов'язані з ними явища. Саме такі дослідження, звичайно, найшвидше причиняються до розвитку нових технологій. От так у 1920-х роках у лабораторіях компанії „Белл” (штат Нью Джерсі) фізики насміхалися з тих своїх колег, які вивчали властивості германію і кремнію. Їм казали: „Чому ви гайнуєте час так безперспективно? Досліджуйте провідники або ізолятори. А то ви марнуєте час на щось, що ні це ні те, якісь там напівпровідники”. За кілька десятків років ці дослідження лягли в основу сучасної мікроелектроніки.

Інших фізиків цікавлять фундаментальні частинки. Вже розклали атом на ядро й електрони; ядро – на протони і нейтрони; протони і нейтрони – на кварки і глюони. А зараз дошукуються, чи кварки і глюони складені зі ще менших т. зв. „струн” і „мембран”. На пограниччях цих пошуків видніє „всеохопна” теорія взаємодій, яка з'єднала б в одну однісіньку цілість усі відомі нам чотири взаємодії – електромагнетну, слабку ядерну, сильну ядерну і силу тяжіння.

Ще інших фізиків цікавить розвиток Всесвіту, від „первісного вибуху” („Big Bang”), що стався 13 мільярдів років тому, до його кончини, яка настане або у „великому обвалі” („Big Crunch”), або у безмежному розпорощенні. Відповідь на запитання, яким буде кінець Всесвіту матиме практичне значення для жителів Всесвіту хіба за десятки мільярдів років, якщо такі жителі тоді ще існуватимуть.

Та чи взагалі важливо нам, що станеться за мільярди років? Коли дивитися на світ з суто короткочасної, утилітарної перспективи – звичайно, ні. Але потреба бути практичними є лише одним аспектом нашого існування. Цікавість устремління проникнути у те, що нам незрозуміле, є іскрою, яка вивищує нас понад інші створіння. Як казав А. Айнштайн: „Найшляхетнішим і найглибшим почуттям думуючої людини є почуття загадковості. Воно є зародком усієї правдивої науки. Людина, якій це відчуття чуже, яка не здатна дивуватися і в захопленні стояти перед незбагненною величчю природи, така людина немов уже мертва.”

<sup>1</sup>Слово на врученні диплома Почесного доктора Львівського національного університету імені Івана Франка, 11 жовтня 2002 року



Щоб усвідомити, наскільки незбагненою є природа, досить поглянути на декілька припам'ятних моментів у розвитку науки.

Коли Колумб запропонував іспанській королеві, що він допливе до Індії, прямуючи на Захід, бо, мовляв, Земля є кулею, королева скликала чільних учених свого королівства, щоб вони розібралися у Колумбовій пропозиції. Після довгоденних міркувань оця Наукова Рада одногласно зробила ось який висновок:

*„Нічого у нашому знанні не вказує на те, щоб гіпотеза Колумба могла бути правильною. Тому вона мусить бути помилковою.”*

Цей вирок наявно вказує на те, що у XV сторіччі учені були переконані, що все знають про природу світу.

Як не дивно, але подібно було й під кінець XIX сторіччя, коли фізики бідкалися, що Ньютон, Лаплас і Гамільтон вже завершили механіку, а Максвел об'єднав електрику і магнетизм, так що їм не залишилося робити нічого фундаментального, а лише вимірювати з більшою точністю відомі фізичні властивості, такі як швидкість світла, показники заломлення, чи константу тяжіння. А невдовзі після цих нарікань Склодовська-Кюрі відкрила радіоактивність, а Рентген – промені “X”; Резерфорд і Бор розпочали атомну й ядерну фізику; Айнштайн створив теорію відносності; Шредінгер і Гайзенберг розвинули квантову механіку; Дірак запропонував, а Андерсон відкрив цілий новий світ античастинок; а в астрофізиці Леметр, Гамов та інші застосували знання про атоми, щоб з'ясувати розвиток нашого Всесвіту.

І коли вже знов почало виглядати, що у грубших штрихах найважливіше нам уже відоме, астрофізику недавно потрясло усвідомлення, що ми не бачимо навіть 10 відсотків матерії, яка заповнює Всесвіт. Бо, щоб пояснити швидкість обертання галактик, яку ми спостерігаємо, ми мусимо визнати, що понад 90 відсотків усього, з чого складається Всесвіт, ми ще не відкрили. Зараз починаються великі дослідження за тією прихованою масою. Одним з прицілів таких пошуків є теоретично передбачений світ *суперсиметричних частинок*. Для пересвідчення, чи такі справді існують, у Женеві будують новий надпотужний прискорювач “LHC” (Large Hadron Colli-

der). Його планують запустити 2007 року, і тоді ми дізнаємось чи поряд з нашим світом існує ще інший, „прихований” від нас суперсиметричний світ.

Більшість таких езотеричних досліджень учені виконують, переважно, щоб заспокоїти свою доглибинну цікавість. Фауст Йоганн Вольфганг Гете готовий був віддати свою душу за пізнання:

*“Dass ich erkenne was die Welt  
Im innersten zusammenhält.  
Schau' alle Wirkenskraft und Samen  
Und tu' nicht mehr in Worten kramen.”*

У вільному перекладі українською:

*„Щоб я пізнав усі ці сили,  
Що весь наш світ в одне злучили.  
Щоб всі причини зрозумів  
І більш не сів пустих слів.”*

Проте історія досліджень вказує, що усі фундаментальні пошуки, навіть такі, що, на перший погляд, найвіддаленіші від практичних потреб, приносять людству користь, як ми це бачили у прикладі напівпровідників. Подібно відкриття загадкових античастинок уже уможливило спорудження надпотужних прискорювачів, а на тому ж принципі на горизонті уже зарисовуються конкретні надпотужні двигуни для міжзоряних польотів.

На обрїях фізики уже майоріють нові технологічно перспективні досягнення. Між ними можна назвати:

- відкриття вже згаданих суперсиметричних частинок;
- підтвердження існування містерійної *n'ятої* сили;
- знайдення частинок швидших від світла;
- та ще цілу низку подібних фантастичних передбачень.

Можна вірогідно надїятись, що висліди цих візій відкриють нові, непередбачені користі для людства. Це добре розуміють технологічно розвинені держави і відносно щедро фінансують фундаментальні науки. В Америці кажуть: „Ми даємо на науку не тому, що ми багаті, ми багаті тому, що даємо на науку.”

Звичайно, подібно як з вогнем і ядерною енергією, користь нових відкриттів буде лише тоді, коли такі нові знання супроводжуватиме мудрість.



Шведська Королівська Академія Наук нагородила Нобелівською премією з фізики 2001 року Еріка Корнела (Eric A. Cornell), Вольфганга Кеттерле (Wolfgang Ketterle) та Карла Вімана (Carl F. Wieman) за експериментальне виявлення конденсації Бозе-Айнштайна в розріджених газах лужних металів та ґрунтовне вивчення властивостей конденсатів.

## НОБЕЛІВСЬКІ ЛАВРЕАТИ

# 2001

### Новий агрегатний стан матерії



Ерік Корнел



Вольфганг Кеттерле



Карл Віман

Майже 80 років тому А. Айнштайн зробив неординарний крок: переніс статистику, що запропонував індійський фізик Ш. Бозе, для фотонів на інші матеріальні частинки з нульовим спіном і передбачив нове незвичайне явище, яке отримало назву конденсації Бозе-Айнштайна. Воно полягає в тому, що за дуже низьких температур, макроскопічна кількість атомів чи молекул заповнює один енергетичний рівень, який відповідає нульовому імпульсові, причому кількість частинок на цьому рівні співмірна з кількістю частинок у системі. Термін „конденсація” походить від деякої аналогії з конденсацією пари у рідину, незважаючи на те, що ці явища різні – конденсація Бозе-Айнштайна відбувається в просторі імпульсів, і це не впливає на розподіл частинок у звичайному координатному просторі.

1938 року Ф. Лондон висунув гіпотезу, за якою явище надплинності завдячує своїм існуванням конденсації Бозе-Айнштайна. Завдяки працям Л. Ландау та Р. Фейнмана, які ґрунтувались на цій ідеї, була створена теорія надплинності. Відтоді ідею про конденсацію Бозе-Айнштайна широко використовують у різних галузях фізики.

Крім надплинності зрідженого гелію, конденсацією Бозе-Айнштайна стали пояснювати надпровідність. Вона знайшла застосування в ядерній фізиці та багатьох розділах фізики твердого тіла. Однак до 1995 року сама конденсація Бозе-Айнштайна безпосередньо не спостерігалась. Ця обставина не випадкова: щоб її спостерігати, потрібно мати газ при надзвичайно низьких температурах. Однак відомо, що за температур майже 1 К, всі речовини, крім гелію (гелій залишається у рідкій фазі), переходять у твердий стан. Розраховувати на те, що за таких низьких температур, може існувати газ, малоймовірно. Тому можна лише розраховувати на метастабільні стани, тобто потрібно штучно приготувати газ, який би існував достатній для експерименту час. Причому такий газ не має взаємодіяти зі стінками посудини, в якій його утримують, оскільки за таких низьких температур, будь-який контакт із стінками зруйнує метастабільний стан. Тобто, щоб спостерігати конденсацію Бозе-Айнштайна експериментаторам потрібно мати, з одного боку, надзвичайно низькі температури, а з іншого – систему, в якій газ не має контакту зі стінками. Останнього вда-



лось досягнути в спеціальних магнетних пастках, в яких роль стінок посудини виконує магнетне поле певної конфігурації. У так званій магнетній пастці частинки з магнетним моментом фактично відбиваються від магнетної „стінки”, тобто реального зіткнення зі стінкою не має, і дуже охолоджений газ може існувати в такій системі. Отримати потрібні низькі температури (це окрема фундаментальна проблема) вдається лише двома етапами. На першому – використовується метод лазерного охолодження, який ґрунтується на взаємодії атомів газу і фотонів (детальніше про цей метод охолодження читайте „Світ фізики”. 2001. № 4). Цим методом вдається ефективно охолоджувати до  $10^{-4}$ – $10^{-5}$  К досить велику кількість атомів, однак ця температура ще не достатня для конденсації Бозе-Айнштайна.

Щоб охолодити систему до ще нижчих температур, потрібний другий етап, і ним стало так зване випарувальне охолодження, яке зумовлено тим, що найгарячіші атоми, долаючи потенціальний бар’єр на стінках магнетної пастки, залишають систему, і внаслідок цього вона охолоджується. Якщо зменшити висоту бар’єра, то його подолають й інші частинки, що мають ще меншу енергію. Так постійно понижаючи потенціальний бар’єр, можна досягнути потрібних низьких температур. Цей метод був розроблений ще до досліджень лавреатів, але вони вдосконалили його, застосувавши парамагнетний резонанс. Ідея їхнього методу полягала в тому, що прикладаючи змінне електричне поле, вони отримали змогу „привідкривати” магнетну пастку для тих атомів, для яких виконується умова парамагнетного резонансу. Зменшуючи з відходом „гарячих” атомів, частоту електромагнетного поля, можна поступово відділяти „гарячі” частинки. Поеднання лазерного охолодження і примусового випаровування „гарячих” частинок дало змогу отримати рекордно низьку температуру  $10^{-8}$  К, і 1995 року у двох лабораторіях отримали газ, який, з одного боку, мав низьку температуру, а з іншого – достатньо велику кількість частинок. У лабораторії об’єднаного дослідницького центру Національного інституту стандартів та Колорадського університету проблемою бозе-конденсації займалились Е. Корнел та К. Віман.

Ерік Корнел народився 1961 року в Пало-Альто (США, штат Каліфорнія). 1985 року він закінчив Стенфордський університет, 1990 року – захистив дисертацію з фізики в Масачусетському технологічному інституті. Від 1992 року Е. Корнел – науковий співробітник Національного інституту стандартів, від 1995 року – професор фізичного факультету Колорадського університету.

Карл Віман народився 1951 року в Корвалісі (США, штат Орегон). 1977 року він здобув учений ступінь з фізики в Стенфордському університеті і від 1987 року працює професором фізики в Колорадському університеті. Е. Корнел і К. Віман змогли охолодити майже 2000 атомів рубідію та отримати бозе-конденсат.

У Масачусетському технологічному інституті проблемою отримання бозе-конденсату атомів натрію займався В. Кеттерле. Він народився 1957 року в Гайдельберзі (Німеччина). 1982 року В. Кеттерле здобув фах фізика в Технічному університеті (Мюнхен), 1986 – ступінь доктора наук. Від 1990 року він працює в Масачусетському технологічному інституті (1997 року став професором), залишаючись громадянином Німеччини. 1995 року йому теж вдалось отримати бозе-конденсат атомів натрію.

Чому для отримання бозе-конденсату науковці вибрали саме натрій і рубідій?

По-перше, ці елементи є найпростішими атомами: вони, як і атомарний водень, мають один електрон на зовнішній оболонці, і відповідно мають спін та магнетний момент (утримання частинок у магнетній пастці відбувається завдяки взаємодії атома, що має магнетний момент з магнетним полем). По-друге, лужні елементи мають частоти переходів, які добре узгоджуються з частотами потужних лазерів. Це дало змогу застосувати фотонне охолодження таких атомів. Ось чому атоми лужних елементів стали найзручнішими об’єктами для експериментального досягнення конденсації Бозе-Айнштайна. Однак вони мають спін  $1/2$  і їх бозе-конденсація можлива лише після спарювання двох атомів, аналогічного до утворення куперівських пар з електронів, які теж мають спін  $1/2$ .

У дослідженнях Нобелівських лавреатів магнетна пастка – це зовнішнє, стосовно газу, маг-



нетне поле з параболічним законом зміни вздовж координати. Незважаючи на те, що в моделі, яку проаналізував А. Айнштайн, розглядається потенціальна яма прямокутної форми, науковці застосували параболічну потенціальну яму неспроста. Адже в ній найнижчий енергетичний стан, який міститься на дні потенціальної ями, існує в обмеженій ділянці простору, і частинки, які збиратимуться на цьому рівні (конденсація Бозе-Айнштайна) водночас локалізуватимуться в нормальному просторі, на дні магнетної пастки. Це дає змогу зафіксувати явище конденсації Бозе-Айнштайна, наприклад, оптичними методами: газ, який міститься в бозе-конденсованому стані, утворює порівняно щільне ядро.

Якщо пастку „зняти”, газ починає розлітатись: атоми, що мають температуру, розлітаються швидко; а атоми, що перебувають у бозе-конденсованому стані (їхня температура дорівнює нулеві) – повільно. Це найкращий метод виявити, що є дві різні групи атомів. Так були проведені перші експерименти, які підтвердили отримання бозе-конденсату.

За час, що минув від 1995 року, прогрес у дослідженнях Бозе-Айнштайнівської конденсації величезний, насамперед завдяки дослідженням, які були виконані у двох згаданих наукових центрах. Однак сьогодні багато інших наукових колективів вивчають різні аспекти цього явища.

Наукові колективи під керівництвом лавреатів не лише отримали бозе-конденсат, а й представили науковій спільноті цілу низку дивовижних експериментальних результатів.

Було доведено, що утворюється когерентна система. Якщо дати змогу двом конденсатам перекритись (спочатку створюється два ізольованих конденсати, потім „вимикаються” магнетні пастки, щоб атомні хмаринки могли перекриватись), спостерігається яскрава інтерференційна картина. Це означає, що макроскопічний конденсат описується не уявленнями про концентрацію частинок, а хвильовими функціями. Саме тому два конденсати інтерферують подібно як дві світлові хвилі.

Інше цікаве явище, яке вдалось спостерігати, – це надплинність системи після того, як відбулась бозе-конденсація. Це зовсім не очевидна подія:

відома надплинність у <sup>4</sup>Не спостерігається за умови, якщо відстань між атомами близька до розміру атома, а в бозе-конденсаті вона майже в десять мільйонів разів більша, ніж у зрідженому гелії. І все ж у цьому сильно розрідженому газі виникає надплинність. Експериментально це перевірили так: через конденсат переміщують з малою швидкістю промінь лазера і в системі нічого не відбувалося, коли перевищили деяку критичну швидкість руху променя, в системі з’явилися збудження, вона розігрілась.

Крім цього, у бозе-конденсаті вдалось виявити квантові вихори, які були відомі у надплинних рідинах та надпровідниках. Нині можна спостерігати, як виникає вихровий рух у газі. Причому досягнуто такі умови, коли утворюється ґратка вихрів типу ґратки Абрикосова для надпровідників (система вихорів, які взаємодіють між собою та утворюють правильну ґратку).

Нещодавно науковці започаткували новий напрям, пов’язаний з накладанням на конденсат оптичної ґратки, яку утворюють лазерними променями, що формують у газі стоячу хвилю. Дослідження бозе-газу, який міститься в одно-, дво- і тривимірній ґратці, дає змогу моделювати рух електронів у періодичному потенціалі кристала.

Бозе-конденсат дав змогу створити атомарний „лазер”. Оптичний лазер, як відомо, – це пристрій в якому в одному квантовому стані перебуває велика кількість фотонів. В одному квантовому стані перебувають атоми, що зазнали бозе-конденсації, і якщо випустити потік таких атомів із пастки (наприклад, внаслідок падіння під дією сили тяжіння), матимемо когерентний пучок атомів і подібно до лазерного пучка він буде дуже добре колімований. Вважають, що атомарні „лазери” скоро знайдуть своє застосування для створення і вивчення наноструктур, оскільки його довжина хвилі де Бройля відповідає масштабам цих структур.

Отже, здійснивши конденсацію Бозе-Айнштайна Нобелівські лавреати з фізики 2001 року Ерік Корнел, Вольфганг Кеттерле та Карл Віман відкрили людству новий п’ятий стан матерії. З перспективами його застосування ми пов’язуємо сучасний технічний прогрес.

**Олександр Гальчинський**

## Умови задач III етапу (обласного) Всеукраїнської олімпіади з фізики 2002 р.

(Подаємо умови деяких задач, які пропонували учасникам  
олімпіади з фізики у Дніпропетровській області)

### Задача 1.

Астероїд масою  $M = 8 \times 10^{15}$  кг має форму кулі радіусом  $R = 10$  км і обертається навколо власної осі з періодом  $T = 5$  годин. Вісь астероїда перпендикулярна до площини його орбіти, радіус якої  $r = 500$  млн. км. На екваторі астероїда астронавт встановив штатив з тонкою горизонтальною голкою спрямованою вздовж меридіана, на яку начепив клаптик алюмінієвої фольги (див. рис.). Опишіть, як внаслідок тиску сонячних променів змінюватиметься кут  $\alpha$  між площиною фольги і вертикаллю залежно від часу доби. Знайдіть максимальне значення  $\alpha$ . Товщина фольги  $d = 0,1$  мкм, альбеда  $A = 0,8$  (частина світлової енергії, яку фольга відбиває), густина алюмінію  $\rho = 2,7$  г/см<sup>3</sup>. Відомо, що імпульс  $p$  і енергія електромагнетної хвилі пов'язані співвідношенням:

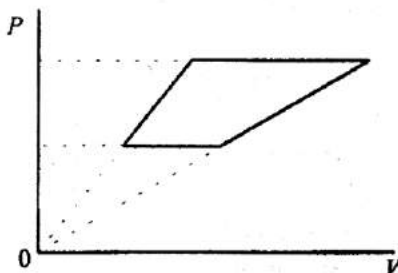
$$p = \epsilon/c.$$

Потужність випромінювання Сонця  $3,8610^{26}$  Вт.

(Ідею задачі запропонувала Олександра Данішевська, студентка фізичного факультету Дніпропетровського національного університету)

### Задача 2.

Визначіть коефіцієнт корисної дії (ККД) теплової машини, яка працює за циклом, зображеним на



рисунку. Відомо, що відношення максимальної температури одноатомного ідеального газу до мінімальної дорівнює  $k$ , а відношення максимального об'єму до мінімального дорівнює  $l$ . Як зміниться ККД, якщо одноатомний газ замінити двоатомним?

(Задачу запропонував А. Овруцький, професор кафедри металофізики фізичного факультету Дніпропетровського національного університету)

### Задача 3.

У деякий момент часу електрон і протон рухаються назустріч один одному зі швидкостями  $1$  км/с і  $1$  м/с відповідно. Визначіть швидкість атома водню, який з них утвориться. Зміною імпульсу системи внаслідок електромагнетного випромінювання знехуйте. Відношення маси протона до маси електрона  $M/m = 1836$ . Як можна визначити енергію електромагнетного випромінювання?

### Задача 4.

Трикутна рамка з дроту (довжини сторін:  $3$  см,  $4$  см,  $5$  см) обертається в однорідному магнетному полі з індукцією  $0,5$  Тл навколо осі, що збігається з медіаною трикутника і перпендикулярна до лінії магнетної індукції, з частотою  $600$  об/хв. Яка середня потужність виділяється у рамці, якщо опір  $1$  м дроту становить  $0,2$  Ом? Як зміниться ця потужність, якщо рамку зігнути вздовж осі обертання так, що половинки трикутника утворять двогранний кут, а вісь розташувати під кутом до напрямку індукції магнетного поля? У якому положенні зігнутої рамки миттєва потужність тепловиділення в ній буде максимальною?

(Задачу запропонував С. Лягушин, доцент кафедри квантової макрофізики фізичного факультету Дніпропетровського національного університету)



# УМОВИ ЗАДАЧ

## XVI Міжнародного турніру юних фізиків 2003 року

XVI Міжнародний турнір юних фізиків 2003 року відбудеться у Швеції. Турнір проходить з 1 до 8 липня 2002 року в м. Упсали.

Пропонуємо читачеві умови задач цього турніру англійською та переклад українською мовами. Робочою мовою турніру буде англійська.

### 1. Motion of a kite

On windy days one can see kites flying in the wind. Often, one-string kites move on a stable track, which looks like a number 8. Why does a kite move in such a way? Are there other stable tracks?

### 2. Water drops

Investigate and explain the movement of raindrops on a window pane.

### 3. Transparent film

If you cover printed text with a piece of transparent polyethylene film you can still easily read it. As you gradually lift up the film, the text becomes increasingly blurred and may even disappear. Study the properties of the film. On what parameters of the film is the phenomenon based?

### 4. Bright spots

Blow a soap bubble and allow it to rest on a liquid surface or a glass plate. When illuminated by sunlight, bright spots can be observed on the bubble. Investigate and explain the phenomenon.

### 5. Bubbles at an interface

Certain liquids can be layered one above the other with a sharp interface between them. If the surface tensions of the liquids are different, then an interesting phenomenon can be observed. Blow bubbles of different sizes into the lower liquid and observe their behaviour near the interface. Investigate and explain the phenomenon.

### 6. Freezing soft drinks

On opening a container of cold soft (carbonated) drink the liquid inside sometimes freezes. Study the relevant parameters and explain the phenomenon.

### 7. Oscillating box

Take a box and divide it into a number of small cells with low walls. Distribute some small steel balls between the cells. When the box is made to oscillate vertically, the balls occasionally jump from one cell to another. Depending on the frequency and the amplitude of the oscillation, the distribution of the balls can become stable or unstable. Study this effect and use a model to explain it.

### 8. Heat engine

Construct a heat engine from a U-tube partially filled with water (or another liquid), where one arm of the tube is connected to a heated gas reservoir by a length of tubing, and the other arm is left open. Subsequently bringing the liquid out of equilibrium may cause it to oscillate. On what does the frequency of the oscillation depend? Determine the pV diagram of the working gas.

### 9. Failing chimney

When a tall chimney fails it sometimes breaks into two parts before it hits the ground. Investigate and explain this.

### 10. Tungsten lamp

The resistance of the tungsten filament in a light bulb shows a strong temperature dependence. Build and demonstrate a device based on this characteristic.

**11. Light scattering**

Construct an optical device for measuring the concentration of non-soluble material in aqueous colloid systems. Use your device to measure the fat content of milk.

**12. Boiled egg**

Construct a torsion viscometer. Use it to investigate and explain the differences in the "viscous" properties of hens' eggs that have been boiled to different extents.

**13. Electro-osmosis**

Develop a device that will drain wet sand, with the aid of an electrical voltage but without significant heating.

**14. Rotating disk**

Find the optimum way of throwing a "frisbee" as far as possible. Explain your findings.

**15. Vortices**

Make a box that has a hole in its front wall and a membrane as its back wall. Hitting the membrane creates a vortex that propagates out from the hole. Investigate the phenomenon and explain what happens when two vortices interact.

**16. Pot and ice**

It is sometimes argued that to cool a pot effectively one should put ice above it. Estimate to what extent this is more effective than if the ice is put under the pot.

**17. Prometheus problem**

Describe and demonstrate the physical mechanism, based on friction, which allowed our ancestors to make fire. Estimate the time needed to make fire in this way.

**1. Рух повітряного змія**

У вітряні дні можна спостерігати за повітряними зміями. Зазвичай, змії з однією стрічкою рухаються за сталою траєкторією, що схожа на число 8. Чому змії рухається саме так? Чи є ще інші сталі траєкторії?

**2. Краплі води**

Дослідіть і поясніть рух краплинок дощу на віконних шибках.

**3. Прозора плівка**

Якщо ви прикриєте друкований текст шматком прозорої поліетиленової плівки, то її тоді зможете його прочитати. Коли ви будете поступово піднімати плівку, текст почне ставати розпливчастим і навіть може зникнути. Дослідіть властивості плівки. На яких властивостях плівки ґрунтується це явище?

**4. Яскраві плями**

Надуйте мильну бульбашку і помістіть її на поверхню рідини, або скляну тарілку. Коли на бульбашку падатимуть сонячні промені, ви зможете спостерігати на ній яскраві плями. Дослідіть та поясніть це явище.

**5. Бульбашки на межі рідин**

Деякі рідини можуть розміщатись одна над одною, утворюючи чітку межу. Якщо поверхневі натяги таких рідин різні, то можна спостерігати цікаве явище. Створіть бульбашки різних розмірів у нижній рідині і спостерігайте за їхньою поведінкою поблизу межі двох рідин. Дослідіть і поясніть це явище.

**6. Замерзання газovanого напою**

Відкриваючи посудину холодного газovanого напою, ми зауважуємо, що рідина деколи замерзає. Дослідіть потрібні для цього умови і поясніть це явище.

**7. Скринька, що коливається**

Візьміть скриньку і поділіть її на деяку кількість маленьких комірок з низькими стінками. Розподіліть малі металеві кульки між цими комірками. Якщо скринька коливатиметься вертикально, то кульки час від часу потраплятимуть з одної комірки в іншу. Залежно від частоти та амплітуди коливань розподіл кульок може стати постійним. Створіть модель цього явища і поясніть його за допомогою Вашої моделі.



### 8. Тепловий двигун

Сконструйте тепловий двигун з U-подібних трубок, частково наповнених водою (або іншою рідиною). Одне коліно цієї трубки з'єднайте з посудиною з нагрітим газом, а інше – залиште відкритим. Якщо вивести рідину з рівноваги, це спричинить коливання. Від чого залежатиме частота коливань? Встановіть залежність тиску від об'єму газу.

### 9. Падаючий дим

Коли дим з комина стелиться вниз, він деколи розбивається на дві частини перед тим як досягти землі. Дослідіть і поясніть це явище.

### 10. Лампа розжарення

Опір розжареної дротини у лампочці вказує на сильну температурну залежність. Побудуйте та продемонструйте пристрій, який ґрунтується на цій характеристиці.

### 11. Заломлення світла?

Зробіть оптичний пристрій для визначення концентрації нерозчинних матеріалів у рідинних колоїдних системах. Використайте його для вимірювання вмісту жиру в молоці.

### 12. Варені яйця

Сконструйте горсійний віскозиметр. Скористайтесь ним, щоб дослідити та пояснити різницю між в'язкими властивостями курячих яєць, зварених до різного рівня.

### 13. Електроосмос

Зробіть пристрій, який осушуватиме вологий пісок за допомогою електричної напруги, але без значного нагрівання.

### 14. Диск, який обертається

Знайдіть найоптимальніший спосіб кидання якнайдалі тарілок "фрісбі". Обґрунтуйте свою відповідь.

### 15. Газове кільце

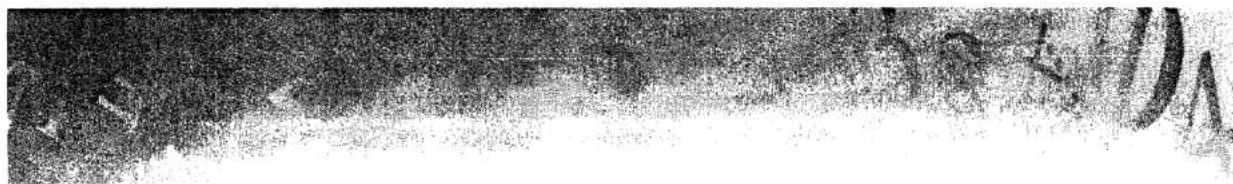
Зробіть дерев'яну скриньку, яка має отвір на передній стінці і мембрану – на задній. Вдарте по мембрані і створіть вихор, що поширюється від отвору. Дослідіть це явище і поясніть, що трапиться, якщо два вихорі взаємодітимуть.

### 16. Посудина та лід

Деколи ведеться дискусія на рахунок того, що для охолодження посудини, ефективніше класти лід зверху посудини. Визначіть на скільки це ефективніше від розміщення льоду під посудиною.

### 17. Проблема Прометей

Опишіть і продемонструйте фізичний механізм, який ґрунтується на терті, що давав змогу нашим предкам добувати вогонь. Розрахуйте наближено час, який потрібно для отримання вогню цим способом.



Редакція журналу „Світ фізики” щиро вдячна Центрові Нових Інформаційних Технологій, а особливо Фургала Юрієві Михайловичу, за допомогу у придбанні журналів „Світ фізики” для нагородження переможців Обласної олімпіади з фізики

# Популяризація фізики

Роль фундаментальних наук та їхній вплив на розвиток техніки, технології, сільського господарства, зв'язку і медицини важко перебільшити. Нові фундаментальні знання докорінно змінюють старий спосіб виробництва та наше життя. У цьому поступі сучасної цивілізації фізика відіграє провідну роль, оскільки більшість найважливіших здобутків фізики має цивілізаційні наслідки. Наприклад, серед дванадцяти найбільших здобутків ХХ сторіччя, які визначила агенція Франс Прес, сім пов'язано з фізикою. Це – авіація, телебачення, поділатомного ядра, створення комп'ютера, лазера, освоєння космосу, інтернет. П'ять інших великих відкриттів припадає на сферу біології і медицини.

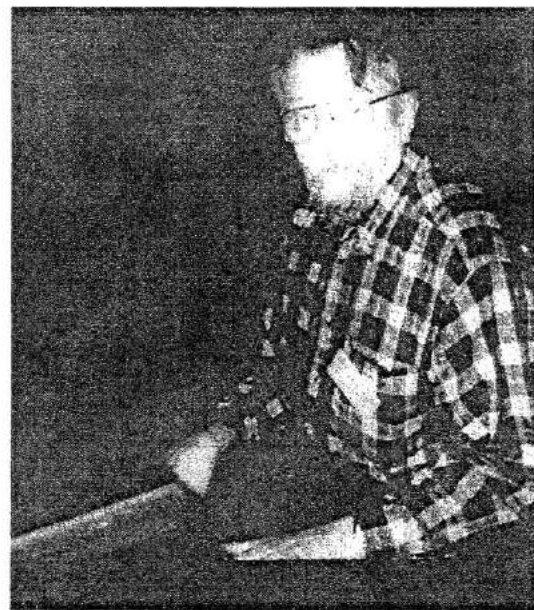
Розвиток фізики ХХ сторіччя показав, що зростають масштаби наукових досліджень у галузі прикладної фізики, технології наднових матеріалів, живої матерії, розширюється застосування фізичних методів дослідження у суміжних природничих науках (біології, хемії, геології), відкриваються нові перспективні ділянки для застосувань фізики у біології, медицині, енергетиці, сільському господарстві. Про все це широкий загал здебільшого дізнається з науково-популярних видань, і не лише широкий загал, а й фахівці, що працюють у суміжних галузях. Вони часто отримують потрібну інформацію саме з науково-популярних видань, черпають звідти свої нові ідеї.

Науково-популярна література подає об'єктивну інформацію про сучасні тенденції розвитку науки і техніки, знайомить з глобальними проблемами сучасності, формує у нашій свідомості наукову картину світу і позитивне ставлення до проблеми енергозбереження, охорони навколишнього середовища. Знайомить з новими науковими і технічними принципами, що знаходять широке застосування в техніці, технології й побуті. Сьогодні науково-популярна література виконує дуже важливу роль: по-перше, з науково-популярних видань школярі і студенти дізнаються про перспективи розвитку окремих наук. Це дає їм змогу відчутти і розкрити свої природні здібності

і зважено обрати фах; по-друге, широкий загал, читаючи доступну та зрозумілу їм літературу, має змогу ознайомитися з досягненнями науковців та легше зрозуміти складні фізичні явища, що їх оточують; по-третє, така література піднімає загальний рівень освіченості в суспільстві.

У світі цій проблемі завжди, а особливо нині, приділяється велика увага. Багато науковців зі світовим ім'ям працювали над популяризацією науки. Можна назвати таких відомих фізиків як Джорж Ґамов, Стівен Гокінг, Еміль Сегре, Аркадій Мигдал та інші. Їхні науково-популярні книжки видавалися багатомільйонними накладками. Це сприяло зростанню освітнього рівня населення західних країн. Там широкий загал цікавиться досягненнями науки, з розумінням ставиться до проблем, які вона вирішує, до ролі науки у суспільстві.

Знайомтесь з одним із таких, відомих популяризаторів фізики і чудовим учителем – Войцехом Діндорфом. Він народився в Україні (м. Стрий, Львівської області), деякий час мешкав у Івано-Франківську, Львові. Працював у США, Австрії, нині проживає і працює в Польщі та Австрії.



Войцех Діндорф в Україні  
(Одеса, жовтень 2001 року)

Войцех Діндорф – автор серії підручників з фізики та астрономії для польських школярів, як каже сам автор, для тих, хто досі „щастя до фізики не мав”, кому фізика приносила лише клопоти і, звичайно, не відносилась до кола їх захоплень. Автор прагне аби школяр, читаючи, розумів, розв’язував задачі чи виконував інші завдання, отримувалася насолода від пізнання та хоча б один раз зміг вигукнути: „О! Та це ж навіть цікаво! Та я це зрозумів! Це має сенс!” Автор вчить аналізувати явища і ставити запитання, допомагає перейти від фізики до філософії. Він показує, що **фізика – це наука про Все.**

*Фізика, як простір, як хвилі, як матерія, є всюди. Фізичний світ є всюди, а, отже, наука про світ фізичний є наукою про все, і звісно про нас. Про глибини атома, найвіддаленіших галактиках. Про чорні діри і мікросвіт. ... і великий вибух. Про слона ... і мурашку в стані невагомості. Про очевидне і неймовірне. Про літання і плавання, танці і ... все інше. Скажу про що не є фізика. Не є про кохання, заздрість, зраду, добрі манери, панування королів, право і економіку. Оскільки це все, що я перелічив і ще що можна було б перелічити, походить з цього світу, поєднаного між собою, то, звичайно, і в цьому можна було б знайти вплив фізики.*

Варто лише згадати про переваги, які отримуємо від зацікавлення фізикою. Вивчення фізики дає нам змогу значно краще і швидше отримати добрі результати у інших і суміжних з фізикою галузях, наприклад: медицині, астрономії, інженерії, біології, хемії, а також спорті, музиці, археології, мистецтві ... і знову те саме без кінця.

Фізика завжди поряд з нами: удома, на роботі, в школі, на прогулянці, на стадіонах і спортивних шкільних майданчиках, на канікулах, де тільки ми є. Ну справді, у кожній книжці з фізики є слова: сила, робота, потужність, резонанс, інтерференція. Хіба це не свідчить про наші щоденні турботи? Людина хворіє, бо їй не вистачає сили, вона може навіть через це втратити роботу. За зусилля ми платимо, прохаючи про швидкі послуги у пральні чи у фотографа. Резонанс – це не лише радіо чи телебачення, а також порозуміння і гармонія вдома, на роботі, чи на спортивному майданчику. Інтерференція – це не тільки попереднє явище у русі хвиль, а й втручання в чуже

*життя, участь у складних конфліктах – пристосування до ситуації, залежно від того, чого треба досягнути.*

*Наші думки, наш мозок для того, щоб думати, знати і відчувати, отримувати інформацію – а це, принаймні, у початковій фазі, фізичне.*

Ось що згадує п. Діндорф про своїх учителів:

*У житті – якщо ми маємо серце – можемо зустріти людину, яка, незважаючи на коротке знайомство з нею, стає нашим ідеалом, гідним наслідування.*

*Для мене таким був професор Ерік Ротерс, багаторічний сусід А. Айнштейна, професор Принстонського університету в США. Він не вмів говорити про фізику без ентузіазму. Викладав, оточений завчасно виписаними на планках узорами або смішними рисунками, шаржами, що ілюстрували явище, про яке йшлося у лекціях. Професор Ротерс був невеликий на зріст, і не соромився викладати, стоячи на столі. Він любив вискакувати на стіл навіть у 80-річному віці, бо хотів, щоб усі добре бачили те, що він показує. Лише у випадках, коли не було змоги продемонструвати явище, звертався до слухачів і детально пояснював його. Я слухав його лекції із захопленням. В аудиторії, де професор викладав, було 400 місць, які задовго до початку лекцій були зайняті.*

*Стиль і спосіб проведення занять цього професора та ще декількох інших я старався використовувати у своїй праці. Сподіваюсь, що зумію поділитись з вами своїм зацікавленням фізикою.*

*Щоб лекції були цікаві, я просив би Вас, допомагати учителеві. Не вимагайте, або він вискакував на стіл, але – якщо тільки є така змога – допомагайте йому у підготовці ілюстративного матеріалу фізичного явища.*

*Лекції, як вистава у театрі, не може відбутися без Вашої, публічної, участі.*

У підручнику „Моя фізика” автор показує необмежені можливості науки, зокрема, фізики, викликає подив і захоплення мудрістю Природи, найкращою частинкою якої ми, очевидно, є. В. Діндорф хоче, щоб його підручники спричинили до „фізичного виховання” школярів, тобто виховання у душі захоплення фізикою.

### *Що ж нині робиться в Україні в галузі науково-популярної літератури, зокрема, фізики?*

В Україні за останні роки в цьому напрямі робиться недостатньо. Звичайно є об'єктивні причини. Так вже склалось що науково-популярна література, як і будь-яка видавнича діяльність перебувала під крилом ідеологів. Вони виділяли на неї кошти, визначали напрями її розвитку, а науковці, педагоги, які писали на науково-популярні теми, і видавництва, які працювали на цій ниві, виконували пасивну роль. Очевидно що такі пасивні настрої збереглися і досі у середовищі видавців, Національної академії наук, Міністерстві освіти і науки НАН України і це призвело до того, що за умов переходу нашого суспільства на засади ринкової економіки перестали видавати науково-популярну літературу, яка віддавна користувалась в українського читача великою популярністю. Досвід роботи редакції науково-популярного журналу „Світ фізики” показує, що потреба науково-популярної літератури велика. Наприклад, працівники Львівської обласної дитячої бібліотеки постійно звертаються до нас з проханням надати їм це видання, оскільки читачі „зачитують журнал до дір”.

Натомість на потребу неосвіченого читача і заради швидкого прибутку масовими накладами видається література містичного й антинаукового змісту. На це неодноразово звертала також увагу і Президія академії наук України, зокрема з ініціативи Відділення фізики та астрономії з'являються публікації у газетах та журналах з роз'яснен-



нями та проводяться круглі столи з цих питань.

У книгарнях України майже зникли відділи наукової та науково-популярної літератури, директори книгарень неохоче беруть на реалізацію цей вид літератури. Наприклад, у новій книгарні, яка щойно відкрита на Хрещатику у Києві, відсутній цей відділ, або у магазині „Преса України” (м. Київ), де продається безліч газет та журналів ви не знайдете таких же видань наукових та науково-популярних періодичних видань, особливо українською мовою.

Деякі бібліотеки перестали поповнювати свої фонди науковою та науково-популярною літературою. У більшості бібліотек України ви не знайдете нових науково-популярних книг і журналів, добре якщо вам запропонують видання десятирічної давності. Ті поодинокі видання, що виходять сьогодні в Україні, надруковані малими накладами та за ціною малодоступні для широкого загалу. Через байдужість деяких керівників органів освіти та директорів шкіл у шкільних бібліотеках відсутні навіть ті науково-популярні видання, що виходять нині в Україні та які дуже потрібні для розвитку школярів. Наприклад, навіть отримуючи безкоштовно таку літературу, багато з байдужих працівників бібліотек відмовляються від неї.

Нині не існує налагодженої системи книгорозповсюдження, зокрема науково-популярної літератури. Журнал „Світ фізики” виходить в Україні вже понад п'ять років, а й досі ще багато учителів, школярів та студентів про нього не знають. Це частково пояснює те, що багато з них не знають про найсучасніші досягнення у цій науці, імена сучасних видатних науковців, мало орієнтуються у технічних застосуваннях фізики.

В Україні майже зник великий пласт сучасної літератури (науково-популярний жанр), але це не головне. Важливішими є наслідки цього: підрастає нове покоління, що не читає науково-популярної літератури, у них не формується потреба науково пізнавати навколишній світ, вони легко сприймають лженаукові ідеї. Питома вага таких людей у суспільстві стає все більшою і більшою, а це створює негативний вплив на розвиток освіти, науки, культури у нашій державі.

**То ж якими фахівцями вони стануть?**



# ПРОПЕЛЕР

На X Всеукраїнському турнірі юних фізиків була така задача:

*На прямокутну дерев'яну рейку нанесені насічки. В торці рейки, на шпильці, вільно розташований пропелер. За яких параметрів системи та зовнішнього періодичного руху паличкою вздовж рейки можна добитися максимальної частоти обертів пропелера? Продемонструйте роботу Вашого пристрою. Чи може такий пропелер забезпечувати тягове зусилля?*

Конкретизуймо завдання. Поставмо мету – знайти оптимальне співвідношення між довжиною бруска  $L$  і довжиною зубця  $l$ , а також радіуса шпильки  $R$ , за яких кутова швидкість пропелера  $\omega_n$  досягає максимально можливого значення. Ми не розглядатимемо параметрів палички, якою водять по зубцях та форми чи розподілу маси пропелера, оскільки тоді ми змушені були б проаналізувати багато випадків. Важливим для нас є те, що час між двома вертикальними коливаннями бруска, які зумовлені рухом палички із швидкістю  $v$ , що дорівнює:

$$T_1 = l/v, \quad (1)$$

циклічна частота вертикальних коливань бруска, відповідно:

$$\omega = 2\pi v/l. \quad (2)$$

Зауважмо, що в цьому випадку ми розглядаємо малі поперечні коливання бруска, закріпленого за один із кінців, нехтуючи усіма незначними ефектами (сила тяжіння, сила опору повітря тощо).

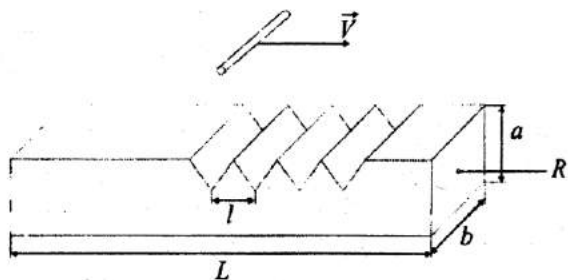


Рис. 1.

Рухаючи паличку по зубцях, ми зумовлюємо вертикальні коливання бруска, а з ними і певні його деформації. Під час деформації твердого тіла в одному напрямку, з'являються деформації і в інших напрямках. Наслідком цих деформацій є поперечні коливання бруска в напрямках, відмінних від вертикального. Зауважмо, що для точнішого опису перерозподілу енергії між коливаннями різних напрямків, слід врахувати пружні властивості (модулі Юнга, зсуву) твердого тіла та його лінійні розміри в різних напрямках. Щоб встановити, які коливання і як часто виникають у бруску, ми провели дослідження, схема якого зображена на рис. 2. Ми закріпили один кінець бруска в лещатах, а до іншого кінця бруска прикріпили дзеркальце, на яке скерували промінь лазера, а відбитий промінь спостерігали на віддаленому екрані. Збудивши рухом палички по зубцях коливання бруска, ми побачили на екрані траєкторію руху незакріпленого в лещатах кінця бруска. На екрані найчастіше спостерігали вертикальний відрізок, який відповідає коливанням бруска у вертикальній площині, але деколи на екрані з'являлись спотворені фігури Ліссажу (див. рис. 2, б), які є свідченням того, що відбуваються коливання у різних напрямках. Частота появи цих коливань для різних досліджених брусків була різною і залежала від швидкості руху палички  $v$ .

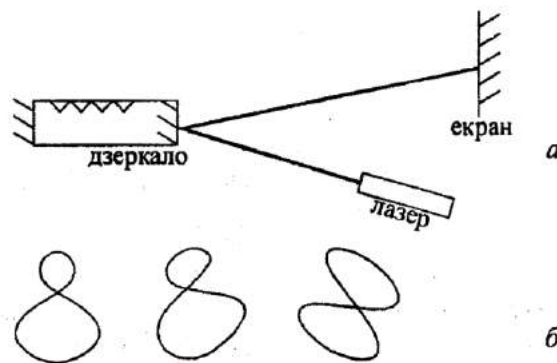


Рис. 2.



Неважко зрозуміти, що коли шпилька, на якій прикріплено пропелер рухатиметься по фігурі Лісажу, пропелер розкручуватиметься силою тертя між ним і шпилькою. Однак цікаво, чи розкручуватиметься пропелер, якщо шпилька здійснюватиме лише коливання в одній площині.

Спробуймо запропонувати модель, яка пояснює обертальний рух пропелера і механізм передачі йому потужності від шпильки і бруска, якщо останній здійснює лише вертикальні коливання. Ця модель ґрунтується на таких твердженнях:

1. Відносна швидкість шпильки і пропелера в точці дотику різна і залежить від напрямку руху шпильки, який періодично змінюється з періодом  $T_1/2$ , де  $T_1$  визначається за формулою (1).

2. Коефіцієнти тертя ковзання між двома поверхнями залежать від відносної швидкості цих поверхонь (якісний графік залежності коефіцієнта тертя від швидкості зображено на рис. 3).

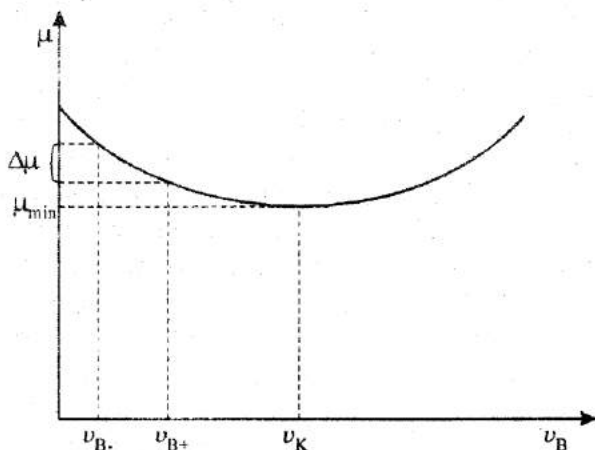


Рис. 3.

За період  $T_1$  сила тертя виконує роботу з розкручування і гальмування пропелера. Розгляньмо середню потужність, яка передається пропелерові впродовж часу  $T_1$ . Оскільки нам потрібно знайти лише умову за якої кутова швидкість пропелера максимальна, а не саму кутову швидкість, скористаємось деякими припущеннями. Нехай точка К (рис. 4) – крайня бічна точка шпильки, а вектори  $\vec{u}$  та  $\vec{R} \times \vec{\omega}$  паралельні, де  $\vec{u}$  – швидкість поступального руху шпильки, а  $\vec{R} \times \vec{\omega}$  –

швидкість точки К пропелера. Тоді у випадку співнапрявленості  $\vec{u}$  та  $\vec{R} \times \vec{\omega}$ :

$$v_{e-} = u - \omega R, \quad (3)$$

якщо  $\vec{u}$  та  $\vec{R} \times \vec{\omega}$  протилежно напрямлені (рис. 4):

$$v_{e+} = u + \omega R. \quad (4)$$

Ввівши амплітуду відхилень шпильки  $A$ , отримаємо оцінку для  $u$ :

$$u = \frac{A}{0,5T_1} = \frac{A\omega}{\pi} \quad (5)$$



Рис. 4.

Потужність передається пропелерові силою тертя  $F_T = \mu(v_e)F_c$ , де  $F_c$  – усереднена сила нормального тиску в точці К. Враховуючи, що впродовж періоду коливання шпильки сила тертя змінює напрямок, для потужності, враховуючи залежність, зображену на рис. 4, маємо:

$$N = (\mu + \Delta\mu)F_T v_{e-} - \mu F_T v_{e+}. \quad (6)$$

Підставляючи (3), (4) і (5), після спрощень отримаємо:

$$N = F_T \left( \Delta\mu \left( \frac{A\omega}{\pi} - \omega_n R \right) - 2\mu\omega_n R \right). \quad (7)$$

Потужність, яка передається пропелерові йде на подолання сил опору (з боку повітря, наприклад), які зростають із збільшенням кутової швидкості пропелера. Доти доки потужність, яка передається пропелерові, більша за потужність сил опору, пропелер матиме кутове прискорення і його кутова швидкість зростатиме. Максимальне значення кутової швидкості пропелера досягається при максимумі  $N$ . Аналізуючи вираз (7), бачи-



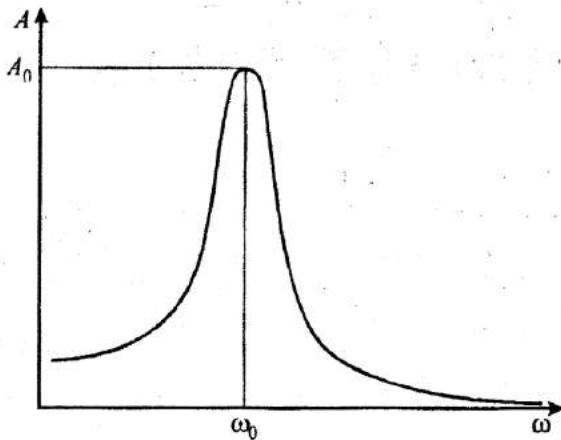


Рис. 5.

мо, що  $N$  зростає із зменшенням  $R$ , а отже, що менший радіус шпильки, то більшою є  $\omega_n$ . Із формули (7) зокрема впливає, що максимальна потужність передаватиметься пропелерові тоді, коли добуток  $A\omega$  буде максимально можливим. Розгляньмо залежність амплітуди вимушених коливань від частоти (резонансну криву). З цієї залежності впливає, що добуток  $A\omega$  максимальний при резонансній частоті  $\omega_0$ . Зауважмо, що амплітуда  $A$  більша, якщо більша сила притискання палички до зубців  $F_0$ . Тобто що сильніше тиснемо, то більшою є кутова швидкість пропелера.

Із аналізу виразу (7) та рис. 5 впливає умова:

$$\omega = \omega_0. \quad (8)$$

Тобто частота вертикальних коливань має збігатися з резонансною частотою поперечних коливань бруска. Вираз для частоти  $\omega_0$  можна знайти у літературі [1]:

$$\omega_0 = \alpha \frac{c\sqrt{a^2 + b^2}}{L^2}, \quad (9)$$

де  $a$  і  $b$  – сторони прямокутного перерізу бруска (рис.1),  $c$  – швидкість поширення поздовжніх хвиль у бруську (швидкість звуку),  $\alpha \approx 1,415$  – де-

яка числова стала. Щоб знайти вираз для  $l$  при заданій швидкості руху палички  $v$ , довжині бруска  $L$  і перерізі  $a \times b$ , потрібно, користуючись виразом (8), прирівняти (9) і (2), звідки отримаємо:

$$l = \frac{2\pi v L^2}{\alpha c \sqrt{a^2 + b^2}}. \quad (10)$$

Зокрема для  $L = 0,25$  м та  $v = 0,5$  м/с,  $l \approx 0,002$  м. Правильність цього результату ми перевірили на досліді, виготовивши два однакові бруски з різними довжинами зубців і переконавшись, що за однакової швидкості палички, кутова швидкість обертання пропелерів різна.

Отже, нам вдалось знайти вирази для оптимальних параметрів бруска, але без врахування коливань у різних напрямках, які зумовлюють утворення фігур Лісажу. Як показали наші досліді, вони виникають досить рідко і не можуть бути головною причиною розкручування пропелера. Їх основна роль – надавати пропелеру деякої кутової швидкості  $\omega_n \neq 0$ , оскільки при  $\omega_n = 0$  згідно з (7) пропелер розкручуватись не буде. Звичайно, ми не можемо заперечувати, що можуть існувати системи із спеціально підібраними параметрами, в яких постійно виникатимуть фігури Лісажу, і які будуть головною причиною розкручування пропелера. Однак такі системи швидше можна віднести до винятку, ніж до загального випадку.

На запитання задачі: чи створює наш пропелер силу тяги? – існує лише одна відповідь. Оскільки пропелерові передається потужність і він принципово не відрізняється від інших пропелерів, то він створюватиме силу тяги.

#### Література

1. Релей. Теория звука. – М., 1955.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 1. Механика. – М., 1989.

**Сергій Ржепецький,**  
студент Московського  
фізико-технічного інституту



## ДОРІЖКА АБО ТАЄМНИЦІ ДИФРАКЦІЇ НА КОМПАКТ-ДИСКУ

Кожен з Вас хоч раз у житті тримав у руках компакт-диск (CD – з англійської Compact Disc). Вам неодноразово доводилось приносити на ньому хорошу музику, цікавий фільм чи нову версію Windows або Counter Strike. Як же записують інформацію на CD? На жорстку основу наносять відбивний шар (переважно алюмінієвий), в якому роблять „штрихи” – заглибини, які поглинають світло (рис. 1). Ямки кодують „0”, а решта поверхні – „1”, інформацію наносять по спіралі, починаючи від центру. Зверху диск покривають прозорою полімерною плівкою, яка виконує захисну функцію. Не рекомендують торкатись пальцями робочої поверхні, писати по ній ручкою чи олівцем, а також кидати об землю, бо можна нанести подряпину, яка створить суттєві труднощі для зчитування інформації променем лазера (порушується спіралеподібна структура доріжки). Зчитаний лазером сигнал за допомогою спеціальних алгоритмів перетворюється в картинку прекрасного героя чи звуку улюбленої мелодії.

Якщо подивитись на диск, бачимо „веселку” – велику кількість кольорових смужок, які чергуються у визначеному порядку. Із зміною кута падаючих променів та кута зору кольори змінюються. Чому це простежується? Компакт-диск виконує функцію одновимірної відбивної дифракційної ґратки, і на сітківці ока утворюється дифракційна картина.

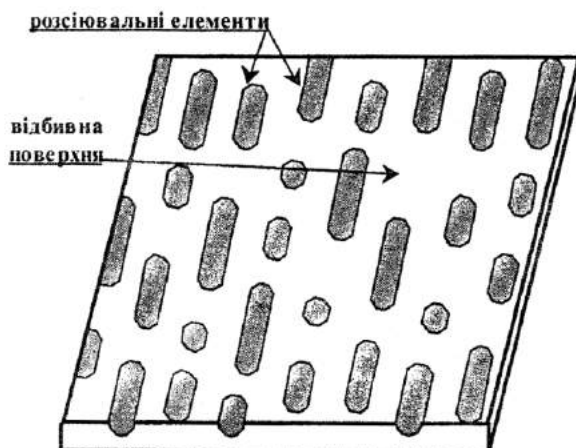


Рис. 1. Поверхня CD (велике збільшення)

Що таке дифракція? Дифракція – це таке хвильове явище, яке полягає у відхиленні променя від прямолінійного поширення; останній може огинати перешкоди, які співмірні з розміром довжини світлової хвилі. Це явище простежується на будь-яких перешкодах, але для великих предметів помітне лише на його краях, а малі предмети промінь майже „не помічає”<sup>1</sup>. Пропускна дифракційна ґратка – це сукупність великої кількості дуже вузьких щілин, які розділені непрозорими проміжками. Відбивна ґратка відрізняється від пропускнув тим, що щілини в ній замінені відбивними елементами. Структуру такого оптичного приладу вважають періодичною. Найкоротша відстань між щілинами називається періодом ґратки або дифракційною сталою. Якщо відбивні елементи розміщені вздовж однієї прямої, то ця ґратка одновимірною; при накладанні двох ґраток, повернутих одна відносно іншої на 90°, формується двовимірною ґратка. Дифракційною картиною (спектр) – це послідовність барв, що спостерігаються на екрані. Максимуми й мінімуми – це яскраво освітлені та неосвітлені ділянки. Максимуми нумерують, починаючи від центрального (нульового), що є найяскравішим, в обидва боки (для двовимірної ґратки користуються подвійною нумерацією).

Розгляньмо загальновідоме рівняння для дифракції на одновимірній ґратці:

$$\Delta d = d \sin \alpha = n\lambda, n \in Z. \quad (1)$$

Для спостереження максимуму промені, що поширюються в усіх напрямках (а ми вибираємо якийсь один, що характеризується кутом  $\beta$  (рис. 2)), повинні підсилюватись, тобто приходити у точку спостереження в одній фазі. Тому різниця ходу  $\Delta d$ , має дорівнювати цілій кількості довжин хвиль  $\lambda$ , і, як легко бачити, різниця ходу становить  $d \sin \alpha$ , якщо промені падають перпендикулярно на ґратку.

<sup>1</sup>Хочете довідатись більше про фізичну оптику? Читайте „Дифракція світла на дрібнокоміркових структурах”. Світ Фізики. 1997. № 1. С. 35–37



Структуру CD уздовж будь-якої прямої можна вважати відносно періодичною. Власне вздовж уявно проведеної прямої (радіуса) ямки „траплятимуться” не лише на відстані  $d$ , а й рідше (коли наступним елементом після розсіювального є відбивний), та ймовірність цього не така висока.

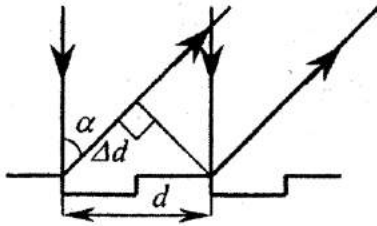


Рис. 2. Відбивання променів від дифракційної ґратки

Попри це вплив решіток із періодами  $2d$  та  $3d$  на картинку буде не надто значний (проаналізуйте рівняння (1)). Отже, диск – це відбивна дифракційна ґратка.

Тепер стає зрозумілим, чому барви чергуються у визначеному порядку, якщо диск освітлювати звичайним (білим) світлом. В утворенні дифракційної картини спочатку (з віддаленням від 0-го максимуму) зможуть підсилитись коротші, а потім довші хвилі, бо колір світла змінюється із зростанням  $\lambda$ . Ми спостерігаємо всі кольори і відтінки веселки, починаючи від фіолетового та закінчуючи червоним.

Багато цікавих запитань виникає стосовно компакт-диску. Одне з них було запропоноване на обласному турнірі юних фізиків: *визначити довжину інформаційної доріжки на CD, застосовуючи тільки оптичні методи*. Спробуймо відшукати розв'язок.

Уже згадана інформаційна спіраль диска має сталий крок – відстань між сусідніми витками однакова, причому вона однакова для всіх CD. Початковий та кінцевий радіуси спіралі виміряймо за допомогою штангенциркуля. Знаючи ці параметри, простими математичними методами можна обчислити шукану величину. А як визначити крок спіралі? Безумовно, цю величину можна знайти у технічних довідниках і це буде непоганим оптичним методом, і очевидно – найпростішим, хоч і не фізичним. Важко виміряти крок спіралі й за допомогою оптичного мікроскопа, оскільки заважатиме дифракція. Але явище дифракції саме дає змогу знайти крок спіралі.

Цим я і скористався (див. рис. 3). CD освітлювали гелій-неоновим лазером, що випромінює хвилю завдовжки  $\lambda = 633$  нм. Промінь, потрапляючи на диск, дифрагував і на екрані, який був віддалений на відстань  $H = 2$  м, спостерігались дифракційні максимуми. Відстань від нульового максимуму до першого  $l = 0,86$  м.

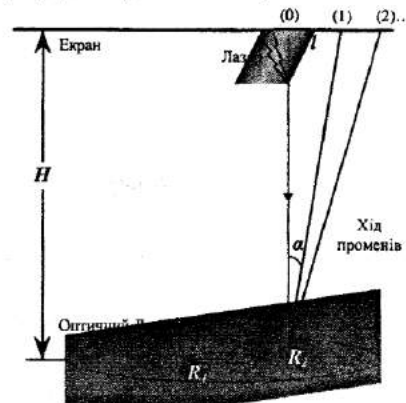


Рис. 3. Схема дослідів

Із геометричних міркувань знаходимо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l}{H} \approx 0.43 \Rightarrow \sin \alpha \approx 0.44. \quad (2)$$

Для  $n = 1$  рівняння (1) набуває вигляду:

$$d = \frac{\lambda}{\sin \alpha} \approx 1.58 \times 10^{-6} \text{ м}. \quad (3)$$

Отже, дослід продемонстрував, що період спіралі задовільно відповідає реальному значенню ( $d = 1.6 \cdot 10^{-6}$  м). Тепер обчислимо кількість витків спіралі на диску, із внутрішнім радіусом запису  $R_1 = 2.3$  см та зовнішнім  $R_2 = 5.9$  см (для цього можна вважати структуру запису концентричними колами):

$$m = \frac{R_2 - R_1}{d}, \quad (4)$$

$$L = \frac{\pi(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)}{d} \cong 5900 \text{ м}. \quad (5)$$

Отже, якщо „розмотати” оптичну спіраль, її довжина становитиме майже 6 км (результат обчислений з похибкою не більше 9%).

#### Література:

1. Scott Muller. Upgrading & Repairing PCs. QUE publishing, 1996.
2. Пенюк Б., Овсянников В. Технологія виробництва CD. <http://www.epos.kiev.ua>.
3. Гончаренко С. Фізика 11. Посібник для фіз.-мат. класів. – К.: Просвіта, 1995.

Олег Кіт,

учень 11-го класу Львівського фізико-математичного ліцею



Поблизу Землі перебуває майже 1100 астероїдів з ефективним діаметром понад 1 км. Лише 50% з них нині виявлено і за ними ведуть спостереження астрономи.

Об'єкти більшого діаметра можуть реально зіткнутися із Землею раз на 50-100 млн. років. І такі астероїди вже двічі суттєво впливали на життя на Землі.

Майже 250 мільйонів років тому падіння астероїда призвело до майже повного знищення життя на Землі. Тоді земна суша була єдиним континентом. Цей континент, який називають Пангея, заселяли трилобіти – невеликі тарганоподібні істоти, які повністю зникли після падіння астероїда. Разом з ними загинули майже всі морські тварини та 70 відсотків рослин. Саме зіткнення не могло знищити життя відразу, воно призвело до активізації вулканів та глобального потепління на планеті й зменшення кисню в океанах. Точного місця падіння цього астероїда виявити не вдалось, однак сам факт падіння у науковців не викликає сумніву. Їхні висновки ґрунтуються на аналізі структури гірських порід, в яких вони виявили, що концентрація у них молекул вуглецю-фулерену значно більша від звичайної. Фулерени складаються щонайменше з шестидесяти атомів вуглецю, які утворюють сферичну структуру, всередині якої захоплені атоми гелію та аргону. Співвідношення ізотопів гелію та аргону в фулеренах зовсім не подібне на земне, і відповідає їхньому формуванню в атмосферах вуглецевих зір. Тому науковці вважають, що фулерени занесені астероїдом або кометою. Востаннє подібний катаклізм, а саме падіння 10-кілометрового астероїда на півострів Юкатан 65 млн. років тому спричинив руйнування, які призвели вимирання динозаврів. Сучасними

методами великі астероїди, зважаючи на їхні розміри, виявити легше, ніж малі.

Що з меншими метеоритами і чи реально вони загрожують Землі у найближче сторіччя? Невідомо. Такі об'єкти, за статистикою, зіштовхуються із Землею раз на мільйон років. Їх зіткнення може призвести до знищення всього материка чи навіть більше. Тому важливе завдання на майбутнє – зробити все можливе, щоб уникнути цього. Дрібніших небесних тіл діаметром не менше 50 метрів, що теж здатні пробити земну атмосферу, майже півмільйона. Такі тіла теж досить небезпечні. Наприклад, Тунгуський метеорит, що впав 1908 року, повалив і випалив дерева у тайзі на площі сотень квадратних кілометрів. Крім цього, можлива небезпека і з боку комет.

Дискусії про астероїдну загрозу проводились уже давно. Міжнародне астрономічне товариство розробило шкалу ризику, проградуйовану від одиниці до десяти, названу Туринською шкалою. Об'єкт, віднесений у нульову зону, не має жодного шансу потрапити на Землю. Якщо астероїд відповідає восьмій зоні, він обов'язково впаде на Землю, і ефект його падіння буде співмірний з потужним землетрусом. Астероїд з дев'ятої зони призведе до наслідків планетарного масштабу. Зіткнення Землі з астероїдом із десятої зони співмірне із завершенням ери динозаврів.

Вже виявлено майже дві тисячі об'єктів, 99% з яких відповідають нульовій зоні. Два об'єкти внесли в першу зону, вони мають дуже малий шанс зіткнутись із Землею. Перший, діаметром 1,5 км, пролетить поблизу Землі 2030 року, другий (230 м) – 2101 року. Однак уночі 17 червня 2002 року учені виявили астероїд діаметром 100 м, який три дні перед тим пролетів повз Землю на віддалі



120 тисяч кілометрів. 5 липня 2002 року знайдено астероїд діаметром майже 2 км, який має шанс зіткнутись з Землею 2019 року. Нині науковці спостерігають за ним, щоб точно встановити його траєкторію руху.

Зважаючи на те, що існує вірогідність зіткнення Землі з великими астероїдами, американські фізики, астрономи, інженери створили спеціальну групу, яка вивчає проблему зіткнення небесних тіл із Землею і шукає способи, як запобігти такому зіткненню.

Проблема розроблення методів захисту Землі від можливої астероїдної загрози з космосу зовсім не надумана. Якщо подивитись на кількість потенційно небезпечних космічних об'єктів лише у межах Сонячної системи, стає зрозуміло, що ці застереження небезпідставні. На думку одного з членів групи, співпрацівника Еймсівського дослідницького центру НАСА доктора Девіда Моррісона, мета групи – звернути увагу громадськості й державних організацій на актуальність проблеми та активізувати зусилля, які б допомогли вберегти людство від можливих трагічних подій.

Досі вважали найефективнішим методом знищення астероїдів ядерний вибух. Однак ідея щодо ефективності застосування ядерних вибухів проти астероїдів, що загрожують Землі, уже втрачає свою популярність. Натомість ефективнішими видаються спокійніші, поступові методи зміни орбіт космічних об'єктів. Ядерний вибух може, наприклад, розколоти астероїд на декілька великих частин, підсилити цим, а не послабивши загрозу. А вибух на певній відстані від астероїда задля миттєвої зміни його орбіти теж може не досягти мети. Астероїд може, як губка, поглинути енергію вибуху, не змінивши траєкторії. Так вважає, зокрема, фахівець з моделювання ядерних вибухів професор Вашингтонського університету доктор Кіт Гольцашл.

Щодо поступової зміни орбіти, це можна здійснити за допомогою якого-небудь механічного пристрою, який би викидав частинки астероїдної речовини у космос, від чого б сам космічний об'єкт отримував би імпульс у протилежний бік, або ж за допомогою сонячного концентратора – параболічного дзеркала, яке б поступово випарувало з поверхні астероїда з аналогічною метою частину його маси тощо.

Науковий працівник Арізонського університету, доктор Джозеф Спітейл пропонує змінити колір астероїда. Пофарбувавши його, наприклад, чорною фарбою, можна збільшити поглинання теплової енергії сонячних променів, що призведе до розігрівання об'єкта. Астероїд почне сам випромінювати теплові фотони у простір, що призведе до виникнення невеличкої сили, направленої у протилежний бік.

Як свідчать недавні дослідження учених велика кількість небесних тіл не є масивними космічними каменюками, а достатньо пухкою, пористою агломерацією кам'яних уламків, що утворювалась упродовж тривалого часу. Ці дослідження підтверджують перевагу застосування неядерних методів відвернення астероїдів від Землі.

Однак пористість речовини астероїда може вкрай ускладнити процес монтажу на його поверхні пристроїв для викидання частини його маси в космос або ж закріплення на ньому ракетного двигуна. Видається доречним згадати про метод забарвлення астероїда, який запропонував доктор Спітейл. Якщо буде потрібна велика кількість фарби, то можна замінити процес забарвлення „здиранням” поверхні астероїда малими вибуховими зарядами. „Можливо, під тонким поверхневим шаром міститься матеріал, який володіє чудовими термічними характеристиками,” – зазначив доктор Спітейл.

Проте багато науковців дотримуються думки, що нині, враховуючи вкрай малу ймовірність зіткнення найближчим часом, не варто витратити кошти і ресурси на розроблення протиастероїдних систем захисту. Наступним поколінням буде значно простіше розв'язати ці проблеми, натомість нині краще зосередити інтелектуальні й матеріальні ресурси на спостереженні за небесними тілами і вивченні їхньої потенційної небезпеки. Так, зокрема, вважає доктор Алан Гарріс з Інституту дослідження космосу в Боулдері (штат Колорадо, США). До такого ж висновку дійшли учасники симпозіуму з астероїдної безпеки, який нещодавно відбувся з ініціативи НАСА. Сьогодні фахівці шукають різні методи для виявлення астероїдів, які загрожують Землі. Їхня мета – виконати спеціальне завдання американського Конгресу – виявити до 2008 р., принаймні, 90% об'єктів з діаметром понад 1 км.



# Шляхи наукових відкриттів

(на прикладі історії відкриття X-променів)

Богдан Лукіянець, Галина Шопа

Вивчаючи якое фізичне явище, ми переважно мало цікавимося, як таке явище було відкрито, як його вивчали, як були отримані формули, що його описують. Деколи ми віримо в примітивні пояснення відкриттів (як-от, яблуко, що впало на голову науковцю), їх абсолютну випадковість чи як наслідок зовсім побічних чинників (наприклад, сон). Насправді будь-яке відкриття – це результат багатьох чинників – це і науковці з їхніми емоціями і їхні цілі, починаючи від високих до кон'юктурних, це і міжнародна політика загалом, це і політика держав у галузі наук тощо. Деколи історія відкриття подібна на фабулу цікавого захопливого роману. З плином часу все складніше відтворити собі перебіг та нюанси відкриттів, роль „дійових

осіб” у них. Проаналізуємо, наприклад, історію відкриття X-променів.

Важливою темою фізичних досліджень XIX сторіччя були, зокрема, електричні процеси в розріджених газах. Бурхливі дослідження газової електроніки пов'язані з важливим технічним відкриттям індукційної котушки 1851 р., яку зробив Генріх Румкорф. До Г. Румкорфа основним електричним розрядом, який вивчали, була низьковольтна дуга. Створити іскру при атмосферному тиску можна було за допомогою електростатичних машин. Однак створені струми були настільки малими, що не давали змоги досліджувати процеси, які супроводжують таке явище.

Інше важливе технічне досягнення, що посприяло інтенсивним дослідженням газової електроніки, належить складувові Генріху Гайслерові, власникові майстерні наукових приладів у Бонні. У 1858 р. він навчився впаювати платинові електроди в скло. Звідси й з'явилися „гайслерові трубки”.

Однією з важливих сторінок газової електроніки було відкриття Юліусом Плуккером катодних променів. Він показав, що ці промені заставляють флюоресціювати різні речовини. Ю. Плуккер 1859 р. постулював, що таке явище спричинене електричними струмами, що йдуть від катода до стінок трубки.

Йоганн Гітторф, учень Гайслера, 1869 р. виявив, що катодні промені можуть давати тінь. Це було важливе відкриття, оскільки означало, що промені йдуть від катода в певному напрямку. Продовжуючи роботи з тінями, Ейген Гольдштейн (1876) припустив, що катодні промені – хвилі у вакуумі. Вільямс Крукс (1879) має іншу думку про ці промені. Він вважав, що ці промені – це заряджені частки, які з великою швидкістю вилітають із катода. Прискіпливі дослідження Жана Батіста Перрена (1895) з метою дати відповідь таке запитання, разом з результатами Густава Відеманна (1891) з вимірів тепла, спричиненого





променями, давали підставу встановити їх фундаментальну природу. Проте цього не сталося. Остаточну однозначну відповідь дали значно пізніше.

Істотний внесок у вивчення катодних променів належить українському фізику та електротехніку Іванові Пулюю (1845–1818), про що, на жаль, мало відомо навіть фахівцям. Нагадаймо, що своєю творчою діяльністю І. Пулюй розпочав як фізик. Склавши іспит з математики і фізики 1872 р., він успішно працював над сучасними тоді проблемами фізики у різних містах Австро-Угорщини, куди закидала його доля. Проте матеріальні нестатки заставили його зайнятися електротехнікою. Це сталося приблизно 1882 р. Подальша творча активність Пулюя була спрямована на розв'язання електротехнічних проблем, де він досягнув непересічних результатів.

Однією з тем першого періоду досліджень І. Пулюя були катодні промені. Упродовж 1880–1882 рр. він опублікував цикл статей „Промениста електродна матерія”, присвячений вивченню таких променів. Свої дослідження науковець провів на технічно досконалих, оригінальних, зроблених власноручно, трубках. Основна проблема, що, як і інших дослідників, цікавила Пулюя у дослідках з катодними променями – це їхня природа. І. Пулюй вперше довів, що дія магнетного поля на катодні промені така сама, що й дія на електричні струми, які проходять у провідниках, а тому описуються однаковими законами [3]. Його аналіз і висновки, спиралися на мікроскопічний підхід, і нині вражають глибиною. Якщо зважити на час, коли це було зроблено – електрон ще не був відкритий, ще задовго до квантової теорії, то можна лише дивуватися проникливості Пулюя.

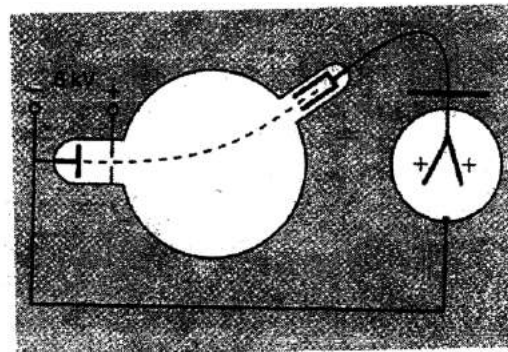
Кінець XIX сторіччя був часом інтенсивних досліджень оптичних властивостей катодних променів. „Гайслерові трубки” використовували і як джерела світла. Глибшому розумінню свічення під дією катодних променів сприяло досягнення глибокого вакууму в таких трубках. Якщо до 1880-х років нижньою межею тиску в трубках був 0,1 Тор, то поява доплерівського насоса дала змогу понизити цю межу до 0,01 Тор.

Завдяки дослідженням катодних променів декількома поколіннями фізиків до кінця XIX сторіччя було накопичено знання не лише про них, а й стали поштовхом для інших відкриттів. Одне з них – відкриття X-променів чи рентгенівських променів.

Сьогодні автором відкриття X-променів однозначно вважають німецького фізика Вільгельма Рентгена. За це відкриття 1901 року він уперше в історії отримав Нобелівську премію. Спробуємо розібратися в історії цього відкриття, що містить багато „білих плям”.

Поширена думка, що відкриття Рентгена було цілком випадковим. Поки що прийемо це на віру.

У листопаді 1895 року Рентген проводив досліді з катодними променями, а саме, досліджував природу флюоресцентного свічення речовин під дією таких променів. Для цього він використовував крукову трубку, що мала назву „фокусуєча трубка”. Одна з речовин, що особливо реагувала на катодні промені, які падали на неї, був платиносинеродистий барій. Намір Рентгена був, на думку автора [1], з'ясувати чи впливає, і якщо так, то як, флюоресценція скляної поверхні крукової трубки на пластинку, покриту платиносинеродистим барієм, що міститься *поза межами* трубки. (Тут виникає запитання, чи саме такий був намір Рентгена [2]). До експерименту, про який йде мова, були відомі демонстраційні досліді зі свічення флюоресцентної речовини *всередині* трубки як результату падіння на неї катодних променів, а не слабким свіченням стінок трубки, яке спричинене тими ж променями). „Фокусуєча трубка”



Катодні промені

„...Найрізноманітніші феномени творчості мають у своїй основі щось загальне, що характеризує ті умови, за яких можливе виникнення якісно нових досягнень”

Фрідхардт Клікс



була вибрана для того, щоб збільшити рикошет катодних променів від аноду на скляну поверхню трубки і так збільшити її флюоресценцію. Експеримент показав, що справді, пластинка, покрита платиносинеродистим барієм, світиться при ввімкненій круксовій трубці. Проте Нобелівську премію Рентген отримав фактично за фрагмент цього досліду. Щоб переконатися, що свічення спричинене флюоресценцією скла, Рентген прикрив трубку чорним папером. На диво, папір не вплинув на свічення платиносинеродистого барію. Отже, існують якісь невидимі промені – X-промені, як їх назвав дослідник.

Переказане тут належить Браунові [1] і виглядає надто спрощено. Тому розгляньмо інший варіант версії відкриття Рентгена. На лабораторному столі під час досліду з круксовою трубкою випадково виявився аркуш паперу, покритий платиносинеродистим барієм. Розрядна трубка чомусь була прикрита чимось непроникним для світла. Відкриття відбулося, коли Рентген несподівано зауважив свічення флюоресцентного листка при ввімкненій розрядній трубці. Пояснити логіку цих дивних обставин не вдалося нікому.

Інша версія причини відкриття Рентгена. Ще до відкриття X-променів багатьом фізикам був відомий факт підсвічування фотопластин (чи, іншими словами, поява вуалі на них), якщо вони перебували біля ввімкнених круксових трубок. Цікавий факт. Коли мова зайшла про пріоритет відкриття такого явища, то його добивався оксфордський фізик Фредерік Сміт. Працюючи з круксовими трубками, він спостерігав вуаль на фотопластинках, що були в цей час біля трубок. Але замість того, щоб зайнятися дослідженням причини такого явища, він попросив свого асистента перенести фотопластинки подалі від трубок. Рентген був надзвичайно пунктуальний, обізнаний з найновішими досягненнями як експериментальної, так і теоретичної фізики, науковець. Він був педантичний до своїх результатів і щоб їх опублікувати мусив бути глибоко переконаним у їх правильності. Як приклад, одна з його статей

містить докладний опис експерименту на 200 (!) аркушах. Так от, мало ймовірно, щоб такий науковець, дізнавшись про появу вуалі, поступив як Сміт чи йому подібні. Тоді можна пояснити, чому у досліді Рентгена розрядна трубка була прикрита світлонепроникним матеріалом: якщо існують промені, здатні такий матеріал проходити, то яке значення має, що ним покривати – розрядну трубку чи екран?

Все описане – не більше, ніж припущення. Для нього не існує навіть опосередкованих підтверджень ні в словах загалом мовчазного за природою Рентгена, ні його близьких чи колег у їхніх розповідях про відкриття. Цікавим є твердження його учня і мало чи не єдиного друга і біографа, одного з перших рентгенотехніків Л. Цандера про шлях до відкриття. „Рентген займався повторенням дослідів Ленарда, – писав він. – Для цього йому потрібен був екран з платиносинеродистого барію, а також трубка, яку він попросив у самого Ленарда”. Нагадаймо, що Філіпп Ленард – не проста людина і науковець, тому ставлення до нього неоднозначне. Він 1905 р. отримав Нобелівську премію за роботу саме з катодними променями. Суть цієї роботи – створення розрядної трубки з вікном діаметром 2 мм, герметично закритим алюмінієвою фольгою завтовшки 0,003 мм. Це дало змогу через це вікно вивести катодні промені за межі трубки.

Після 45 років Ленард почав деградувати як науковець, а в часи гітлеризму в Німеччині став нацистом. Початок його падіння історики науки пов'язують саме з відкриттям X-променів.

Працюючи вже з „живими”, виведеними за межі трубки катодними променями, Ленард дійшов висновку, що вони проходять через картон і метал. Якщо так, то виникає підозра чи це справді катодні промені? „Якщо вони, згідно з Ленардом, (хай навіть вони катодні промені) – міркував Рентген, – проходять через метал і картон, то чому б їм не проходити крізь скло в звичайній, не ленардівській трубці?” Тому, хоч Рентген таку трубку мав (її він 1894 р. отримав від Ленарда),

---

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

Альберт Айнштейн





він почав пошуки на звичайній трубці. У результаті напружених досліджень упродовж семи тижнів він знайшов те, що шукав – нові промені.

Після того, як результати Рентгена у вигляді брошури „Про новий вид променів” отримав Ленард, той зрозумів, наскільки був близький до відкриття. Він навіть намагався оскаржувати пріоритет винаходу, а зрештою Рентген став для нього заклятим ворогом.

Вище ми припустили, що відкриття Х-променів було випадковим. Чи погоджується читач з цим припущенням після нашого аналізу? Можна погодитися з твердженням відомого німецького фізика В. Герлаха, що істинні обставини відкриття Х-променів покриті „вічною тьмою”. Але думаємо, що більшість з Вас погодиться, що таке відкриття стало результатом колективних, досить інтенсивних майже 50-річних досліджень катодних променів. Це підтверджує і той факт, що кожен з дослідників історії відкриття Х-променів притримується думки про важливість у ньому праць попередників. Академік А. Йоффе писав: „Одне з безсумнівних: відкриття рентгенівських променів було вже підготовлене попередніми дослідженнями, вони були б незабаром відкриті ким-небудь іншим, якби Рентген пройшов попри них”. Найближче до цього, безсумнівно був І. Пуллой. Ось ще декілька аргументів на користь такого твердження.

Івана Пуллой можна віднести до європейської школи відомого фізика-експериментатора Августа Кундта, до якої належав і Рентген. Проте між ними існувала істотна відмінність у ставленні до фізики. „Вихований у школі Кундта, – писав академік Йоффе. – Рентген на все життя залишався переконаним прихильником класичної фізики другої половини XIX ст. До цієї групи належали Кольрауш, Пашен, Рубенс, Варбург, Браун. Усі вони були чудовими експериментаторами, але не могли перейти від вивчення макроскопічних явищ до фізики елементарних явищ, яке характеризує XX ст.” Чи не тому до 1906–1907 рр. слово „електрон” було заборонене у Фізичному інституті Мюнхенського університету, який очолював Рентген? Пуллой же, по-перше, був чудовим експериментатором. Досить нагадати, що після перших

повідомлень про відкриття Х-променів (січень 1896 р.) І. Пуллой, використовуючи трубки, які створив ще у 1880–1882 рр., протягом стислого терміну перевірів відкриття, дослідив Х-промені і результати таких досліджень опублікував у двох працях. Висока якість трубок давала змогу йому отримати чи ненайдосконаліші рентгенограми, описати їх і, отже, закласти фундамент практичного застосування Х-променів. По-друге, на противагу Рентгену, Пуллой завжди старався, спираючись на положення та досягнення сучасної йому фізики, „докопатися” до причин того чи іншого явища. Безгрошів’я та матеріальні нестатки вимусили його в час, особливо плідних досліджень, змінити фізику на електротехніку, від чого остання виграла. Але чи не більше б виграла наука, якби Пуллой мав змогу продовжувати займатися фізикою?

Чому ж постать І. Пуллой ми відкриваємо для себе лише сьогодні? Існує багато версій. Попробуємо і ми поміркувати на цю тему.

У [3] серед версій висунуто те, що більшість своїх фізичних статей І. Пуллой публікував у не надто популярних серед фізиків „Доповідах Віденської Академії наук”. Безумовно, публікації у престижних журналах сприяли б його авторитетові як фізика більше. Проте він працював у європейських містах, де поряд велися інтенсивні дослідження катодних променів. Не можна сказати, що сучасники І. Пуллой не знали про нього. Досить пригадати той резонанс, який викликала його монографія „Промениста електродна енергія”, що й зумовило її перевидання англійською мовою. Може причина забуття І. Пуллой інша?

Чи не затьмарив авторитет Пуллой-електротехніка Пуллой-фізика? Забуттю імені Пуллой сприяли й інші чинники. Про ту чи іншу людину нащадки дізнаються з інформації у вигляді переказів з уст в уста, з публікацій тощо. Досить на якомусь етапі цю передачу інформації припинити чи спотворити, як нащадки або зовсім не знатимуть про цю людину або матимуть про неї зовсім неправильне уявлення. Приклади наслідків радянської ідеології – яскравий доказ.

Іван Пуллой жив у вкрай складний час європейської історії. Він був уже визнаним електро-

...Аж страшно подумати: Ньютон до їх відкриття не знав законів Ньютона”

Богдан Лукіянець



техніком і фізиком, коли почалася Перша світова війна, а за нею – корінна політична перебудова Європи. Впродовж останніх 30 років свого життя він працював професором у Німецькій вищій технічній школі у Празі. Останнє є важливою обставиною. Після Першої світової війни, у рік смерті Пулюя, Чехія отримала самостійність після тривалого перебування в Австро-Угорській монархії. Молода держава перебувала, зрозуміло, в стані духовного піднесення. Її увага була звернена до історії своїх співвітчизників, їх відродження – тобто все те, що не так давно переживала Україна. Закрили Німецьку вищу технічну школу, пропав інтерес до неї, до людей, які там працювали. Якби подальші світові та європейські події були не такими напруженими, то пам'ять була би не повністю втрачена. Але не встигли оговтатися від Першої світової війни, як Європа, а далі й увесь світ, почали готуватися до іншої світової війни. Це, звичайно, не могло сприяти відродженню імені Пулюя.



Здавалося б, ім'я І. Пулюя мало б з'явитися у наукових джерелах у Радянському Союзі. Цього не сталося з двох причин. Перша. Однозначне ставлення до відкриття X-променів і його відкривача у радянського читача формувалося на підставі спогадів учня і співробітника Рентгена відомого академіка А. Йоффе. У його спогадах не знайшлося навіть згадки про І. Пулюя та його праці. Складається враження, що він про них не знав [3]. А може чомусь зігнував? Другою причиною була політика, яку проводила радянська ідеологічна машина щодо науки, зокрема, славнозвісна боротьба „зі схилянням перед Заходом”, зведена до абсурду, і була трагедією для багатьох науковців. Хто був для радянських ідеологів Пулюю? Якийсь науковець (хай навіть слов'янин), що працював в Австро-Угорщині – залятого ворога Росії. А тому ніяких згадок про нього в тій задушливій атмосфері бути не могло.

Залишається багато запитань, тому треба шукати. Сучасні можливості зв'язку дають змогу робити такі пошуки, не виходячи з дому. Досить мати, наприклад, Internet. Тому крім питань, що були сформульовані вище, можна додати ще й такі:

– Наскільки є важливі передумови для того, щоб сталось наукове відкриття?

– Яку роль відіграють обставини та особистість?

– Чи знаєте Ви про шляхи інших відкриттів у науці та фізиці, зокрема?

Пропонуємо тобі, Читачу, спробувати знайти таку інформацію. У цьому Вам допоможе й Інтернет. Нам буде цікаво ознайомитися й обговорити результати Ваших пошуків.

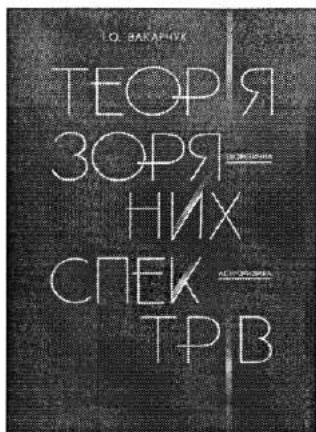
#### Література

1. Brown S.C.A. Short History of Gaseous Electronics/ In: Gaseous Electronics, v.1, Ed, M.N.Hirsch, H.J.Oskam. – N.–Y.–London: Academic Press, 1978. – P. 1–18.
2. Б.Е.Явелев. Случайное и закономерное в истории физических открытий. – М.: Знание. – 64 с.
3. Р.Гайда, Я.Пляцко. Иван Пулюй. (1845–1918). Життєписно-бібліографічний нарис. – Львів: Видавничий центр НТШ, 1998. – 286 с.

---

*„Більшість людей знає, що зробити відкриття неможливо.  
Тоді з'являється один, який не знає цього. Ось він і робить відкриття”*

**Альберт Айнштейн**



**Іван Вакарчук. Теорія зоряних спектрів:**  
Підручник. – Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2002. – 359 с.: 20 іл.

Виходячи з основних принципів квантової механіки, виведено рівняння переносу випромінювання в зоряних атмосферах у наближенні однофотонних переходів, коли беруть до уваги процеси поглинання та випромінювання світла й послідовно враховують процеси розсіяння – двофотонні переходи. Особливу увагу звернуто на детальне виведення таких величин, як коефіцієнт поглинання та перерізи когерентного й некогерентного розсіяння. Розкрито фізичні й математичні механізми природної ширини спектральної лінії та її розширення внаслідок міжчастинкових взаємодій, теплових і турбулентних рухів в атмосфері зір та інших механізмів, таких як обертання та пульсації зір, магнетні поля, надтонка структура енергетичних рівнів атомів. Розвинуто релаксаційну

теорію ударного механізму розширення ліній та сталої загасання з урахуванням ван-дер-ваальсівських, постван-дер-ваальсівських та відштовхувальних міжатомних взаємодій. Подано розв'язок рівнянь переносу випромінювання, характеристику спектральних ліній, методи визначення хемічного вмісту елементів у зоряних атмосферах. Знайдено рівняння для заселеностей атомних станів за відсутності термодинамічної рівноваги.

Для студентів, аспірантів та молодих учених.

**Всеукраїнські олімпіади з фізики. Задачі та розв'язки/** За ред. Б. Кременського. – Львів: Євросвіт, 2003. – 220 с.

Книжка містить умови та розв'язки IV етапу Всеукраїнських олімпіад з фізики (1995–2002). У ній – 160 задач та їхні розв'язки, подано також рисунки, графіки, коментарі. У додатках наведені методи наближеного обчислення фізичних величин, математичні формули, таблиці фізичних величин тощо.

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

Для вчителів, школярів, студентів та всіх, хто цікавиться фізикою.



**ВИДАВНИЦТВО „ЄВРОСВІТ” ПРОПОНУЄ:**

**БІБЛІОТЕКА „СВІТ ФІЗИКИ”:**

1. Іво Краус. Вільгельм Конрад Рентген. Нащадок щасливої випадковості/ Пер. з чеської В. Іванової-Станкевич. – Львів: Євросвіт, 2002. – 84 с.: іл.
2. Олекса Біланюк. Тахіони. – Львів: Євросвіт, 2002. – 160 с.: іл.
3. Алексійчук В., Гальчинський О., Шопя Г. Обласні олімпіади з фізики. Задачі та розв'язки. – Львів: Євросвіт, 2000. – 168 с.

**БІБЛІОТЕКА МОЛОДОГО НАУКОВЦЯ:**

Ярослав Довгий. Чарівне явище надпровідність. – Львів: Євросвіт, 2000. – 440 с.

**БІБЛІОТЕКА ФОНДУ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ:**

1. Поп С., Шароді І. Фізична електроніка. – Львів: Євросвіт, 2001. – 240 с.: іл.
2. Зербіно Д. Наукова школа: лідер і учні. – Львів: Євросвіт, 2001. – 208 с.: іл.
3. Геодезичний енциклопедичний словник /За ред. В. Літинського. – Львів: Євросвіт, 2001. – 668 с.

**Приймаємо замовлення за адресою:**

**79005 м. Львів, а/с 6700**



МИСТЕЦЬКА  
СТОРІНКА  
ЖУРНАЛУ  
"СВІТ ФІЗИКИ"



***С.І. Васильківський (1854–1917).  
Хати взимку. Фанера, олія.***

С. Васильківський був наділений багатогранним талантом. Він – пейзажист, жанрист, портретист, історичний живописець, автор монументальних розписів. Для творчості С. Васильківського характерні правдивість змісту, майстерність виконання, ясний, спокійний колорит. Самостійний творчий шлях художника розпочався 1885 року, після закінчення Академії мистецтв. 1885–1900 роки – особливо плідний період у творчості художника: він створив свої найкращі картини, присвячені природі України, славному минулому українського народу, життю сучасного українського села: „Козацький пікет” (1888), „Запорожець у розвідці” (1889), „Козаки в степу” (1892), „Козача левада” (1893), „На греблі”, „Побачення”, „Воронець цвіте” та ін.

С. Васильківський разом із своїм другом, художником-баталістом М. Самокишем 1900 року видав альбом „З української старовини”, а також самостійну роботу „Мотиви українського орнаменту”. Цікавою спробою відродити український монументальний живопис є розписи С. Васильківського у Полтавському будинку земства („Вибори полковника Пушкаря”, „Бій козака Голоти з татариним”).