

# С В І Т

# Ф І З И К И

№ 3  
2009

науково-популярний журнал



**Наука — головна  
і єдина мета в моєму житті**  
Микола Боголюбов



*Автобіографія Н.Н. Боголюбова*  
 Народився в 1909, в селі Юршин в селі об-  
 ласті Чернівецької в Києві (с переселення на  
 С. дванадцятилітньою вступив до Київського університету  
 ім. Шевченка. В 1923 г. почав працювати в науковій  
 лабораторії інтегралів Лежандра в науковій  
 групі проф. М.С. Геланського. Тут прийняв  
 участь в організації Інституту фізики АН УРСР  
 в 1928 г., заступив інтегралів Лежандра в  
 кафедрі фізики. В 1925 г. отримав стипендію  
 від Академії наук УРСР для роботи в Інституті  
 фізики АН УРСР в Києві. В 1936 г. отримав  
 ступінь кандидата фізико-математичних наук  
 за дисертацією «Про дифузійно-теплові процеси  
 в середовищі з температурною залежністю коефіцієнта  
 дифузії». В 1937 г. отримав ступінь доктора фізико-математичних наук  
 за дисертацією «Про дифузійно-теплові процеси в середовищі з температурною залежністю коефіцієнта  
 дифузії». В 1938 г. отримав звання професора. В 1940 г. отримав звання  
 академіка АН УРСР. В 1941 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1942 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1943 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1944 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1945 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1946 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1947 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1948 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1949 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1950 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1951 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1952 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1953 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1954 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1955 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1956 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1957 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1958 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1959 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1960 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1961 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1962 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1963 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1964 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1965 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1966 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1967 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1968 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1969 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1970 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1971 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1972 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1973 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1974 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1975 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1976 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1977 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1978 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1979 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1980 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1981 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1982 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1983 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1984 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1985 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1986 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1987 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1988 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1989 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1990 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1991 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1992 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1993 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1994 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1995 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1996 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 1997 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 1998 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 1999 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 2000 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 2001 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 2002 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 2003 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 2004 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 2005 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 2006 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР. В 2007 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР.  
 В 2008 г. отримав звання члена-кореспондента АН УРСР. В 2009 г. отримав звання  
 члена-кореспондента АН УРСР.

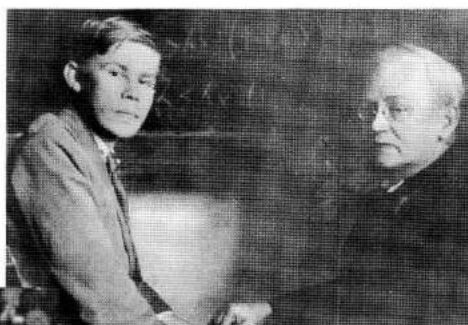




# 100 років від дня народження Миколи Миколайовича БОГОЛЮБОВА

Боголюбов виділяється серед дослідників в галузі теоретичної фізики надзвичайним багатством результатів фундаментальної вартості. Після його безпрецедентної діяльності теоретична фізика набула зовсім іншого вигляду.

*А. В. Свідзинський*



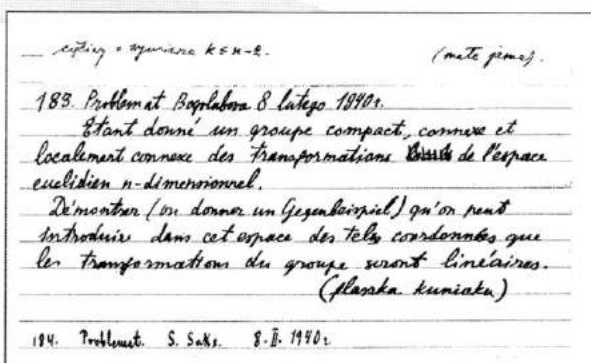
*М. М. Боголюбов та академік М. М. Крилов*



*Під час конференції з фізики плазми, 1971 р. М. М. Боголюбов в центрі першого ряду*



*Академік М. М. Боголюбов (праворуч) з докторами І. Р. Юхновським (ліворуч) та В. П. Шелестом (у центрі)*



*Задача, яку сформулював М. М. Боголюбов на сторінках «Шотландської книги»*

# світ ФІЗИКИ

науково-популярний журнал

3(47)'2009

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 "Свросвіт"

Головний редактор

**Іван Вакарчук**

заступники гол. редактора:

**Олександр Гальчинський**

**Галина Шопа**

Редакційна колегія:

**Ігор Анісімов**

**Олекса Біланюк**

**Михайло Бродин**

**Петро Голод**

**Семен Гончаренко**

**Ярослав Довгий**

**Іван Климишин**

**Юрій Ключковський**

**Богдан Лукіянець**

**Олег Орлянський**

**Максим Стріха**

**Юрій Ранюк**

**Ярослав Яцків**

Художник **Володимир Гавло**

Літературний редактор

**Мирослава Прихода**

Комп'ютерне макетування та друк  
СП "Свросвіт", наклад 1000 прим.

#### Адреса редакції:

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

тел. у Львові 380 (0322) 39 46 73

у Києві 380 (044) 416 60 68

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

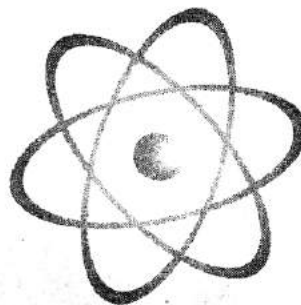
www.franko.lviv.ua/publish/phworld

"...Однією з особливостей людини як біологічного виду є наше повсякчасне прагнення до пізнання. Історії людства, зафіксованій на письмі, понад шість тисяч років. І весь цей час ми фіксуємо намагання дослідити й пояснити природу виникнення та закони існування усього, що нас оточує та, власне, й нас самих. Наука є способом такого пізнання. Її розвиток є необхідною умовою тривання та поступу людства як цивілізації. Нині ми спостерігаємо процес пришвидшення зміни суспільних цінностей та пріоритетів, трансформуються способи здійснення державами своїх місій забезпечення існування та розвитку соціумів, які покладають на свою владу відповідальність за власну долю. Завдяки фундаментальним науковим відкриттям, які дали змогу карколомно пришвидшити обмін інформацією, виникають принципово нові способи взаємодії між людьми, людськими спільнотами, державами та громадянами...

У сучасному світі будь-яка держава, що претендує на статус цивілізованої, зобов'язана мати власну політику розвитку фундаментальної та прикладної науки. Рівень розвитку власної науки є одним з показників конкурентоспроможності держави та її перспектив належати до цивілізованої спільноти. Вже сьогодні обсяги виробництва провідних країн прямо пропорційно залежать від рівня розвитку їхньої науки. Та й, врешті-решт, і повноцінна освіта без розвитку національної науки також неможлива..."

**Максим Стріха,**

*із інтерв'ю заступника  
міністра освіти і науки України*



**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 "Свросвіт"

# ЗМІСТ

## **1. Нові та маловідомі явища фізики**

*Ровенчак Андрій, Криницький Юрій.* Історія виникнення комплексних чисел

3

## **2. Фізика світу**

*Мриглюд Ігор, Ігнатюк Василь.* З Україною в серці: до 100-річчя з дня народження Миколи Миколайовича Боголюбова

10

## **3. Фізика України**

*Шевчук Володимир.* Михайло Косач: життєвий шлях та наукова діяльність

26

## **4. Олімпіади, турніри...**

*Орлянський Олег.* Напрямок сили і закон додавання швидкостей

33

Розв'язки задач XLVI Всеукраїнської олімпіади з фізики олімпіади з фізики (11 клас, 2009)

38

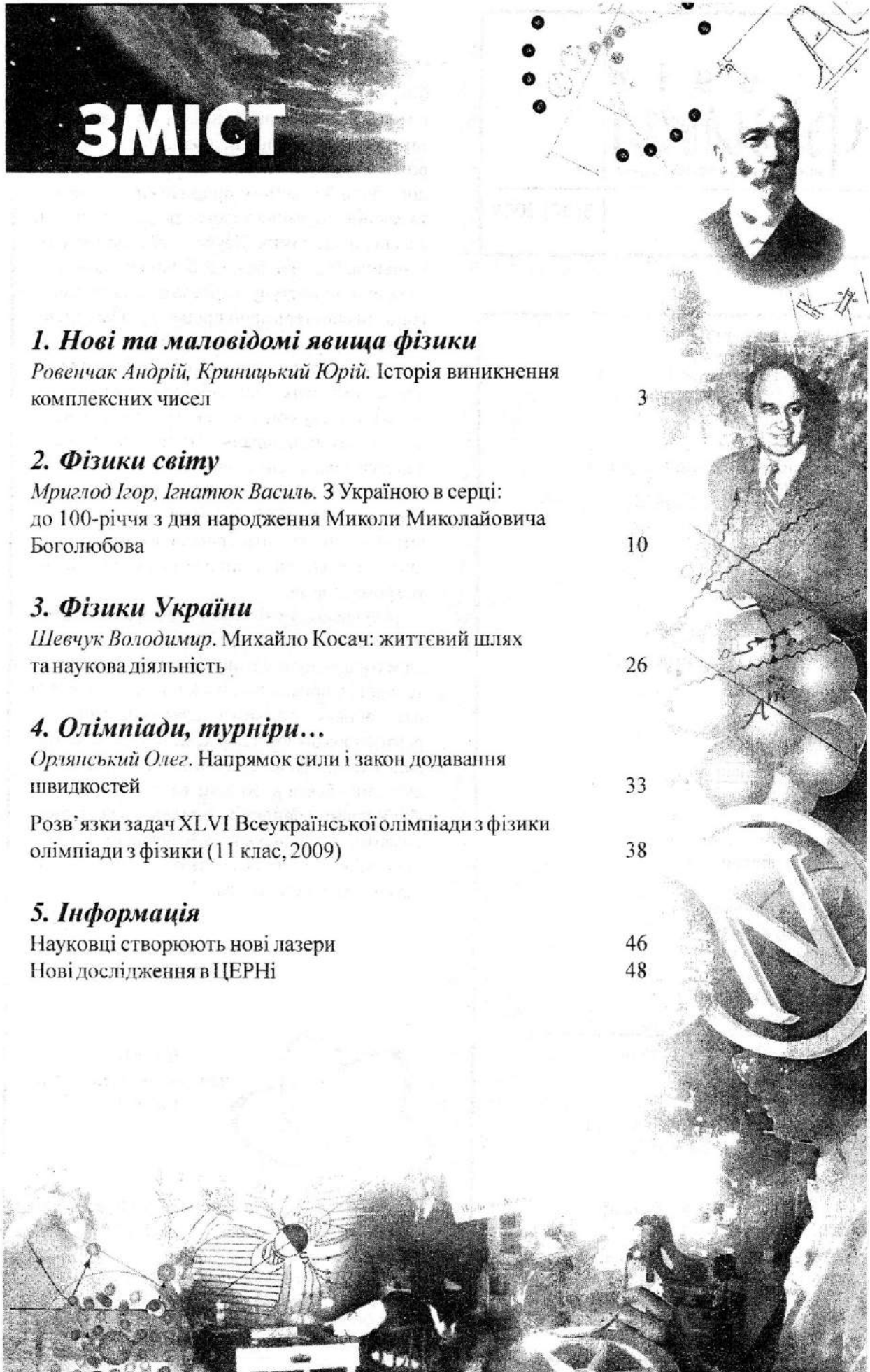
## **5. Інформація**

Науковці створюють нові лазери

46

Нові дослідження в ЦЕРНі

48







## ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ КОМПЛЕКСНИХ ЧИСЕЛ

Андрій Ровенчак, Юрій Криницький,

кафедра теоретичної фізики Львівського національного університету  
імені Івана Франка

### Вступ

Прийнято вважати, що комплексні числа виникли з потреб розв'язати квадратні рівняння на зразок  $x^2 + 1 = 0$ . Таке уявлення є насправді хибним, а історія появи комплексних чисел у математиці виявляється набагато цікавішою.

Алгоритм розв'язування квадратного рівняння був відомий, правдоподібно, ще у Давньому Вавилоні, його точно вже знали давні греки. Першу відому задачу, в якій виникла потреба обчислити квадратний корінь із від'ємного числа, знаходимо в Герона Александрійського (Ἡρώων ὁ Ἀλεξανδρεὺς) у праці "Стереометрія" (бл. 50) [1–3]. Він намагається знайти висоту зрізаної правильної чотирикутної піраміди з довжинами основ 28 і 4 і ребром 15 [4]. Герон натрапляє в розрахунках на

$$\sqrt{81 - 144} = \sqrt{-63},$$

замінює його на

$$\sqrt{144 - 81} = \sqrt{63},$$

очевидно, ще не дуже добре усвідомлюючи сенс від'ємних чисел (які поступово завоювали місце в математиці ще упродовж кількох сторіч). Щоправда, не до кінця зрозуміло, чи цю перестановку робив сам Герон, чи це наслідок роботи переписувачів (оригінали праць не збереглися).

В "Арифметиці" Діофанта Александрійського (Διόφαντος ὁ Ἀλεξανδρεὺς), яку було написано близько 275 року, натрапляємо на ще одну задачу [1–3]: знайти сторони прямокутного трикутника з периметром 12 і площею 7

*Più di meno via più di meno, fà meno.  
Più di meno via men di meno, fà più.  
Meno di meno via più di meno, fà più.  
Meno di meno via men di meno, fà meno.*

**Rafael Bombelli, *L'Algebra* (1572)**

(книга 6, задача 22) [5]. Розв'язуючи її, Діофант отримав рівняння

$$172x = 336x^2 + 24.$$

Цікаво, що Діофант був першим, хто почав застосовувати у викладках спеціальні позначення, його часто називають "батьком алгебри". У його записах згадане рівняння має вигляд:

$$\zeta\rho\beta \text{ ἴσ. } \Delta^{\gamma}\tau\zeta \overset{\circ}{M}\kappa\delta,$$

який "розшифровується" так:

$$\zeta\rho\beta \text{ ἴσ. } \Delta^{\gamma}\tau\zeta \overset{\circ}{M}\kappa\delta$$

$$\begin{array}{c} \uparrow \\ x \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \\ x^2 \end{array} \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{одиниці} \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} \hline 172 & & 336 \quad 24 \end{array}$$

(див. зокрема коментарі щодо позначень у [6–7]).

Діофант зазначає, що, кажучи сучасною мовою, дискримінант цього рівняння від'ємний, а тому не може бути квадратом, звідки робить правильний висновок про неіснування розв'язку.

"Неможливість" операції добування квадратного кореня з від'ємного числа, тобто те, що тільки додатне число може бути квадратом, зазначали індійські математики Магавіра (бл. 800 – бл. 870) [2, 3] і Бгаскара (1114 – бл. 1185). Останній також відзначає двояку природу квад-



ратного кореня – додатне й від’ємне значення квадратного кореня з додатного числа [3].



Герон Александрійський  
(бл. 10 – бл. 75)

Італійський математик Лука Пачолі (Luca Pacioli, бл. 1445–1514/17) у праці “Summa di arithmetica geometria” (1494) зауважує, що, кажучи сучасними термінами, квадратне рівняння має розв’язок лише тоді, коли його дискримінант невід’ємний. Подібне твердження зафіксовано у французького математика Ніколя Шуке (Nicolas Chuquet, бл. 1445 – бл. 1500) у неопублікованому рукописі від 1484 року [3].



Діофант Александрійський  
(між 200 і 214 – між 284 і 298)

Варто зазначити, що геометрична інтерпретація у математичних задачах довго, щонайменше до XVI ст., залишалася необхідним елементом. Зрештою, нічого дивного немає, що певні квадратні рівняння не вдавалося розв’язати – це означало також, що неможливо зробити відповідну геометричну побудову. Тобто ні в кого не виникало потреби вводити уявні числа, адже комплексний розв’язок поставлених задач не мав ніякого змісту.

### XVI сторіччя

Найцікавіша історія почалася тоді, коли на початку XVI сторіччя було відкрито алгоритм розв’язування кубічних рівнянь. На відміну від сучасного способу алгебраїчного запису, потреба геометричної інтерпретації вимагала розгляду рівнянь лише з додатними коефіцієнтами. Тому замість одного рівняння

$$x^3 + px + q = 0$$

(до нього рівняння загального виду

$$y^3 + ay^2 + by + c = 0$$

зводиться заміною

$$y = x - a/3,$$

вперше зафіксованою у двох анонімних флорентійських рукописах кінця XIV ст. [8]) математики того часу розглядали три:

$$x^3 + px = q \quad (I)$$

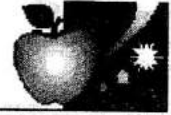
$$x^3 = px + q \quad (II)$$

$$x^3 + q = px \quad (III)$$

Вважають, що вперше спосіб розв’язування рівнянь вигляду (I) знайшов болонський математик **Шіпіоне дель Ферро** (Scipione del Ferro, 6.II.1465–5.XI.1526) [9]. Ймовірно, він знав, як розв’язувати і два інші види. На жаль, записник дель Ферро не зберігся.

На початку 1535 року учень дель Ферро, **Антоніо Марія Фіор** (Antonio Maria Fior), вважаючи, що таємниця розв’язування кубічних рівнянь відома лише його вчителю і йому самому, викликав на публічний диспут математика-самоука **Ніколо Фонтану**, більше відомого як **Тарталья** (Niccolò Fontana Tartaglia).





Ніколо Тарталья.  
(1500–13.XII.1557)

Готуючись до поєдинку, Тарталья знайшов спосіб розв'язування кубічних рівнянь виду (I) і (II) та легко переміг Фіора [10].

Інший італійський математик, Джероламо Кардано (Girolamo або Gerolamo Cardano, лат. Hieronymus Cardanus), готуючи трактат з арифметики, вивідав метод розв'язування кубічних рівнянь у Тартальї, давши клятву нерозголошення. Вважають, що Тарталья повідомив свій результат у вигляді вірша [11], який ми тут наводимо без перекладу (див. також рис. 1) з коментарями у вигляді відповідних математичних формул [12]:

Quando che'l cubo con  
le cose appresso  $x^3 + px$   
Se agguaglia a qualche  
numero discreto  $= q$   
Trovami dui altri, differenti in esso.  $q = u - v$   
Dapoi terrai, questo per consueto,  
Che 'l loro prodotto, sempre sia eguale  $uv =$   
Al terzo cubo delle cose netto,  $(p/3)^3$   
El residuo poi suo generale,  
Delli lor lati cubi, ben sottratti  $\sqrt[3]{u} - \sqrt[3]{v}$   
Varra la tua cosa principale.  $= x$   
In el secondo, de cotesti atti  
Quando che'l cubo,  
restasse lui solo  $x^3 = px + q$

Tu osserverai quest'altri contratti,  
Del numer farai due tal part'a volo,  $q = u + v$   
Che l'una, in l'altra, si produca schietto,  $uv =$   
El terzo cubo delle cose in stolo  $(p/3)^3$   
Delle quali poi, per commun precetto,  
Terrai li lati cubi, insieme gionti  $\sqrt[3]{u} + \sqrt[3]{v}$   
El cotal somma, sera il tuo concetto.  $= x$   
El terzo, poi de questi nostri conti  $x^3 + q = px$   
Se solve col secondo, se ben guardi  
Che per natura son quasi congionti.  
Questi trovai, et non con passi tardi  
Nel mille cinquecent'e quattro и trenta;  
Con fundamenti ben sald'i e gagliardi  
Nella Citta dal mar 'intorno centa.

Цей вірш зашифрує у першій частині формулу

$$x = \sqrt[3]{\sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3} + \frac{q}{2}} - \sqrt[3]{\sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3} - \frac{q}{2}} \quad (1)$$

для розв'язку рівняння

$$x^3 + px = q,$$



Рис. 1. Сторінки, на яких надруковано вірш Тартальї, що зашифрує алгоритм розв'язування кубічних рівнянь



Джероламо Кардано.  
(24.IX.1501–21.IX.1576)

у другій – формулу:

$$x = \sqrt[3]{\sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3} + \frac{q}{2}} + \sqrt[3]{\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}} \quad (2)$$

для кореня рівняння  $x^3 = px + q$ . Розв'язок третього типу рівнянь, тобто  $x^3 + q = px$ , можна одержати з другого простою зміною знака – саме про це йдеться у третій частині вірша. Цікаво, що насправді у вірші замість  $(p/3)^3$  фігурує  $p^3/3$ , що збило Кардано з пантелику [12].

Кардано спочатку дотримав обіцянки не розголошувати розв'язок, але згодом, дізнавшись, що метод розв'язування кубічних рівнянь знав ще дель Ферро, опублікував відповідні результати 1545 року у праці “Ars Magna” (Велике мистецтво) [13] (щоправда, всупереч поширеній думці, це не було присвоєнням чужих досягнень, у тексті згадано і дель Ферро, і Тарталью, див. рис. 2).

А тепер – найголовніший момент. У рівняннях виду (II) і (III) можна натрапити на так званий “незвідний випадок” – рівняння має дійсні корені, але їхнє обчислення за знайденими формулами вимагає добувати квадратний корінь із від'ємного числа...

HIERONYMI CARDANI, PRÆSTANTISSIMI MATHEMATICI, PHILOSOPHI, AC MEDICI, ARTIS MAGNÆ, SIVE DE REGVLIS ALGEBRAICIS, Libri unus. Quis & totus operis de Arithmetica, quod OPVS PERFECTVM inscriptum, est in ordine Decimus.



Hic in hoc libro, Fructus Lectio, Regula Algebraica (I), de la Cef  
In occasione totius aduentionibus ac demerit rationibus ad Auferre un  
locupletas, ut pro paratilis auerit unguis etiam demeritones euferre. Neq  
ty folium, ubi una uenerit illi, aut duo uni, uerum etiam, ubi duo duobus,  
aut tres uni pparatiles ferunt, uolunt expone. Flans a illi uolunt feru  
firmidit placit, ut hoc abstruōnem, & plamē inuenerit uolunt Arithmeti  
ca thesaurio in hanc entro, & quali in thesaurio quodam omnibus ad ferchans  
dant expofito. Le Claret inuenerit ut reliquis Operis Perfecti libris, que per  
Tome edictus, tanto uolunt simpliditatis, ac minorit in hōlio perditatis.

Титульна сторінка праці Кардано “Ars Magna”

У самій праці “Ars Magna” таких задач немає, проте в одному з розділів можна натрапити на іншу, що приводить до кореня з від'ємного числа: розділити число на дві частини, сума яких 10, а добуток 40. Зараз нам легко показати, що відповідь буде  $5 \pm \sqrt{-15}$ .

Кардано одержав такі самі розв'язки, які в його позначеннях мають вигляд:

$$5.\bar{p}.\bar{r}.\bar{m}.15 \quad 5.\bar{m}.\bar{r}.\bar{m}.15,$$

робить перевірку й показує, що добуток чисел справді буде 40 (див. рис. 4). Наскільки відо-

### C A R T X I.

*De Cubo & rebus equalibus Numero.*

SCIRIO Ferreus Bononiensis iam annis ab hinc triginta ferme capitulum hoc inuenit, tradidit uero Antonio Maria Florido Veneto, qui cum in certamen cum Nicolao Tartalea Brixellense aliquando uenisset, occasionem dedit, ut Nicolaus inuenerit & ipse, qui cum nobis rogantibus tradidisset, suppressa demonstratione, freti hoc auxilio, demonstrationem quæsumus, eamque in modum, quod difficillimum fuit, redactam sic subiicimus.

Рис. 2. Розділ з “Ars Magna”, у якому Кардано згадує дель Ферро і Тарталью





numeri equalium rebus, vt fi i. cub. p. 11. equatur 34. pol. & rei affirmatio est 3. p. 3. 7. vel 3. m. 3. 7. deb. si velim 1. cub. p. numero pol. equalem 12. sub hac affirmatione erit ex regula precedente numerus rerum 3. 1008. p. 2. Sequendo igitur formam capituli huius, & capiendo tertiam partem numeri rerum, que est 3. 112. p. 7. & ducendo ad cubum fit 3. 1905552. p. 2247. adde 36. quadratum dimidij 12. numeri equationis, habebis 3. 1905552. & accipe 3. cub. habebis affirmationem rei 3. v. cu. 3. v. 3. 1905552. p. 2605. p. 6. m. 3. v. 3. 1905552. p. 2605. m. 6.

CAPUT XII.

De Cubo equali rebus & numero.

DEMONSTRATIO.

Si r etiam cubus equalis rebus & numero, & sint duo cubi d e & d e, quorum latera a b & b c, producant tertiam par-

REGULA.

Regula igitur est, cum cubus tertie partis numeri rerum, maior non fuerit quadrato dimidij numeri equationis, affertur ipsi ex eodem, & residui radicem adde dimidio numeri equationis, atque iterum minue ab eodem dimidio, habebisque vt dicant, Binomium, & Apotomen, quorum 3. cubice iuncte rem ipsam constituent. Exemplum, cubus equatur 6. rebus p. 4. due 2. tertiam partem numeri rerum ad cubum, fit 8. affixi ex 400. quadrato 20. dimidij numeri, fit 392. huius radicem adlice ad 20. p. 392. detrahe etiam ab eodem, fit 20. m. 392. horum 3. cubice iuncte, faciunt rei affirmationem, 3. v. cubicam 20. p. 392. p. 392. v. cubica 20. m. 392. Aliud, cubus equatur 6. rebus p. 6. tertiam partem numeri rerum, que est 2. ad cubi ducto, fit 8. detrahe ex 9. quadrato dimidij 6. numeri equationis, relinquuntur 1. cuius 3. est 1. hanc adde & minue a 3. dimidio numeri, sunt partes, 4. & 2. quorum 3. cubice iuncte, faciunt 3. cubicam 4. p. 3. cubica 2. affirmationem rei.

Рис. 3. Розділ з "Ars Magna", де описано метод розв'язування кубічного рівняння  $x^3 = px + q$

мо, це перша поява арифметичних дій з уявними числами. Однак у XVI сторіччі такий результат був незрозумілим, Кардано називає його водночас вишуканим і непотрібним ("est subtile, ut fit inutile").

tra a d, & quadrupli a b, quam adde & minue ex a c, & habebis quartum, scilicet 5. p. 3. v. 25. m. 40. & 5. m. 3. v. 25. m. 40. seu 5. p. 3. m. 15. & 5. m. 3. m. 15. due 5. p. 3. m. 15. in 5. m. 3. m. 15. dimidij inuentionibus, fit 25. m. 15. quod est p. 15. igitur hoc productum est 40. natura tamen a d, non est eadem cum natura 40. nec a b, quia superficies est

5. p. 3. m. 15.
5. m. 3. m. 15.
25. m. m. 15. quad. est 40.

remota à natura numeri, & lineæ, proximus tamen huic quantitati, que verè est sophistica, quoniam per eam, non vt in puro m. nec in alijs operationes exercere licet, nec venari quid sit. Modus est, vt ad quadratum medietatis numeri numero producendo, & à 3. aggregati minnas ac addas dimidium diuidendi. Exemplum, in hoc casu, diuide 10. in duas partes, producentes 40. adde 25. quadratum dimidij 10. ad 40. fit 65. ab huius 3. minue 5. & adde etiam 5. habebis partes secundum similitudinem, 3. 65. p. 5. & 3. 65. m. 5. At hi numeri differunt in 10. non iuncti faciunt 10. sed 3. 260. & huiusque progreditur Arithmetica subtilitas, cuius hoc extremum vt dixi, adeo est subtile, vt fit inutile.

Рис. 4. Розділ з "Ars Magna", де Кардано виконує дії над коренем з від'ємного числа

Перша поява уявних чисел

Першим, кому піддалася проблема "незвідного" випадку кубічного рівняння, був найімовірніше інженер-гідралік **Рафаель Бомбеллі** (Rafael Bombelli). У 1572 році вийшло перше видання його праці "L'Algebra", яку він готував упродовж 1557–60 рр. Саме у цій книжці вперше описано правила дій над тим, що ми нині називаємо уявними числами [14; 15, p. 169] (див. рис. 5, ліворуч):

- Più di meno via più di meno, fà meno.
- Più di meno via men di meno, fà più.
- Meno di meno via più di meno, fà più.
- Meno di meno via men di meno, fà meno.

"Più" означає "плюс", "meno" – "мінус", "via" – це множення, а "fà" – "дорівнює". У сучасних математичних позначеннях "più di meno" означає  $+i$ , а "meno di meno" – відповідно  $-i$ .

Бомбеллі розглядав рівняння [15, p. 293–294]

$$x^3 = 15x + 4,$$

записуючи його так:

$$\sqrt[3]{15x + 4} = 15. \quad \downarrow \text{ p. 4.}$$

Це рівняння, як легко переконатися, має розв'язок 4, однак обчислення за формулою (2) вимагає знаходження коренів

$$\sqrt[3]{2 \pm \sqrt{-121}} = \sqrt[3]{2 \pm i\sqrt{11}}:$$

$$\text{R.c.} [2. \text{p. di m. 11.}] \quad \text{R.c.} [2. \text{m. di m. 11.}]$$

Бомбеллі зауважив, що кубічні корені містять  $\sqrt{-121}$  з різними знаками і припустив, що їх можна подати у вигляді – кажучи сучасною мовою – комплексно спряжених чисел. Такими числами є, як легко переконатися,  $2 \pm i$ , які Бомбеллі записує 2.p.di m.1. та 2.m.di m.1. (див. рис. 5, праворуч). Для знаходження цього результату Бомбеллі, вочевидь, скористався тим, що корінь 4 цього рівняння є досить очевидним, звідки легко отримати дійсну частину як 2, а далі, підносячи до кубу число  $(2 + bi)$ , знайти  $b = 1$  з умови  $(2 + bi)^3 = 2 + 11i$ .



Рафаель Бомбеллі.  
(1526–1573?)



Рис. 5. Сторінки з книжки Бомбеллі "L'Algebra"

Так уперше не до кінця зрозуміла абстракція увійшла в математику.

Автори висловлюють подяку проф. Джорджо Т. Баньї (Giorgio T. Vagni) з університету Удіне (Італія) за надані копії книжки Бомбеллі.

**Література**

1. Smith D. E. *History of mathematics. Vol. II.* – New York: Dover, 1958. – P. 261.

2. Nahin P. J. *An imaginary tale: the story of  $\sqrt{-1}$ .* – Princeton University Press, 1998. – P. 4–5.  
 3. Green D. R. – *Math. Gazette*, 1976. – 60. – 99 p.  
 4. Heronis Alexandrini. *Opera quae supersunt omnia. Vol. 5* / rec. Guilelmus Schmidt, L. Nix, J. L. Heiberg... [et al.] – Stutgardiae [Stuttgart]: B. G. Teubner, 1976 (1914)). – P. 35. <http://gallica2.bnf.fr/>  
 5. Diophanti Alexandrini. *Opera omnia: cum graecis commentariis. Vol. I* / Edidit et latine interpretatus est Paulus Tannery. – Lipsiae [Leipzig]: B. G. Teubner, 1893. – P. 444–445. <http://www.archive.org>  
 6. Heath T. L. Sir, *Diophantus of Alexandria; a study in the history of Greek algebra. 2nd ed.* – Cambridge University Press, 1910. – P. 32–48. <http://www.archive.org>  
 7. Демпан И. Я. *История арифметики. 2-е изд., испр.* – Москва: Просвещение, 1965. – С. 53–55.  
 8. Merino O. *A Short History of Complex Numbers.* – 2006. <http://www.math.uri.edu/~merino/spring06/mth562/ShortHistoryComplexNumbers2006.pdf>

**L'ALGEBRA OPERA**

Di RAFAEL BOMBELLI da Bologna  
Divisa in tre Libri.

Con la quale si fanno da se poter venire in perfetta cognoscenza della teorica dell'Arithmetica.

Con una Tavola copiosa delle matrici, che in essa si contengono.

posta hora in luce à beneficio della studiosi di detta professione.



IN BOLOGNA,  
Per Giovanni Rossi. MDLXXIX.  
Con licenza de' Superiori.

Титульна сторінка видання "L'Algebra" 1579 року





9. O'Connor J. J., Robertson E. F. *The MacTutor History of Mathematics archive*.  
<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk>.  
 Тут і далі саме за цим джерелом наводимо біографічні дані вчених, а також їхні портрети.
10. Конфорович А. Г. *Колумби математики*. – Київ: Радянська школа, 1982.
11. Tartalea N. *Quesiti et inventioni diverse*. – Venetiae: Venturino Ruffinelli, 1546.  
[http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/content/historymechanics/archimdesecho/tarta\\_quesi\\_525\\_it\\_1546](http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/content/historymechanics/archimdesecho/tarta_quesi_525_it_1546)
12. Katscher F. *How Tartaglia Solved the Cubic Equation*.  
<http://mathdl.maa.org/convergence/1/?pa=content&sa=viewDocument&nodeId=1345>
13. Cardanus H. *Artis Magnae, sive de regulis algebraicis*. – Norimbergae [Nuremberg]: Johannes Petreius, 1545; *Opera omnia. Tomus quartus* (Lugduni [Lyon]: Ioannis Antonii Hugvetan & Marci Antonii Ravavd, 1663. – P. 221–302.  
<http://www.filosofia.unimi.it/cardano/testi/opera.html>
14. Bagni G. T. in *Proceedings of CERME-1, II*, edited by I. Schwank. – Osnabrück, Forschungsinstitut für Mathematikdidaktik, 2000. – P. 220.
15. Bombelli R. *L'Algebra*. – Bologna: Giovanni Rossi, 1579.

## НОБЕЛІВСЬКІ ЛАВРЕАТИ

### 2009

Нобелівську премію з фізики за 2009 рік одержали Чарльз Куен Као (Charles Kuen Kao) за праці в галузі оптоволоконного зв'язку, Віллард Стерлінг Бойл (Willard Sterling Boyle) та Джордж Елвуд Сміт (George Elwood Smith) за створення оптичних напівпровідникових схем. Їхні роботи лягли в основу функціонування сучасних ПЗЗ-матриць цифрових фотоапаратів.

**Чарльз Куен Као** народився 4 листопада 1933 року в Шанхаї (Китай). Ступінь доктора наук він здобув 1965 року із інженерної електротехніки у Лондонському університеті. Був директором з енергетичних питань Лабораторії комунікацій в Гарлоу (Великій Британії) та віце-ректором Китайського університету в Гонконзі. Науковець із 1996 року на пенсії.

**Віллард Стерлінг Бойл** народився 8 липня 1924 року в Амхйореті (Канада). Ступінь доктора наук з фізики здобув 1950 року в Мак-Гілльському університеті в Канаді. Був директором Лабораторії Белл, Мюррей у Нью Йорку (США). Науковець із 1979 року на пенсії.

**Джордж Елвуд Сміт** народився 10 травня 1930 року у Нью Йорку (США). Ступінь доктора наук з фізики здобув 1959 року в Чиказькому університеті (штат Іллінойс, США). Працював у Лабораторії Белл, Мюррей у Нью Йорку (США). Науковець із 1986 року на пенсії.



## З УКРАЇНОЮ В СЕРЦІ: ДО 100-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ МИКОЛИ МИКОЛАЙОВИЧА БОГОЛЮБОВА

*“Наука – головна і єдина мета в.м.о.с.м.у.ж.и.т.т.і”*, – так визначав своє життєве кредо сам Микола Миколайович.

21 серпня 2009 року виповнилося 100 років від дня народження вченого планетарного масштабу, одного із останніх енциклопедистів новітньої хвилі, визначного математика, механіка і фізика Миколи Миколайовича Боголюбова. Що знаменує ця дата для України і світу загалом? Ким був Микола Боголюбов і який вплив спричинили його роботи на “ландшафт” світової, радянської і пострадянської науки? Чим завдячує йому сучасна українська наука?

У вільній енциклопедії (Вікіпедії) українською мовою приведена досить коротка, неповна, а місцями і недостовірна інформація про цю унікальну особистість. Починаючи із середини 90-х років, опубліковано чимало спогадів учнів та колег про Миколу Миколайовича. Надзвичайно цікаві матеріали про цю людину можна знайти зокрема у книжці його брата Олексія Миколайовича [1] – середнього серед трьох братів Боголюбових). Віддаючи данину пам’яті та висловлюючи глибоке пошанування людині, яка для нас – львівських фізиків – стала хресним батьком у справі становлення і розвитку статистичної та математичної фізики<sup>1</sup>, спробуємо розповісти про те, що пов’язує Миколу Миколайовича з Україною і який слід залишила тут його праця.

<sup>1</sup>Саме академік М. Боголюбов благословив створення першого підрозділу академічної науки в царині фізики у Західній Україні. За його підтримки 40 років тому у Львові постав відділ статистичної теорії конденсованих станів (тоді Інституту теоретичної фізики АН УРСР у Києві), з якого, власне, і розпочалася історія Інституту фізики конденсованих систем НАН України, який було створено 1990 року за ініціативи академіка І. Юхновського.

**Ігор Мриглод,**  
*член-кореспондент, директор Інституту конденсованих систем НАН України*

**Василь Ігнатюк,**  
*канд. фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник Інституту конденсованих систем НАН України*

### Рід Боголюбових

Витоки роду Боголюбових, що дав світові відомих філософів, священнослужителів, науковців, лікарів, інженерів, учителів, оперних співаків, беруть свій початок у поволзькій землі. Пращури Миколи Миколайовича походили з селянського роду Кононович. Прадід Андрій закінчував Арзамаське духовне училище, і саме там отримав прізвище Боголюбов.

Дід Михайло Андрійович Боголюбов став священнослужителем, прийнявши у 1863 році духовний сан. Він був чудовим педагогом, дієвою людиною, свої проповіді завжди писав сам.

Батько, Микола Михайлович (1872–1934), дотримуючись родинних традицій, став священником у 1909 році. Своє священницьке служіння вважав милістю Божою. Був переконаний, що пізнання Всевишнього та перевірка євангельських істин за своєю суттю не відрізняється від усякого іншого процесу пізнання, проте відбувається на основі морального досвіду людини. Цього принципу дотримувався впродовж усього свого життя в усіх своїх релігійнознавчих дослідженнях. Він був не лише хорошим духовним пастирем: на межі ХІХ–ХХ століть Микола Михайлович Боголюбов став відомим у релігійних та наукових колах Російської імперії як філософ, богослов, історик, літературознавець. Він володів багатьма іноземними мовами: латиною, грецькою, німецькою, французькою, англійською, івритом. Любов до іноземних мов прищепив і своїм дітям, готуючи їх до пізнання нового, незнайомого та цікавого світу. Вчив своїх



трох синів і ніколи не втрачав нагоди навчитись нового від них: наприкінці життя він оволодів математикою настільки, що міг читати роботи свого старшого сина Миколи – уже всесвітньо відомого вченого у той час. Пізніше, з позицій власного досвіду, сини стверджували, що батько був надзвичайно талановитим педагогом (промовиста деталь: своїм студентам в університеті він ставив заліки без опитування, однак тим, хто хотів отримати хорошу оцінку, було дуже і дуже нелегко!).

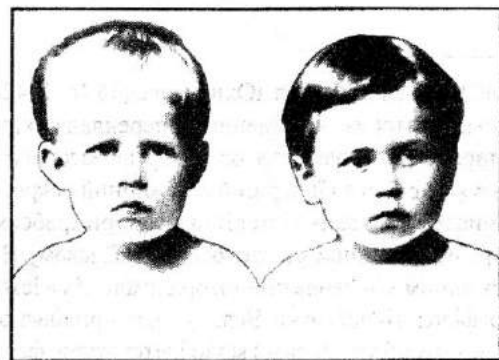
Мати, Ольга Миколаївна Люмінарська (1881–1955), закінчила відділення Московської консерваторії в Нижньому Новгороді з класу фортепіано. Глибоко релігійна, людина честі, чітких принципів та величезної стійкості (і моральної, і фізичної: коли серед лихоліття “збільшовичених” 20-х років отримала травму руки і постало питання про ампутацію пальця або видалення нігтя без усякої анестезії, перенесла цю операцію без єдиного стогону). Завжди трималась із гідністю та підтримувала культ сім’ї. Завдяки впливу матері почуття єдиної родини у Боголюбових збереглося упродовж усього життя.

### Перші кроки, перші книжки

8 (21) серпня 1909 року у Нижньому Новгороді у подружжя Миколи Михайловича та Ольги Миколаївни народився первісток. За сімейною традицією, старшого сина назвали в честь батька – Миколою. У вересні цього ж року родина переїздить до Ніжини, де після посвячення у сан Микола Михайлович Боголюбов отримав посаду викладача закону Божого в Ніжинському історико-філологічному інституті князя Безбородька. Тут у Ніжині пройшли перші чотири роки життя малого Миколи. І коли одного разу під час служби Микола зайшов

у вівтар через Царські врата, його няня спророкувала, що стане він архієреєм. Її передбачення справдилось, але ... щодо науки. У Ніжині в Боголюбових народився і другий син – Олексій (1911–2004), у майбутньому – видатний інженер, механік і математик, відомий історик науки, член-кореспондент Національної академії наук України.

Боголюбови 1913 року переселяються до Києва, де батько отримав посаду професора богослов’я, суміщаючи також із цим службу священника Університетської церкви. До слова сказати, хором у цій церкві керував тоді Олександр Антонович Кошиць – згодом відомий український хоровий диригент, композитор і етнограф. Батько продовжує свої студії, займається питаннями класифікації релігій, вивчає іудейство та іслам, цікавиться семіологією. Приклад батька і його відповідальне ставлення до роботи послужили добрим прикладом для дітей. За певний час родина отримує квартиру в Червоному корпусі університету, і це теж накладає свій відбиток на виховання дітей – вони спілкуються з дітьми інших професорів, багато часу проводять у Ботанічному саду університету. Розвитку здібностей братів сприяла атмосфера сім’ї. Тут шанували поезію і музику, мати чудово грала на роялі, а тітка, Софія Яківна Соколова, займалася з Миколою та Олексієм іноземними мовами.



Микола та Олексій Боголюбови  
(Ніжин, 1912 р.)

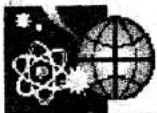
У 1917 році Миколі виповнилось вісім років, його зарахували до підготовчого класу Першої Олександрівської класичної гімназії, що була у той час у Жовтому (гуманітарному) корпусі університету

### ІЗ СПОГАДІВ УЧНІВ І КОЛЕГ

*Душевна щедрість, людяність, невтомність та вируюча енергія, невагомий характер, глибина та енциклопедичність наукової думки, тонкий аналіз, відданість справі – ось ті риси, які поєднують в собі наш земляк.*

**Ю. О. Митропольський**





(саме в актовій залі цієї гімназії проходять події "Белой гвардії" Булгакова, де Альоша Турбін розпускає свій загін). Тут він вперше знайомиться із точними науками і чує присуд вчителя арифметики: "Из тебя, Коля, математика не будет!"

У Києві розпочинається період революційних потрясінь. 11 (24) січня 1918 року під звуки вибухів, у коридорі 3-го поверху Червоного корпусу університету, в який у цей день влучило 22 снаряди, народжується наймолодший син Боголюбових, Михайло. Так трапилося, що саме Микола став хресним батьком для свого наймолодшого брата (на обряд хрещення через події у місті запізнився званий хресний), і потім усе життя він дуже відповідально ставився до цієї неочікуваної місії.

Лихоліття і часті зміни влади у Києві призвели до того, що батько залишився без роботи. Кілька місяців він змушений переховуватися. Не бажаючи розділити долю багатьох представників інтелігенції, які в особі нової робітничо-селянської влади бачили ворога та прагнули покинути країну перед наступом Червоної Армії, він повертається до Києва. Тоді ж академік Агатангел Юхимович Кримський<sup>2</sup>, який роком раніше відкрив у Київському університеті східний факультет, запропонував Миколі Михайловичу посаду завідувача кафедри семітології. Однак виконати єдину вимогу – скласти сан священника – Микола Михайлович відмовився. За іронією долі за 40 років Ми-

хайло Миколайович, наймолодший із синів Боголюбових, очолить Східний факультет Санкт-Петербурзького університету.

Залишався один вихід – іти на парафію. І восени 1920 року сім'я Боголюбових переїхала до села Велика Круча на Полтавщині, де звільнилося місце пароха. Це село розташоване неподалік від Пириятина, вздовж ріки Удай, притоки Сули, яка впадає в Дніпро.

Удай – річка вузька, але де-не-де трапляються досить глибокі ями. Одного разу наймолодший брат Михайло підійшов до крутого берега, поскокзнувся, впав у воду та почав тонути. Микола, який був неподалік, швидко стрибнув у воду та витягнув маленького брата. Так він вперше (але далеко не востаннє) довів, що обов'язки хрещеного батька виконуватиме серйозно.

Брати Микола та Олексій були в той час майже однакового зросту. І хоча Олексій був сильнішим фізично, він, здебільшого, пасував перед ще дитячим авторитетом Миколи. Якось старший брат сказав молодшому, що під його началом є такі собі духи "уславики", котрі в усьому підпорядковуються йому. Хто такі "уславики", він не пояснив, і уява про них в Олексія була дуже нечіткою. Тому молодший брат і вірив, і ні – а раптом, ці духи і справді є у Миколи! І хто знає, можливо за багато десятиріч по тому ідея Боголюбова про кольори кварків (за сучасним науковим уявленням – найдрібніших "цеглинок", з яких складається матерія) народилася саме з "уславиків" його дитинства...

У Великій Кручі, волею випадку, Микола та Олексій потрапили до сільського маєтку Миколи Олександровича Стороженка – свого колишнього київського гімназійного директора. Саме тут брати Боголюбови змогли сповна зануритись в атмосферу українства. Зважаючи на високий рівень

<sup>2</sup>КРИМСЬКИЙ Агатангел Юхимович (1871–1942) – український історик, письменник і перекладач кримськотатарського походження, один з організаторів Академії наук України та її перший неодмінний секретар. Автор численних праць з історії та культури арабських країн, Ірану, Туреччини, семітології, історії, ісламу. Вважається одним з найвидатніших орієнталістів в історії світової філологічної науки. Велику увагу приділяв дослідженню історії української мови і літератури, фольклору, етнографії. Ім'я Кримського є в переліку видатних діячів світу, затвердженому XVI сесією Генеральної Асамблеї ЮНЕСКО.

На початку Великої Вітчизняної війни репресований разом з іншими українськими патріотами (Л. Старицькою-Черняхівською, О. Стешенко, І. Черкаським, О. Ярошевичем) за звинуваченням в українському буржуазному націоналізмі. Помер 5 січня 1942 року в лікарні кустанайської в'язниці (Казахстан).

### ІЗ СПОГАДІВ УЧНІВ І КОЛЕГ

*Кажучи про побудову теорії дисперсійних співвідношень, відомий фізик-теоретик А. Салам сказав, що ...Боголюбов наче "бульдозером" пройшовся по проблемі.*

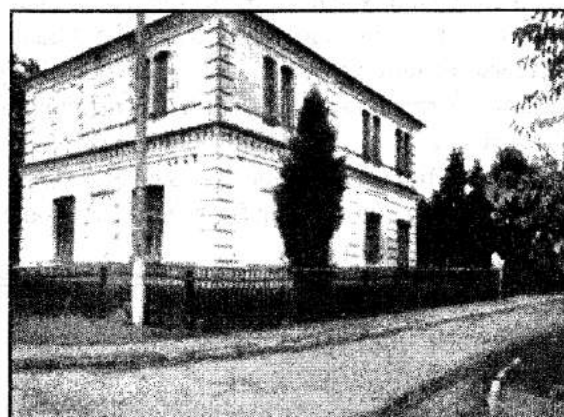
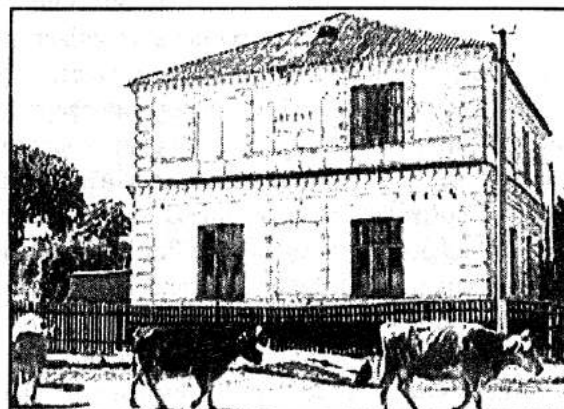


знань, Миколу Боголюбова прийняли відразу у сьомий клас місцевої школи, а брата Олексія – у шостий. Викладання велося українською мовою, якою брати Боголюбови швидко оволоділи. Так відбулось їх поєднання з Україною. У школі був справжній культ Тараса Шевченка. Оскільки національний гімн “Ще не вмерла Україна” заборонявся, усі шкільні заняття розпочинались вставанням та співом “Заповіту”. “Кобзар” перечитувався не раз, і Микола Миколайович упродовж усього свого життя цитував мудрі слова з цієї книжки.

Про високий рівень викладання Микола Миколайович не раз згадував, вказуючи на те, що викладацькому складу могла б позаздрити будь-яка столична школа. Як писав у своїх спогадах Олексій Миколайович Боголюбов [1], про педагогічний колектив цієї школи “... мало сказати, що він був відмінним. Дуже рідко трапляється, щоб в одній школі збирались люди, об’єднані спільною ідеєю та глибоким педагогічним тактом”.

Джерелами книжок у селі служили залишки бібліотек М. О. Стороженка та колишнього священика, а також приватні збірки. Історію вивчали за підручником Михайла Грушевського. Алгебру викладав Олександр Олександрович Корсун, доля якого склалася трагічно – його заарештували й стратили 1937 р. У школі Микола захоплюється математикою. За порадою свого вчителя арифметики П. А. Яценка (колишнього графа, який навчався у Сорбоні), він взявся розв’язувати усі задачі з відомого задачника Малініна та Буреніна і незабаром впорався з цим. А можливо він згадав слова свого гімназійного вчителя арифметики і ділом вирішив довести протилежне... Тоді ж Микола зробив свою першу наукову роботу: підручника з тригонометрії не було і батько з пам’яті написав одне з тригонометричних співвідношень. Цього було достатньо – за деякий час решту формул Микола вивів самостійно! За сприяння викладачів, батька, а згодом самостійно він опанує алгебру, геометрію, тригонометрію, вивчає фізику. Щоб мати змогу спілкуватися з вчителями і не втрачати час після закінчення школи, Микола ще до лютого наступного року відвідував заняття у сьомому класі. Можливо, для декого з вас, шановні читачі, така ситуація здається досить химерною: адже у наші дні “на другий рік” залишаються

зовсім з інших спонукань... Нам, хто живе в іншій епосі, навіть важко зрозуміти жагу та потяг до знань, які в післяреволюційні роки компенсували допитливій дітворі відсутність тепла та затишку сучасних класів, гуртків та факультативів, підручників та Інтернету. Умови життя на селі, навіть ті негативні сторони та труднощі, з яких часто складався сільський побут в ті роки, вплинули на розвиток таланту Боголюбова. Відсутність книжок загартувала роботу його думки, а просте та водночас нелегке сільське життя надало Миколі сили, оптимізму та заряду енергії на майбутні роки.



*Будівля колишньої церковно-приходської школи (світлина зверху), загальна середня школа № 1 у селі Велика Круча у наші дні (знизу)*



Про сільський період життя в Миколи Миколайовича залишилися виключно добрі спогади, а свідоцтво про закінчення Великокручанської семирічки стало єдиним документом про освіту, який будь-коли отримував академік Боголюбов. Тим село Велика Круча ввійшло в історію світової фундаментальної науки.

### Наукове становлення

Навесні 1922 року сім'я повертається до Києва. Цікавість Миколи до точних наук, насамперед математики, батько уже не може задовольнити сам. Син самостійно проштудював декілька підручників російською, французькою та англійською мовами, опрацював п'ятитомник із фізики Хвольсона. За порадою професора Вищого інституту народної освіти (колишнього університету Св. Володимира) та Політехнічного інституту М. А. Стоярова, Микола Михайлович звертається до Дмитра Олександровича Граве – першого академіка з математики в Українській академії наук, відомого алгебраїста й учня П. Л. Чебишева. З кінця 1922 року Микола Боголюбов почав відвідувати семінар, яким керував Граве. Поряд з дорослими, худорлявий хлопчина невисокого зросту спершу викликав посмішки. Згодом стало зрозуміло, що він не лише володіє математичним апаратом, а й вміє математично мислити. По декількох тижнях спілкування з Миколою Д. О. Граве сказав його батькові, що здобувати освіту Миколі в будь-якому вищому навчальному закладі змісту уже немає, натомість із його сином слід працювати індивідуально.

У Граве Микола Боголюбов навчався недовго. За декілька місяців семінар Граве відвідав акаде-

мік Микола Митрофанович Крилов<sup>3</sup>, який щойно заснував кафедру математичної фізики ВУАН. Хлопчина йому сподобався, і він зумів переконати батька Миколи, що “Граве зіпсує сина і направить його в алгебру”. Тоді алгебра вважалась найабстрактнішою із усіх математичних наук і тому повністю позбавленою будь-якого практичного застосування, а сам Граве все життя мріяв довести велику теорему Ферма. Так Микола отримав нового вчителя.



М. Боголюбов та академік М. М. Крилов

Не лише у науковому плані М. М. Крилов піклувався про учня. Одного разу, відвідавши квар-

<sup>3</sup>КРИЛОВ Микола Митрофанович (1879–1955) – видатний український математик та механік, дійсний член Академії наук УРСР (з 1922 року) та Академії наук СРСР (з 1929 року). Освіту здобув у Санкт-Петербурзькому гірничому інституті; там же впродовж п'яти років (1912–1917) обіймав посаду професора. У 1917–1922 рр. – професор Таврійського університету в Криму. З 1922 року – голова Відділу математичної фізики АН УРСР. Багаторічний завідувач кафедри математичної фізики (1922–1945), яка після численних реорганізацій наукових установ упродовж довгого часу єдиною з кафедр зберігала автономність в складі Академії наук УРСР.

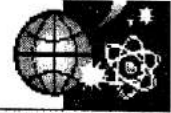
Неодноразово брав участь у роботі міжнародних математичних конференцій та конгресів, а також читав лекції в наукових установах та навчальних закладах країн Західної Європи (зокрема, в Неаполітанській Академії наук, Неаполітанському університеті, математичному інституті Болонського університету, Стразбурському університеті та Паризькому математичному товаристві). Почесний член американського математичного товариства, американської математичної асоціації, французького математичного товариства, а також член-кореспондент Коїмборської Академії наук у Португалії. Автор майже 180 книжок і статей із математичної фізики та математики.

### ІЗ СПОГАДІВ УЧНІВ І КОЛЕГ

*Це був справжній творець. Майстер у булгаковському значенні цього слова... Він щедро роздавав своїм учням ідеї, допомагаючи ставати їм самостійними і впевненими у собі.*

**В. П. Шелест**





тиру на Великій Житомирській, де той мешкав після переїзду сім'ї Боголюбових у Нижній Новгород, він знайшов його хворим у запліснявілій кімнаті (саме тоді Микола захворів на туберкульоз). Учений одразу ж забирає хлопця до своєї трикімнатної квартири в будинку колишньої Першої гімназії (Жовтий корпус університету). У новому помешканні Миколи Боголюбова на стіні висіла чорна дошка і зазвичай проводились семінари кафедри математичної фізики ВУАН. Тут йому судилось прожити наступні вісім років. Микола Митрофанович дозволив користуватися Боголюбову своєю бібліотекою і щодня розмовляв із своїм учнем англійською і французькою мовами, бо був переконаний, що математиком без знання мов стати неможливо.

У силу свого виховання, Микола Боголюбов був глибоко релігійною людиною. Як і батько, він був людиною терпимою і демократичною стосовно інших релігійних поглядів. Водночас, як і батько, він був людиною твердої волі, яка вміла триматися своїх переконань. Так Микола Боголюбов, навіть у часи, коли відвідувати храми було небезпечно, ніколи не відмовлявся від цього і завжди знаходив можливість побувати там. Релігійність формувала і світогляд хлопця: він дивився на світ як на щось єдине і цільне, шукаючи загального. Можливо і це вплинуло на вибір уже перших задач з теорії коливань, бо коливання – велике об'єднуюче начало для багатьох процесів у природі. Вже 11 грудня 1925 року на засіданні ВУАН Крилов доповів про роботу свого аспіранта “Про розрахунок вимушених коливань, що задовольняють певним диференціальним рівнянням”. Незабаром вона була опублікована у працях Інституту будівельної механіки.

#### ІЗ СПОГАДІВ УЧНІВ І КОЛЕГ

*Боголюбов був надзвичайно доброю людиною, але водночас і дуже вимогливою – передусім до себе, а також і до людей, з якими працював, хоч тут його доброта вступала в конфлікт з вимогливістю, бо ж ніхто не міг задовольнити усім тим нормам, які він встановив для себе.*

**А. В. Свідзинський**

8 липня 1928 року – після двох років навчання в аспірантурі – на засіданні кафедри сільськогосподарської механіки Інституту технічної механіки дев'ятнадцятирічний М. М. Боголюбов блискуче захищає дисертаційну роботу на тему “Про деякі нові методи у варіаційному численні”. У проекті резолюції, який зачитав керівник кафедри академік К. К. Симінський, серед іншого було побажання, щоб “М. Боголюбов колись був не наймолодшим, а першим в Україні у відповідній царині математики”. Від себе додамо: Микола Боголюбов згодом став першим у світі, і не тільки в цій галузі...



*Сім'я Боголюбових.*

*Зліва направо: батько Микола Михайлович, брати Олексій та Михайло, мати Ольга Миколаївна, Микола Боголюбов (Київ, 1928 р.)*

4 квітня 1930 року М. Боголюбов виступив із доповіддю “Застосування нових методів до однієї проблеми варіаційного числення”, а ще за два дні, 6 квітня, спільні збори фізико-математичного відділення ВУАН за поданням академіків М. Крилова та Д. Граве присвоїли М. Боголюбову вчений ступінь доктора математичних наук “honoris causa” – без захисту дисертації.

Наприкінці 1928 році без пред'явлення будь-яких звинувачень заарештовують батька Миколу Михайловича: після переїзду до Нижнього Новгорода у 1925 році він отримав там посаду настоятеля Спаської церкви і водночас продовжував свої дослідження з філософії релігії, а після вечірніх у вихідні дні проводив заняття на науково-релігійні теми, що не могло сподобатися робітничо-селянській владі. Перебування в застінках ОДПУ було нелегким випробуванням навіть для молодих та фізично сильних людей – здоров'я Миколи Ми-



хайловича стало різко погіршуватись. Звернення сім'ї до різних інстанцій не давало жодних результатів. Микола Миколайович не знав, як допомогти батькові, оскільки не знав чільників ані у верхівці ВКП(б), ані в уряді, тому звернувся за порадою до митрополита Сергія (Страгородського). Владика порадив йому зустрітись безпосередньо з головою ОДПУ В. Менжинським і додав: "Врахуйте, що Ви при цьому ризикуєте своєю свободою, а можливо і життям!" [1]. Микола Миколайович добився прийому у Менжинського, розповів йому про батька і невдовзі Микола Михайлович опинився на волі. Було це 1931 року, однак тривале перебування у в'язниці мало свої наслідки – за три роки Миколи Михайловича не стало. І син фактично став главою сім'ї: узяв на себе відповідальність за братів та матір, яка невдовзі повернулася до Києва.



*М. Боголюбов після одержання вченого ступеня доктора математичних наук "honoris causa"*

Кілька слів про Крилова, єдиним учнем якого був М. Боголюбов. Він отримав фах гірничого інженера і надзвичайно пишався цим. Саме йому належать слова про те, що: "Боголюбов – справжній математик, а справжні математики – рідкість". Після цього він зазвичай продовжував: "А справ-

жні інженери – ще більша рідкість". До 1930 року Микола Митрофанович постійно ходив у головному уборі гірничого інженера, від якого відмовився лише тоді, коли через пошук ворогів і справами про шкідництво це стало небезпечно. Микола Миколайович мав твердіший характер. І в ті роки, коли Крилов зняв кашкет гірничого інженера, Боголюбов своїм одягом часто висловлював протест, одягаючись у строгий костюм із метеликом. Цікавий епізод трапився із ним у Харкові, тоді столиці України. Крилов полюбляв червоне вино з водою і шоколад. Постачав їх йому Боголюбов і часто привозив саме з Харкова, де ще працювала фабрика, відома до революції як завод барона Жоржа Борна. Одного разу, коли він їхав у трамваї, пильні громадяни сприйняли Боголюбова за спекулянта і викликали міліцію. Лише академічне посвідчення та наплечник, наповнений книжками, дозволили уникнути йому неприємностей.

У січні 1936 року Микола Боголюбов уперше поїхав за кордон. Це відрядження надовго осіло у пам'яті Миколи Миколайовича. Він побував у Берліні, Парижі, Брюсселі, Антверпені, багато виступав на семінарах, відвідував музеї і особливо захоплювався картинами великих фламандців. Столиця Німеччини вразила Миколу Миколайовича тим, що там все було як і на Батьківщині: ті ж демонстрації трудящих, той же страх та розмови пошепки, тільки порядку було більше. ... Але Париж із його вулицями та бульварами, Ейфелевою вежею та величним собором Нотр Дам і парижанками, сповненими неповторного шарму, назавжди увійшов у його серце. Згодом Микола Миколайович любив повторювати, що найбільше любить два міста своєї молодості – Київ та Париж.

Кінець 1920-х – початок 1930-х років у царині освіти особливий тим, що відкрилося чимало народних і трудових шкіл, що мали за своє завдання ліквідувати неграмотність, з одного боку, та підготувати фахівців для потреб виробництва, з другого. Виникла велика потреба у кваліфікованих наукових та інженерних кадрах, які могли б викладати у цих трудових школах. У 1930 році академік Отто Юлійович Шмідт, учень Д. Граве, визначний алгебраїст, астроном, дослідник Півночі та колишній член Радянського уряду, виступаючи на першому Всесоюзному з'їзді математиків, говорив

#### ІЗ СПОГАДІВ УЧНІВ І КОЛЕГ

*Микола Миколайович жартував, що він працює, немовби займаючись "рукодільям", акуратним почерком, стисуючи та нумеруючи сторінки.*

**В. П. Шелест**



на цю тему таке: “На ринку викладачів вищої школи найбільше не вистачає математиків. Молода людина, яка займається наукою, має всі шанси стати професором у 25 років. Така велика потреба!” Це наче стосувалось Миколи Боголюбова, який став професором у неповні 27 років.

Повернувшись із закордонного відрядження до Києва, М. Боголюбов очолив кафедру математичної фізики Київського університету. Микола Миколайович читав лише спецкурси, керував роботою аспірантів і брав активну участь у засіданнях ради факультету. Водночас не зменшувалася інтенсивність наукової діяльності і невдовзі в світ вийшла низка статей з теорії міри, статистичних методів, ймовірності ланцюгових процесів, загальної теорії динамічних систем.

У 1937 року заарештували батька дружини Миколи Миколайовича і розстріляли як колишнього офіцера царської армії. У вересні того ж року в газеті “Коммунист” з’явилася замітка, в якій визначному математику, академікові Михайлові Пилиповичу Кравчуку<sup>4</sup> дорікали за те, що він підносить ворогів народу, згадуючи в своїх статтях імена репресованих учених. За рік його заарештували і присудили 20 років позбавлення волі з позбавленням політичних прав на п’ять років. Вирок

<sup>4</sup>КРАВЧУК Михайло Пилипович (1892–1942) – український математик, академік ВУАН (з 1929 року), дійсний член Наукового товариства імені Шевченка, професор. Учень академіка Д. Граве. Член математичних товариств Франції, Німеччини, Італії. Автор понад 180 наукових праць, серед них понад десять монографій з різних галузей математики. У світі відомі  $q$ -многочлени Кравчука,  $q$ -функції Кравчука–Мейкснера, а так звані ряди Кравчука вчені США, Японії та інших країн використовували під час моделювання кібернетичної техніки. Володів багатьма іноземними мовами, зокрема французькою, німецькою, італійською, польською. Відомий як популяризатор науки, розробник україномовної математичної термінології, блискучий викладач. Серед його учнів Архип Льюлька – конструктор реактивних двигунів, Сергій Корольов – конструктор космічних кораблів, Володимир Челомей – конструктор космічної техніки.

Перебуваючи в розквіті сил, акад. М. Кравчук потрапив під жорна репресивної сталінської машини: 1938 року його було засуджено до 20 років позбавлення волі. Помер 9 березня 1942 року. Місце його поховання, як і багатьох інших в’язнів, залишилося невідомим.

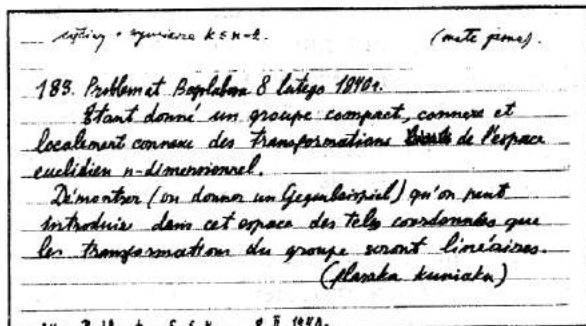
оскарженню не підлягав. Академіка звинувачували в зрадництві і шпигунстві, зокрема в тому, що він був членом Наукового товариства імені Шевченка у Львові, часто їздив за кордон, що знав іноземні мови і листувався з ученими капіталістичних країн. Багато друзів зреклися М. Кравчука.

Можливо саме в цей період Микола Боголюбов остаточно визнав себе українцем і вважав себе ним усе своє життя. Десь у той час він уперше одягнув вишиванку... Згодом заарештували майбутнього конструктора космічних кораблів Сергія Корольова, біолога та генетика Миколу Вавилова, багато інших учених, які склали цвіт тогочасної науки. Рідного брата М. Боголюбова Олексія засудили на 15 років таборів пізніше – в роки Другої світової війни, і вийшов він на волю уже після смерті “вождя усіх народів”.

М. Боголюбова за поданням акад. Д. Граве та М. Крилова 1939 року обрали членом-кореспондентом АН УРСР. У цей же час у зв’язку із приєднанням Галичини, а згодом, і Буковини до України, Микола Миколайович кілька разів приїжджав до Львова і Чернівців. У Львові він познайомився із львівськими математиками і залишив свою задачу у згодом всесвітньо відомій “Шотландській книзі”.<sup>5</sup>

<sup>5</sup>“Шотландська книга” – зошит, у якому вели записи вчені Львівської математичної школи та їхні колеги. Зошит започаткували і зберігали у “Шотландській кав’ярні”, що існувала в центральній частині Львова, на колишній вул. Академічній (нині просп. Шевченка). Львівські (і не тільки) математики часто зустрічалися у цій кав’ярні, обговорювали свої теорії і робили записи на мармурових столиках кав’ярні, а згодом, з подачі дружини Стефана Банаха, у так званій “Шотландській книзі”, товстому зошиті, що містить розв’язані та нерозв’язані задачі. Серед записів “шотландських математиків” – Стефана Банаха, Станіслава Уляма, Станіслава Мазура, Карла Борсука, Германа Ауербаха, Джона фон Ноймана та ін. – знаходимо й запис Миколи Боголюбова (французькою мовою) № 183 від 8 лютого 1940 р. Зазвичай, автор встановлював приз за розв’язання запропонованої ним задачі до “Шотландської книги”. Приз, встановлений Боголюбовим за розв’язок задачі або ж наведення контрприкладу – пляшка коньяку. Контрприклад було наведено аж за 32 роки групою американських математиків. Відповідь на запитання про те, чи отримали вони приз М. Боголюбова, залишимо історикам науки...





Задача, яку сформулював М. Боголюбов на сторінках "Шотландської книги"

Є підстави вважати, що в той час він зустрічався із Стефаном Банахом<sup>6</sup>, тоді деканом фізико-математичного факультету Львівського університету та одним із засновників Львівської математичної школи. Цікаво, що Станіслав Улям – один із учнів Банаха та яскравий представник цієї школи, згодом став керівником математичної частини Мангетенського проекту. За іронією долі подібну групу в СРСР, що забезпечувала математичний супровід програми створення водневої бомби, очолював Микола Боголюбов...

<sup>6</sup>БАНАХ Стефан (1892–1945) – польський математик, професор Львівського університету та Львівської політехніки (з 1924 року), декан фізико-математичного факультету Львівського університету (з 1939 року). Банах вважається засновником Львівської математичної школи – феномен наукової культури міжвоєнного Львова. Один із творців сучасного функціонального аналізу: багато його результатів стали класичними і входять до підручників та монографій з цієї галузі математики.

З 1939 року – голова Польського математичного товариства, лавреат великої премії Польської академії наук. Згодом – член-кореспондент АН УРСР.

Під час німецької окупації спочатку переховувався. Вжити в ці важкі роки С. Банаху дала змогу робота в Інституті сипного тифу у Львові, яким керував першовідкривач вакцини від цієї хвороби Рудольф Вайгль. Багатьом польським інтелектуалам, університетським професорам вдалося врятуватися завдяки тому, що вони годували своєю кров'ю вошей, потрібних для виробництва вакцини. Помер Банах від раку легенів 1945 року, похований на Личаківському кладовищі у Львові.

Польське математичне товариство 1946 року заснувало премію ім. С. Банаха.

У Чернівецькому університеті Боголюбов входив до складу комісії з реорганізації закладу і забезпечення його діяльності в нових умовах, займався, зокрема, відновленням роботи фізико-математичного факультету.

Одного разу трапився кумедний випадок: як голова державної екзаменаційної комісії Боголюбов особисто приймав іспит із діалектичного та історичного матеріалізму, оскільки в ті складні передвоєнні часи майже всіх викладачів марксистсько-ленінських дисциплін мобілізували. Уже, повернувшись додому, на запитання матері, як він екзаменував з такого нелегкого предмета, Микола Миколайович відповів: "А у мене ж, матінко, в нагрудній кишені була іконка Миколи Чудотворця!" Слід зауважити, що остання з запланованих поїздок М. Боголюбова до Чернівців закінчувалась за тиждень до початку Великої Вітчизняної війни...

З початком війни установи Академії України евакуювали до Уфи, столиці Башкирії. В Уфі Боголюбов почав активно цікавитися статистичною фізикою. Об'єднаний Інститут фізики і математики 1943 року перевезли до Москви, а восени 1944 року Боголюбови повертаються до Києва.

Микола Миколайович був серед перших професорів Київського університету, які приступили до роботи. Він став деканом механіко-математичного факультету, багато викладав і працював зі студентами. Його лекції були подібні на наукові семінари, він запрошував студентів до участі в процесі пізнання, заохочуючи їх до досліджень.

#### ІЗ СПОГАДІВ УЧНІВ І КОЛЕГ

*На кожній сесії Академії наук України ми завжди зустрічалися з Миколою Миколайовичем і довго розмовляли з ним. Темі були різні: наукові, історичні, і навіть релігійні. Мене завжди вражали його енциклопедичні знання, тонкі міркування та висловлювання. І завжди, залишаючи його, я відчував, що одержав важливий духовний заряд, мені навіть якось на душі ставало легше.*

**О. І. Ахієзер**



За рік М. Боголюбов очолив комітет із проведення математичних олімпіад для школярів та добився призначення грошових премій для переможців, що в ті важкі роки було значною підтримкою для талановитої молоді.



*М. Боголюбов – голова комітету математичних олімпіад для школярів (Київ, 1945 р.)*

М. Боголюбова 1948 року обрали дійсним членом Академії наук Української РСР. Наприкінці 1940-х років Микола Миколайович поєднував працю в Києві (Київський університет, Інститут будівельної механіки, Інститут математики) та Москві (Московський університет (із 1947 р.), Математичний інститут ім. В. А. Стеклова (з 1949 р.), Інститут хімічної фізики (з 1948 р.))

Повчальною є історія із його “працевлаштуванням” в Інституті хімічної фізики. Напередодні – як згадував сам Боголюбов – він відпочивав у Кисловодську, де познайомився з відомим хеміком академіком М. М. Семеновим. Після повернення до Києва Миколу Миколайовича викликали у спецвідділ і сказали, що є постанова уряду про його скерування для виконання спецзавдання до Інституту хімічної фізики. Через той епізод Боголюбов жартома цитував з Ільфа і Петрова про пи-

сьменника, який необачно зайшов в одну з редакційних кімнат, щоб прикурити, і відразу ж був включений у десяток різних комісій, через що перестав писати... Згодом Микола Миколайович обійматиме чимало адміністративних посад, що було у ті часи для людини із совістю досить нелегко, але він з гідністю і честю витримав усі ці випробування.

### В епіцентрі науки

У повоєнний період М. Боголюбов все більше часу приділяв дослідженням з теоретичної фізики. Він вивчав проблеми еволюції багаточастинкових систем, розвивав мікроскопічну теорію надплинності, впритул займався питаннями квантової теорії поля. Поряд з цим продовжував дослідження з нелінійної механіки. Микола Миколайович читав лекції з квантової статистики, методів кінетичної теорії і вторинного квантування, теорії поляронної моделі металів. Тоді ж (1947) опубліковано його фундаментальну працю “К теорії сверхтекучести”, яка стала предметом жвавих дискусій. Епохальною для розвитку статистичної фізики стала книга Миколи Миколайовича “Проблемы динамической теории в статистической физике”, що була опублікована 1946 року. Дивлячись на рукописи наукових праць М. Боголюбова, мусиш признати, що мав рацію членкореспондент НАН України В. П. Шелест, один із учнів великого вченого, який у своїх спогадах згадував: “Микола Миколайович жартував, що він працює, немовби займаючись “рукодільям”, акуратним почерком списуючи та нумеруючи сторінки”.

Згодом (1949) вийшли з друку “Лекції з квантової статистики”, які стали настільною книжкою студентів багатьох вищих навчальних закладів СРСР попри те, що були написані українською мовою. Показовою була історія, як нетривіально екзаменував своїх учнів М. Боголюбов. Коли “Лекції з квантової статистики” ще не вийшли в світ, а Микола Миколайович лише отримав гранки, він передав їх студентам і запропонував доповісти на засіданні кафедри зміст кількох глав.

У роботі зі своїми учнями Микола Миколайович завжди поєднував високу вимогливість із справжньою турботою та любов’ю до них. Ма-

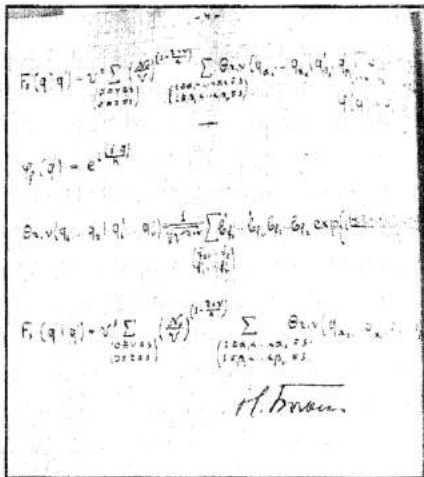
### ІЗ СПОГАДІВ УЧНІВ І КОЛЕГ

*З ним було прискромно спілкуватись, бо від цього його співрозмовник збагачувався. У наукових бесідах він відхиллявся на сторонні теми, навіть на анекдоти, полюбляв розповідати пікантні ситуації. Любив жарт поміж справами.*

*Г. С. Писаренко*



буть, успадкувавши цю рису від свого вчителя М. Крилова, від дбав про їхній науковий ріст, стимулював їх у праці і навіть піклувався про побутові речі [3]. Усе це сприяло розширенню школи Боголюбова у різних ділянках фізики. Зважаючи на велику різнобічність Миколи Миколайовича в науці, його учні жартома казали, що у Боголюбова повні кишені наукових тем для роботи. Однаково успішно він керував суто теоретичними дослідженнями абстрактного характеру та роботами з прикладної проблематики. Надзвичайна обдарованість поєднувалася в ньому із великою щедрістю керівника – ділитися своїми знаннями для нього було так само природним як нові знання здобувати.



*Рукопис роботи М. Боголюбова "Проблеми динамічної теорії в статистичній фізиці"*

Навесні 1950 року Микола Миколайович із групою своїх колег поїхав до Арзамасу-16 (нині Саров, Росія) – секретний об'єкт, де були сконцентровані великі науково-технічні ресурси і розв'язувалася задача створення термоядерної бомби.

**ІЗ СПОГАДІВ УЧНІВ І КОЛЕГ**

*Він працював, захлинаючись роботою, в час знахідок і натхнення – без відпусток та перерв.*

**Ю. Л. Ментковський**

Там, за словами очевидців, було виконано величезну роботу із числових розрахунків критичних параметрів багаточастикових ядерних систем і моделювання суміжних задач, до того ж за відсутності потужних обчислювальних систем, на підставі розвитку ефективних числових підходів, використання асимптотичних методів та аналітичних оцінок. Допоміг талант Боголюбова.

Мабуть саме тоді Микола Миколайович чітко усвідомив велике майбутнє електронно-обчислювальних машин і далі майже на усіх своїх адміністративних постах активно підтримував та пропагував рух у цьому напрямі. Водночас група Боголюбова почала активно обговорювати можливості мирного застосування термоядерного синтезу, досліджуючи властивості плазми, зокрема стійкість плазми в магнетному полі та взаємодію плазми із стінками посудини. У колі своїх учнів М. Боголюбов розпочав роботу над написанням кількох нових монографій з теоретичної фізики, які завершив уже в Москві.

Хоча 1951 року сім'я Боголюбових переїхала до Москви, контактів з Україною вчений не поривав: до 1959 року він – професор Київського університету, а 1957 року за його пропозицією в Інституті фізики АН УРСР було створено лабораторію атомного ядра та елементарних частинок, яку він сам і очолив.

М. Боголюбова 1953 року обрано академіком АН СРСР. Він почав працювати на посаді завідувача кафедрою теоретичної фізики Московського університету. У цей період активно продовжуються дослідження, розпочаті наприкінці 1940-х років і скеровані на розвиток квантової теорії поля. До цієї роботи залучаються нові учні. Після двадцятирічної перерви від першої поїздки за кордон, 1956 року Микола Миколайович відвідав США, де зробив у Сіетлі доповідь про новий принцип аналітичного продовження узагальнених функцій багатьох змінних – так звана теорема про "вістря клина", що відкрила фактично новий напрям досліджень у математиці.

Тоді ж розпочинається історія Об'єданого інституту ядерних досліджень у Дубні (Росія), у якому Боголюбов очолив Лабораторію теоретичної фізики, що мала стати головним мозковим центром нового інституту. Микола Миколайович





почав збирати кращі сили теоретиків, створювати найсучаснішу на той час базу для виконання числових розрахунків. Продовжувалися дослідження з теорії надпровідності, з'являються перші роботи із методу дисперсійних співвідношень.

Показовим став виступ Миколи Миколайовича із доповіддю на XI Міжнародному математичному конгресі в Единбурзі, де він продемонстрував, як метод дисперсійних співвідношень може бути корисним у квантовій теорії поля. Уже після цієї доповіді Норберт Вінер – відомий американський математик, основоположник кібернетики і теорії штучного інтелекту – сказав, що нарешті знайшов відповідь на запитання, яке давно не давало йому спокою: “А чи не існує декілька Боголюбових, кожний із яких є найбільшим фахівцем у своїй галузі?” Цікаво, що подібний приклад у математиці був, якщо згадати збірне ім'я Ніколя Бурбакі.<sup>7</sup>

Початок 1960-х років стимулював зацікавлення Миколи Миколайовича до фізики елементарних частинок. На конференції у Женеві 1962 року виступ Боголюбова стосувався спроби аксіоматичної побудови теорії елементарних частинок у формі локальної теорії поля. Згодом ці ідеї Боголюбова було використано в роботах Намбу – лауреата Нобелівської премії з фізики 2008 року. У 1964–1966 роках Микола Миколайович разом із своїми учнями сформулював динамічну кваркову модель і запровадив нове квантове число для кварків, яке згодом отримало назву “колір”.

<sup>7</sup>БУРБАКІ Ніколя (Bourbaki, Nicolas) – псевдонім групи математиків із різних країн, переважно з Франції, що ставила перед собою завдання розробити новий системний підхід до викладу сучасної математики на основі аксіоматичного підходу теорії множин. Утворилася група 1937 року з випускників Вищої нормальної школи у Франції, склад її з часом змінювався. Праця цієї групи принесла суттєві результати у таких ділянках математики, як топологія, топологічна алгебра, алгебра, теорія чисел, функціональний аналіз та інші. Багато уваги Бурбакі приділяли міжнародній співпраці у напрямі поліпшення викладання математики. Книжки Бурбакі зробили значний внесок у сучасну математику, а вчені, що входили до цієї групи, до цього часу мають високий міжнародний авторитет.

### Засновник академічних інститутів в Україні

У 1960-х роках починає реалізовуватися проект із створення нового теоретичного інституту в Києві, де планувалося створити сучасний комплекс із ідеально добрими умовами для праці вчених, з готелем і житловими корпусами. За підтримки керівництва республіки, ця ідея починає втілюватися у життя. Місцем для будівництва вибрали урочище Феофанія, де до революції був монастир, що підпорядковувався Києво-Печерській лаврі, та літня резиденція Київського митрополита. Згодом на місці літньої резиденції та великого саду митрополита були зведені корпуси лікарні, на території монастиря – будинок відпочинку “Феофанія”, а великий Свято-Пантелеймонівський собор монастиря повільно руйнувався. Під будівництво Інституту теоретичної фізики було відведено південну частину земель Феофанії. Місце для будівництва, а також план корпусів інституту детально обговорювалися та узгоджувалися з М. Боголюбим, який часто бував у Києві та особисто контролював роботи на будові споруд Інституту теоретичної фізики АН УРСР, який він очолив 1966 року.

Внутрішнє оформлення Інституту за задумом мало відображати історію Києва та України. Спів-автором унікальних панно “Ярослав Мудрий”, “Київська академія”, “Наука і культура”, “До далеких планет” та кількох мозаїк, що містили в собі десятки окремих сюжетів, став Іван Марчук – оригінальний молодий митець, який за національні переконання потрапив тоді під опалу, а згодом став одним із найяскравіших українських художників

### ІЗ СПОГАДІВ УЧНІВ І КОЛЕГ

*Спілкуватися з Миколою Миколайовичем було надзвичайно цікаво, однак слідкувати за ходом його думки було неможливо. Велике зацікавлення у нього часто змінювалося на, як могло здатися, повне відключення, за яким несподівано слідувало вкрай чітке формулювання суті усієї розмови.*

**А. М. Балдін**



XX сторіччя. Поряд споруджували готель та житловий корпус для провідних науковців Інституту. Корпус Інституту було здано в експлуатацію 1970 року.

За сім років, упродовж яких М. Боголюбов очолював Інститут теоретичної фізики, ця установа почала поступово перетворюватися в один із провідних світових центрів теоретичної і математичної фізики. Нині Інститут теоретичної фізики НАН України носить ім'я Миколи Миколайовича Боголюбова. Тут працюють і набули міжнародного визнання наукові школи з актуальних проблем теоретичної фізики, математичної фізики, квантової теорії поля, теорії плазми, релятивістської астрофізики, космології та фізики елементарних частинок.



*Комплекс будівель Інституту теоретичної фізики імені М. М. Боголюбова НАН України (м. Київ)*

Микола Миколайович 1971 року підтримав і активно розвивав ідею проведення у Києві 1-ї Міжнародної конференції з фізики плазми. Його участь у цьому форумі забезпечила поважне міжнародне представництво. Згодом ці конференції стали регулярними і хоча проводяться не лише в Києві, за ними надовго залишилася назва київські.

Цікава та кумедна історія трапилась з В. Вайскопфом, відомим американським фізиком-теоретиком, генеральним директором ЦЕРНу, якого М. Боголюбов запросив до Києва для участі в конференції з фізики високих енергій та елементарних частинок. Старовинне місто над Дніпром справило на нього таке незабутнє враження, що коли згодом до нього в Женеві прийшов аспірант і сказав, що він із Копенгагена, професор задумливо спитав: "Пробач, Копенгаген, Копенгаген... А це далеко від Києва?"

Важко переоцінити роль М. Боголюбова у створенні та становленні Львівської школи статистичної фізики у повоєнний період. Згадаємо, що серед учнів і послідовників Миколи Миколайовича четверо – це випускники Львівського університету імені Івана Франка, а саме: академіки НАН України О. С. Парасюк, І. Р. Юхновський і Д. Я. Петрина – учень О. Парасюка і співавтор низки праць спільних із М. Боголюбовим, а також професор А. В. Свідзинський, котрий згодом став першим ректором Волинського університету імені Лесі Українки.



*Під час конференції з фізики плазми (1971).  
М. Боголюбов – у центрі першого ряду*

За активної участі та особистого сприяння академіка М. Боголюбова як директора Інституту теоретичної фізики АН УРСР у травні 1969 року було відкрито Відділ статистичної теорії конденсованих станів, завідувачем якого став І. Юхновський. Коли відділ зміцнів, 1980 року, на його базі було створено Львівське відділення статистичної фізики ІТФ АН УРСР. Ще за десять років у Львові за активної підтримки академіка Боголюбова у вересні 1990 року на базі Відділення постав окремий академічний інститут – Інститут фізики конденсованих систем, що став першою академічною установою із фундаментальних досліджень у галузі фізики на Західній Україні.

---

*У колективі було цікаво, М. М. Боголюбова можна було б порівняти з ядром атома, а учнів – з електронами, кожний з яких знаходиться на своїй орбіті.*

**О. С. Парасюк**



Академік М. Боголюбов (праворуч) з докторами І. Юхновським (ліворуч) та В. Шелестом (у центрі)

Проте досі залишилася нереалізованою ще одна мрія Миколи Миколайовича пов'язана з Україною: створити Міжнародний центр теоретичної фізики у Києві, який мав би нагадувати структуру аналогічного центру у Трієсті (Італія), де Боголюбов не раз бував, і відкривати широкі можливості для міжнародної співпраці фізиків світу для розв'язання фундаментальних проблем сучасного природознавства. Хочеться сподіватися, що цей задум великого вченого ще стане реальністю.

Микола Миколайович був не лише натхненником та організатором створення нових академічних інститутів в Україні. Він уважно слідкував за усіма виявами національно-демократичного відродження, які переживала країна в 80–90-их роках минулого сторіччя, і щиро вболівав за відродження тих традицій, тяглість яких була перервана Радянською владою. Приємною подією в житті акад.

#### ІЗ СПОГАДІВ УЧНІВ І КОЛЕГ

*Ви справили на мене незабутні враження. Більшість теоретиків у той час зневажливо ставилися до математики, логічну дедукцію "розтоптували ногами". Значення міг мати тільки романтичний вплив генія. І тоді з'явилась ВИ, людина, що володіє і математикою, і фізикою, готова взятися за складні проблеми, які вимагають їхнього логічного поєднання. Мені здається, що в цьому є відображення національного характеру вашого великого народу...*

**Із привітання Р. Йоста з нагоди присудження М. М. Боголюбову премії Гайнемана з математичної фізики**

М. Боголюбова стало його обрання 1990 року дійсним членом Наукового товариства Шевченка<sup>8</sup>, про діяльність якого він і раніше знав і навіть мав спільну з М. Криловим публікацію у "Збірнику математично-природописно-лікарської секції" – першому україномовному науковому журналі в галузі природничих наук, математики та медицини. Дійсними членами Наукового товариства імені Шевченка були його вчителі академіки Граве і Крилов. Одразу ж після відродження цього товариства М. Боголюбов одним з перших привітав наукову громаду з цією подією і зазначив, що вважає для себе дуже почесним і значущим перебування у його рядах.

<sup>8</sup>НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО імені ШЕВЧЕНКА (НТШ) – перша новітня українська академія наук, створена у Львові 1873 року під назвою "Товариство імені Шевченка", 1892 року реорганізована в НТШ. Упродовж більшої частини історії НТШ його структуру визначали три секції: історично-філософська, філологічна та математично-природописно-лікарська. В останній секції яскраво виділяються імена математиків Володимира Левицького, Михайла Кравчука, природодослідників Івана Верхратського, Івана Раковського та Миколи Мельника, фізика та електротехніка Івана Пулюя, біохіміка Івана Горбачевського, лікаря Євгена Озаркевича.

Фізики становили значну частину дійсних членів математично-природописно-лікарської секції НТШ. За період до Другої світової війни секція налічувала 106 членів, 25 мали стосунок до фізики. Серед них: Ю. Гірняк, Р. Цегельський, В. Кучер, І. Фещенко-Чопівський, М. Крилов, С. Тимошенко, О. Смакула, В. Міляничук, А. Ластовецький, З. Храпливий, О. Стасів. До іноземних дійсних членів НТШ належали Альберт Айнштейн, Давид Гільберт, Фелікс Кляйн, Макс Планк.

Серед періодичних видань, які заснувало Товариство, – "Збірник математично-природописно-лікарської секції", перший україномовний науковий журнал у галузі природничих наук, математики та медицини. В цьому журналі публікувалися дослідницькі та оглядові роботи, які формували, обговорювали та впроваджували українську наукову термінологію. Журнал 1928 року опублікував статтю М. Крилова та М. Боголюбова: "Про декілька критеріїв, що стосуються існування похідних функцій дійсної змінної" (XXVII том, с. 215–221).

НТШ ліквідоване радянською владою 1939 року, інституція поновлює свою діяльність 1947 року в Західній Європі та США (де відоме як Shevchenko Scientific Society), а 1989 року відновлене НТШ повернулося в Україну.





### Орбіти Миколи Боголюбова

*“У колективі було цікаво, М. Боголюбова можна було б порівняти з ядром атома, а учнів – з електронами, кожний з яких знаходиться на своїй орбіті”, – зі спогадів акад. О. Парасюка.*

Микола Боголюбов помер 13 лютого 1992 року. Перед смертю він відмовився від громадянської панахиди: відспівали його у Трапезній церкві Новодівичого монастиря і поховали на Новодівичому цвинтарі в Москві “у колі друзів і старих знайомих”, як і заповідав сам М. Боголюбов.

Не стало людини, про яку академік А. Д. Сахаров сказав: “Він був універсалом, знав дуже багато. Вся сукупність його знань була єдиним цілим і основу його філософії складала його релігійність...”

Дуже проникливі слова про свого учителя сказав академік А. О. Логунов: “Збереження честі науки належить, на жаль, порівняно невеликій групі вчених. Сам факт їхньої творчості слугував науці охоронною грамотою. Досить згадати імена Павлова та Вернадського. Боголюбов, без сумніву, належить до цієї когорти”.

Справді, авторитет Миколи Боголюбова у світі надзвичайно високий. Його праці і книжки опубліковані різними мовами. Він – почесний член багатьох академій світу, зокрема Німеччини, Польщі, США, Угорщини, Індії і Болгарії, а також почесний доктор університетів Берліна, Чикаго, Турину, Варшави, Бухаресту, Гельсінкі, Вроцлава та Аллахабаду (Індія). Його наукові здобутки не раз відзначено престижними іменними преміями, зокрема іменними преміями його вчителя М. М. Крилова (у 1949 та 1984 роках) та медалями, серед

яких медалі ім. Г. Гельмгольца (1969), М. Планка (1973), Б. Франкліна (1974), а також золота медаль імені М. В. Ломоносова (1985) – найвища нагорода АН СРСР у галузі природничих наук. Національна академія наук України 1993 року уперше вручала премію імені М. М. Боголюбова, що заснували для вчених, які зробили значний внесок у розвиток теоретичної фізики і прикладної математики.

Колись німецький математик Д. Гілберт уїдливо зауважив на адресу фізиків: “Не розумію, як це фізики можуть займатися фізикою, адже вона безумовно занадто складна для них?!” Цікавою є відповідь самого Миколи Миколайовича Боголюбова, яку він дав автору статті [4] під час інтерв’ю: “Я завжди цікавився фізикою і послідовно наближався до неї. Взагалі я схильний до послідовних наближень. Спочатку мене цікавили тільки абстрактні математичні проблеми, далі конкретніші. Математика, теорія коливань, статистична фізика і, нарешті, фізика елементарних частинок – ось такий вигляд, як кажуть, має еволюція моїх наукових зацікавлень. Однак з’єднувальною ланкою всіх моїх досліджень була математика, оскільки мій підхід – до проблем чистої математики, проблем механіки чи теоретичної фізики – завжди був підходом математичним. Вплив математики у фізиці дедалі прогресує. Не слід думати, що роль математики зводиться лише до розв’язання тих рівнянь, які пропонує фізика. Математика сягає глибше, вона пронизує поняття, концепції сучасної теоретичної фізики. Це сталося буквально на очах останнього покоління науковців...”

Напевно, відчуваючи ці тенденції у науці, всесвітньо відомий фізик Нільс Бор стверджував, що “математика це більше, ніж наука, це – мова”. У сучасній фізиці невміння розмовляти цією мовою для теоретика означає повну творчу німоту [4]. У цьому і є суть згаданого напрямку, який відкрив академік М. Боголюбов і розвинули його численні учні.

Як стверджував сам Микола Боголюбов, у нього дві Батьківщини – Росія та Україна – і дві рідні мови – російська та українська. Українцем за духом він став у селі Велика Круча, де вперше пізнав історію цього краю і полюбив поезію Шевченка. Протоколи семінарів Крилова він записував українською мовою і перші його публікації напи-

---

### ІЗ СПОГАДІВ УЧНІВ І КОЛЕГ

---

*...Збереження честі науки належить, на жаль, порівняно невеликій групі вчених. Сам факт їхньої творчості слугував науці охоронною грамотою. Досить згадати імена Павлова та Вернадського. Боголюбов, без сумніву, належить до цієї когорти.*

**А. О. Логунов**



сані теж українською. У час, коли почали нищити українську інтелігенцію, і в Харкові розпочався процес над Спілкою визволення України, Микола Миколайович Боголюбов визнав себе українцем і вважав себе ним упродовж усього свого життя. Під його благодотворним впливом кардинально змінилися точні науки в світі, змінився ландшафт науки в Україні.

І як любить повторювати Ігор Рафаїлович Юхновський:

“Над нами витав дух генія...”.

Просто ми ще не вповні це оцінили.

#### Література

1. Боголюбов А. Н. *Н. Н. Боголюбов. Жизнь. Творчество.* – Дубна, 1996. – 182 с.

2. Мриглод І. М., Ігнатюк В. В., Головач Ю. В. *Микола Боголюбов та Україна.* – Львів: “Свро-світ”, 2009. – 192 с.

3. Свідзинський А. В. *Микола Миколайович Боголюбов, яким я його бачив і розумів.* – Газета “День”, № 149, 26 серпня 2009 р.

4. Рожен О. *Зірка Миколи Боголюбова.* – Газета “Дзеркало тижня”, № 36 (764), 26 вересня – 2 жовтня 2009 р.

5. Герасименко В. І., Загородній А. Г. *Творець сучасної теоретичної та математичної фізики.* – Газета “День”, № 131, 30 липня 2009 р.

6. Герасименко В. І., Загородній А. Г. *Фундатор сучасної теоретичної та математичної фізики.* – “Світогляд”, 2009. – № 5. – С. 1–13.

*\*На першій сторінці обкладинки:*

зліва направо: акад. РАН Михайло Миколайович Боголюбов, Президент НАН України акад. Борис Євгенович Патон, акад. РАН Олексій Нораїрович Сісаєн та член-кор. РАН Микола Миколайович Боголюбов (мол.) на відкритті меморіальної дошки М. Боголюбову на “червоному” корпусі Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Київ, 21 вересня 2009 року).

## Фізичний факультет Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського



*Таврійський університет* – перший вищий навчальний заклад Криму, був заснований у період громадянської війни за ініціативи губернського земства та місцевих органів самоврядування. В його організації брали участь видатні вчені, зокрема брати Павлови, директор Никітського ботанічного саду, член-кореспондент Російської академії наук Микола Кузнецов, корифей математики Дмитро Граве, Микола Крилов, видатні фізики Абрам Йоффе, Ігор Тамм, Яків Френкель та інші.

*Детальніше про університет читайте в наступному числі журналу “Світ фізики”.*





## МИХАЙЛО КОСАЧ: ЖИТТЄВИЙ ШЛЯХ ТА НАУКОВА ДІЯЛЬНІСТЬ

Володимир Шевчук,

*канд. фіз.-мат наук, ст. наук. співробітник  
Львівського національного університету імені Івана Франка*



*Михайло Петрович Косач,  
старший брат Лесі Українки  
(світлина 1903 р.)*

Знаменита родина Косачів [1] дала яскравих представників української культури, науки, просвітництва. Представниця цього роду, одна з найгеніальніших жінок, феномен духовної величі – Леся Українка. Старший брат Михайло Косач – надзвичайно обдарована особистість, високоосвічений талановитий фізик, поєднував природодослідницьку, викладацьку працю, винахідницьку діяльність із перекладацькою та літературною (писав новели інтелектуально-психологічного характеру). Тут доречно згадати і про двоюрідного брата М. Косача – Юрія Тесленка-Приходька, який (можливо не без впливу старшого за віком М. Косача) отримав західно-європейську освіту інженера-електротехніка і приклався до науково-технічного розвитку в Україні у дуже складних умовах Першої світової війни – 30-х років ХХ ст. Його

зусилля були спрямовані в напрямі застосування Х-променів у медицині. Він був одним із засновників медичної радіології в Україні, а конкретніше – одним з найактивніших організаторів відповідних установ, науково-технічних відділів та їхнього технічного забезпечення для створюваної тоді зовсім нової, але дуже потрібної галузі охорони здоров'я.

Зосередимося переважно на розповіді про Михайла Косача (1869–1903), 140 років від дня народження якому минає 2009 року. Ми дуже мало знаємо про М. Косача, а фрагментарні відомості, що подаються у публікаціях, часто неточні. Деякі сторони його життєвого шляху та біографічні дані інших членів родини принагідно висвітлюються у дослідженнях життя і творчості Лесі Українки [1, 2]. Однак, наукова діяльність природодослідника М. Косача згадується лише в загальних рисах [3]. Прижиттєві публікації – важкодоступні, давно стали бібліографічною рідкістю. Л. Мірошніченко справедливо зауважував [4], що Михайло Косач досі є майже невідомий для загалу. Інформація ж про Ю. Тесленка-Приходька майже відсутня.

В одному з найдавніших східноєвропейських університетів у м. Тарту (Естонія) 110 років тому у наукових записках цього університету з'явилася друком стаття О. Садовського (1859–1923), професора фізики фізико-математичного факультету Тартуського (тоді Юрїївського) університету. Публікація [5] вийшла під назвою: "Пондеромоторні дії електромагнетних та світлових хвиль на кристали". Ця праця стане предметом уважного розгляду та схвалення колом фахівців лише за 12 років [6], всесвітнє визнання прийде ще пізніше [7]. Викладені у ній ідеї науковим співтоваришт-





*Лєся Українка з братом  
Михайлом Косач  
(світлина початку 1890 років)*

вом фізиків не були сприйняті відразу. Стаття випереджувала час. Це була епоха (кінець XIX ст.) бурхливого розвитку природничих наук. Але корпускулярна теорія випромінювання, постійна Планка з'явилися у фізиці дещо згодом.

У праці О. Садовського (вона ж була його докторською дисертацією) на підставі теорії світла Максвелла, проводячи певну аналогію між світловими та електромагнетними хвилями, за встановлених умов експерименту оригінальними теоретичними розрахунками доведено існування пондеромоторної (механічної) обертової дії оптичного випромінювання на кристали. В одному з п'яти основних висновків праці йдеться, що для чвертьхвильової кристалічної пластинки, здатної змінювати поляризацію випромінювання, за нормального падіння на неї поляризованого по колу світла виникає обертовий момент. Таке явище з подачі відомого фізика-теоретика П. Еренфеста [6] отримало назву ефекту Садовського. Із нього випливає, що електромагнетне поле володіє моментом кількості руху. Існування ефекту Садовського дає змогу застосувати до явищ взаємодії електромагнетних хвиль з речовиною закон збереження кількості руху.

Величина обертового моменту пластинки для видимого світла становить майже  $10^{-9}$  ерг [5]. Для

циркулярно поляризованих сантиметрових хвиль величина ефекту на декілька порядків більша [7]. Вона залежить також від інтенсивності випромінювання, що актуально нині, з появою потужних лазерів.

Ефект Садовського відіграє особливу роль у процесах випромінювання і поглинання світла атомами і молекулами. У сучасній фізиці ефект Садовського враховують, зокрема, під час взаємодії електромагнетної хвилі з плазмою [8]. Поглинання циркулярно поляризованої хвилі у плазмі приводить до передачі моменту імпульса електронам та йонам плазми. Уявлення Садовського про існування власного моменту імпульса електромагнетної хвилі лежать в основі досліджень спінових властивостей і теорії синхротронного випромінювання релятивістських електронів [9] тощо.

На зламі XIX і XX ст. О. Садовський та його однодумці ставили і вирішували скромніші, але дуже важливі фундаментальні запитання. Перша публікація П. Лебедева зі встановлення тиску світла на тверді тіла вийшла друком 1899 року. Теоретичну працю Лебедева про роль тиску світла в природі було надруковано 1891 року. Отже, про тиск світла на тверде тіло було відомо. О. Садовський розглянув нову задачу – обертової дії поляризованого світла на пластинку.

Працю О. Садовського [5] цитують усі, як першу у світі, в якій виявлено ефект за іменем автора. Проте майже ніхто досі не звернув уваги на останній абзац передмови до цієї статті. О. Садовський так написав: “У підсумку я дозволю собі подякувати асистентові кафедри фізики в Юрїївському Університеті М. П. Косачу, який допомагав мені під час усіх моїх експериментальних спробах виявити очікувані явища. Як зацікавлення наукою, так і зацікавлення опрацьовуваним мною питанням заставили його затратити на цю допомогу часу значно більше, ніж це вимагалось його безпосередніми обов'язками.

Фізична Лабораторія Юрїївського університету.  
Жовтень, 1898”.

Отже, М. Косач під керуванням директора фізичної лабораторії університету, вдумливого фізика, здібного експериментатора, професора О. Садовського повністю занурився в дослідження і



виявлення тонких ефектів взаємодії світла з речовиною. Теоретичні розрахунки були виконані. Однак, тодішня наявна лабораторна техніка, попри численні спроби, не давала Садовському і Косачу змоги провести експериментальні вимірювання. Лише у 1935–1936 рр. американському фізику Р. Бету вдалося здійснити експерименти, які підтвердили ефект Садовського. У книжці [10] про історію Тартуського університету під час розгляду найбільших досягнень його науковців наприкінці XIX ст. у галузі фізики акцентовано увагу на ефекті Садовського. Ім'я М. Косача тут згадується поруч із іменем О. Садовського.

Михайло Косач, перша дитина у сім'ї юриста Петра Антоновича Косача та письменниці й фольклористки Ольги Петрівни Косач-Драгоманової (Олени Пчілки) народився 13 (25 н. ст.) липня 1869 року у м. Новограді-Волинському. Дитячі роки минали у Новограді-Волинському, с. Колодяжному, Луцьку, Києві. Залюблений у свій край, звичаї свого народу, його культуру з дитинства, М. Косач залишався таким до кінця життя. Отримавши домашню початкову освіту, Михайло 1884 року склав при першій Київській гімназії іспити й його було зараховано до 5-го класу класичної гімназії у м. Холмі, яку закінчив 1888 року зі срібною медаллю [11]. Того ж року М. Косач вступив на математичний відділ фізико-математичного факультету Київського університету.

У Києві Михайло захопився громадською роботою, літературною діяльністю, перекладами світової класики. Михайло Косач і Леся Українка стають душею літературного гуртка “Плеяда”. Літературні твори Михайла виходять під псевдонімом Михайло Обачний [1–4], який при першій пробі пера був обраний йому матір'ю, Оленою Пчілкою при спільному з Лесею Українкою перекладі оповідань М. Гоголя “Вечорниці”, що було видано у Львові ще 1885 року.

Проте М. Косач навчання у Києві не завершив. Він 1891 року вирішив перевестися до Тартуського університету на математичне відділення фізико-математичного факультету. М. Косач 1894 року успішно закінчив це відділення, а за рік, 1895, також фізичний відділ фізико-математичного факультету [12], і його як кращого студента, залишили на посаді асистента фізичної лабораторії.

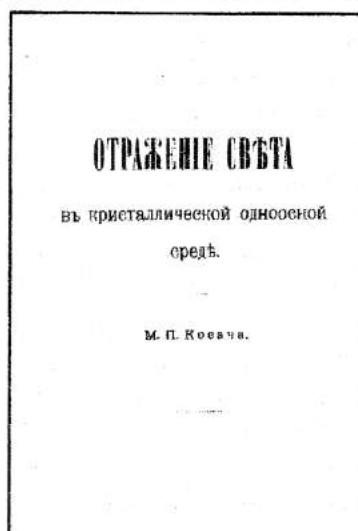
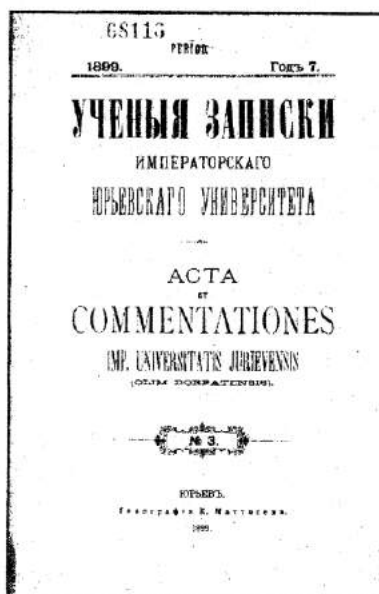
Система атестації науково-педагогічних кадрів у тогочасних університетах передбачала низку іспитів і була доволі складною. М. Косач успішно долав щаблі наукового і викладацького зросту. Косачеві 1895 року надали звання кандидата фізики після захисту роботи “Актиноелектричні явища”, і його затвердили на посаді штатного асистента кабінету фізики (рік перед цим, ще студентом, М. Косач вже був на цій посаді за наймом і завідував електромережею – на той час вона була рідкістю у навчальних закладах). У розвиток досліджень взаємодій світла з твердим тілом М. Косач 1898 року написав магістерську дисертацію “Відбивання світла в одновісному кристалічному середовищі” (опублікована у Наукових записках університету) і 1899 року захистив її. Він 1900 року вже на посаді приват-доцента на звання доцента прочитав лекцію “Основні погляди на електрику і магнетизм в XIX столітті”, зробив доповідь “Внутрішні і зовнішні дії струму” тощо. Його університетські колеги неодноразово підкреслювали високу майстерність Косача як лектора.

Доцент М. Косач вступив до Товариства природознавців у Тартуському університеті і виголосив у ньому доповіді “Заломлення світла на межі двох одновісних кристалів” та “Спрощена форма машини Агвуда”. Відкриття механічних дій світлових хвиль і визнання справедливості електромагнетної теорії світла давало змогу переосмислення відомих явищ заломлення, відбивання, поглинання і дисперсії електромагнетних хвиль. Праці М. Косача щодо відбивання та заломлення світла йшли у руслі цих задач.

Тартуський період у житті Косача закінчився 1901 року, коли він перевівся на посаду приват-доцента фізичного факультету Харківського університету.

М. Косач 1893 року одружився. Його дружиною стала українська письменниця О. Судовщикова (літературний псевдонім Грицько Григоренко), знайома з Косачами ще з дитячих років. У молодого подружжя 1898 року народилася донька Євгенія.

Попри сімейні клопоти М. Косач, маючи у своємі розпорядженні на той час добре обладнану фізичну лабораторію [13], багато експерименту-



*Титульна сторінка збірника наукових праць Тартуського університету та однієї з головних статей М. Косача у цьому збірнику*

вав, готував до друку наукові праці. Для студентів М. Косач читав фізику і математику, курс “Електростатика” та “Зовнішні дії струму”, вів практичні заняття. Разом з зацікавленнями колом явищ проходження і відбивання світлових променів у кристалах, електромагнетизму, Косач глибоко вивчав і досліджував проблеми метеорології, геофізики. Розробляв вимірювальні пристрої для таких цілей, зокрема неперервний інтегратор сили

вітру та його енергії, електричний термограф. Він брав активну участь у роботі X (Київ, 1898) та XI (Санкт-Петербург, 1901) з’їздів природознавців і лікарів. До речі, що у роботі етнографічної секції X з’їзду в Києві брала участь і молодша сестра М. Косача – О. Косач. Її доповідь мала назву “Про знахарство в Малоросії”.

Харківський період М. Косача, на жаль, тривав лише до 1903 року. Михайло Косач несподівано важко захворів і за кілька днів у молодому віці, у розквіті фізичних і творчих сил раптово помер 3 (16 н. ст.) жовтня 1903 року, похований на Байковому кладовищі у Києві. Згодом поруч поховали Лесю Українки і їхніх батьків. М. Косач мав великі наукові задуми, частина з яких залишилась нереалізованими.

У Харківському університеті М. Косач, озброєний попереднім досвідом роботи і добрим науковим вишколом, відразу енергійно розпочав різнобічну діяльність, очолив кафедру фізичної географії та метеорології, яка була тоді у складі кафедри фізики. Він став активним членом Товариства фізико-хемічних наук при Харківському університеті, виступав на засіданнях з науковими доповідями, друкувався у Працях Товариства. До цього публікувався у міжнародному журналі “Meteorologische Zeitschrift”, який видавався у Відні, завідував метеостанцією університету, організовував метеослужбу на Харківщині, друкував огляди погоди і статті метеорологічного змісту у харківській сільськогосподарській газеті. Основні праці [14] М. Косача віддзеркалюють високий рівень наукових досліджень та напрями його творчих пошуків.

Ґрунтовні знання з метеорології М. Косач отримав ще у Тартуському університеті. Його 1896 року на місяць відрядили на XVI Всеросійську промислово виставку у Нижньому Новгороді для організації та проведення досліджень і спостережень за погодою у підвідділі метеорології з діючою метеостанцією I розряду, оснащеною усіма найновішими пристроями. Він 1897 року переклав монографію [15] з метеорології Фр. Вальдо, зробивши низку приміток до тексту. Редактором перекладу був відомий метеоролог і геофізик Б. Срезневський, згодом академік Української академії наук. Срезневський прибув на фізичний





факультет Тартуського університету з Московського університету 1894 року, одночасно з О. Садовським (з Санкт-Петербурзького університету) та Г. Левицьким (з Харківського університету). Кожен з цих тоді вже відомих учених зіграв позитивну роль у становленні М. Косача як фізика, вченого-природознавця, всіляко підтримував молодого науковця і викладача.

Фізичний кабінет у Харківському університеті був оснащений слабше, ніж у Тартуському. Приладів було обмаль. Проте Михайло Косач з ентузіазмом взявся за вивчення властивостей електролітів у зовнішньому магнетному полі, планував виконати і захистити докторську дисертацію у галузі фізики електролітів, виходячи з їхньої йонної теорії. М. Косач опублікував перші праці з цієї тематики (див. список [14]). Харківська школа на чолі з М. Бекетовим мала добрі традиції у фізико-хемії електролітів. М. Косач сміливо взявся за експерименти і теоретичні моделі, пробував застосувати закономірності поведінки електролітів у зовнішньому полі до пояснень деяких атмосферних явищ.

Крім наукової і викладацької роботи (читав курси фізики, математичної фізики, метеорології) у Харківському університеті, М. Косач розгорнув кипучу діяльність із організації метеорологічної служби у Харківській губернії. У галузі метеорології на Харківщині та інших галузях плідно працював також учений-фізик М. Пильчиков (з 1894 року він працював у Одеському університеті). Михайло Косач розробив конкретний план розгортання мережі метеослужби, зумів переконати чиновників Губернського земства у нагальній потребі метеорологічних досліджень, формування банку даних для прогнозів погоди і наукового підходу до розвитку господарства з врахуванням кліматичних особливостей краю. Під проект було виділено фінансування. М. Косача заслужено вважають одним з перших організаторів закладів метеомережі Харківщини. Як і в інших справах, його критичний гострий розум не залишав поза увагою жодних непродуманих деталей.

Трапився такий випадок. На початку 1900-х М. Демчинський, відомий метеоролог, розробив теорію прогнозування погоди на щодень на багато часу наперед, переконував усіх у достовірності отриманих його методом даних, а розроблені

карти прогнозів настирливо пропонував продавати. Свій задум Демчинський зреалізував. М. Демчинський активно друкувався, результати доповідав на XI з'їзді природознавців і лікарів. М. Косач, ознайомившись з роботами Демчинського, вислухавши його доповідь на XI з'їзді, зауважив упущення в обчисленнях. Наслідком стало кілька спрямованих на розвінчування теорії Демчинського критичних публікацій Косача у періодиці.

Кінець XIX ст. пройшов під знаком відкриття X-променів, радіоактивності. Звістка про ці події швидко облетіла світ. Багатьох цікавили властивості нововідкритого випромінювання, швидкість його поширення. М. Пильчиков, член Товариства фізико-хемічних наук при Харківському університеті, опублікував праці з вивчення та практичного застосування нового випромінювання, а 1901 року одержав радій з Парижа для наукових цілей. Однак, встановити швидкість поширення X-променів ученим вдалося за шість років після їхнього відкриття методом порівняння зі швидкістю поширення електромагнетних хвиль.

X-променями зацікавився й М. Косач, про що він писав у своїх листах рідним. Він читав студентам курс про властивості X-променів.

Захоплення М. Косача фізикою X-променів згодом знайшло своє продовження у практичних справах Юрія Тесленка-Приходька (1884–1944). Він належав до родини Косачів по матері, Косач (Тесленко-Приходько) Олені Антонівні. Маючи освіту Мюнхенського політехнічного інституту, Ю. Тесленко-Приходько освоїв складну ділянку X-променевої техніки. Одним з перших став організатором низки наукових та медичних установ Києва, Харкова, зокрема з питань медичних та фізико-технічних проблем X-променології (переважно вживають традиційне: рентгенології) та радіології [16]. На Ю. Тесленка-Приходька покладалося створення технічної бази і загальне керування. Від 1933 року Ю. Тесленко-Приходько – у Харкові, де до 1937 року працював викладачем у технікумі для підготовки медпрацівників, яких катастрофічно не вистачало. Творча діяльність припинилася 1937 року, коли його було репресовано. Реабілітований посмертно 1989 року.

Ю. Тесленко-Приходько крім організаційних робіт проводив наукові дослідження, брав активну участь у конференціях, практичних нарадах.



Він – автор трьох перших розділів (фізико-технічні основи, характеристики апаратури, організаційно-технічні умови роботи) монографії [17] з діагностики і терапевтичної техніки в медицині колективу співпрацівників Харківського науково-дослідного інституту медичної радіології. За повідомленням харківського наукового журналу “Вопросы онкологии” (1929, т. II, № 4) Ю. Тесленко-Приходько разом з співавторами (Я. Зільбербергом, Я. Поволоцьким) прочитав доповідь “План робіт окремих обласних диспансерів на 1929–1930 рік” на нараді працівників онкологічних диспансерів трьох областей (Київської, Харківської, Одеської) у жовтні 1929 року.

Прізвище Тесленко-Приходько часто подавали без другої його частини, помилково зазначали й ініціали Юрія Петровича, як це бачимо на прикладі згаданої монографії [17]. З публікацій [18] Н. Пушкар можна ширше довідатися про біографічні подробиці та родинні взаємини з Косачами Ю. Тесленка-Приходька, цієї непересічної з активною життєвою позицією людини. Завдяки його (як також і М. Косача) захопленню фотографією до нас дійшли унікальні світліни Лесі Українки та її близьких. Юрій Тесленко-Приходько, образно кажучи, прийняв естафету від М. Косача і зробив неоціненний внесок і у забезпечення технічної сторони широкого впровадження X-випромінювання у медичній практиці, і в царині розвитку постійно оновлюваної відповідної науково-технічної думки, створення експериментальних відділів з виробництва апаратури та окремих її деталей та вузлів. Творча біографія Ю. Тесленка-Приходька вимагає окремого розгляду.

Запропонована коротка ретроспективна розвідка, хоч і неповно, дає уявлення про діяльність природодослідника Михайла Косача, як перспективного вченого, у полі зору якого були складні фундаментальні фізичні явища. За свій дуже короткий вік М. Косач встиг зробити чимало. Він заслуговує великої уваги та пошани і широкого кола громадськості, і вдячних продовжувачів кращих традицій в науці.

## Література

1. Лариса Петрівна Косач-Квітка (*Леся Українка*). *Біографічні матеріали. Спогади. Іконографія*/ Ред. О. Біланюк. Нью-Йорк, УВАН. – Київ: Факт, 2004. – 447 с.
2. Косач-Кривинюк О. *Леся Українка. Хронологія життя і творчості*. – Нью-Йорк, УВАН, 1970. – 926 с.
3. Исаков С. Г. *М. П. Косач в Эстонии*// Ученые записки Тартуского ун-та. Труды по русской и славянской филологии. – Тарту, 1958. – Вып. 45. – С. 43–68;
4. Хорунжий Ю. *Мужі чину. Історичні нариси*. – Київ: Вид-во ім. Ол. Теліги, 2005. – С. 133–165.
5. Мірошниченко Л. *Михайло Косач*. (Правда документів і домисли)// *Леся Українка: доба і творчість*. Зб. науков. праць і матеріалів. У 3-х т. – Луцьк, Волинський національний ун-т. ім. Лесі Українки, 2009. – Т. 1. – С. 155–169.
6. Садовській А. И. *Пондеромоторныя дѣйствія електромагнитныхъ и свѣтовыхъ волнь на кристаллы. Часть I (Теоретическая)*// Ученыя Записки имп. Юрьевского ун-та, 1899. – Т. 7. – № 1. – С. 1–126.
7. *Протоколь 289 (339)-го засѣданія Отдѣленія физики Русскаго Физико-Химическаго Общества 14 декабря 1910 г. Замечанія П. С. Эренфеста* / Журн. Русск. Физ.-Хим. Общ. Физической отдѣль, 1911. – Т. 43. В. 1–I. – С. 17–19.
8. *Очерки по истории физики в России*/ Ред. А. К. Тимирязев. – Москва: Гос. учебн.-пед. изд-во, 1949. – С. 286;
9. Carrara N. *Torque and Angular Momentum of Centimetre Electromagnetic Waves*// *Nature*, 1949. – Vol. 164. – N 4177. – P. 882–884;
10. Максимов В. *До питання історії ефекту Садовського*// Наукові записки Чернігівського держ. пед. ін-ту, 1958. – Т. 2, вип. 2. – С. 3–13.
11. Розенберг Г. В. *Садовского эффект*// Физ. энциклопедич. словарь. – М.: СЭ, 1965. – Т. 4. – С. 457.
12. Соколов И. В. *Момент импульса электромагнитной волны, эффект Садовского и генерация магнитных полей в плазме*// Успехи физ. наук, 1991. – Т. 161. – № 10. – С. 175–190.



13. *Спиновые свойства электромагнитного излучения*/ Руководитель направления В. А. Бордо-вицын. Физ. ф-т Томского ун-та // [http://phys.tsu.ru/index.php?\\_page=38](http://phys.tsu.ru/index.php?_page=38).
14. *История Тартуского университета 1632–1982*/ Под ред. К. Сийливаска. – Таллин: Периодика, 1982. – С. 151.
11. Пахолук З. *Юнацькі роки Михайла Косача*// Науков. вісн. Волинського держ. ун-ту ім. Лесі Українки. Філологічні науки, 1999. – № 5. – С. 52–54; Її ж. *Гімназист Михайло Косач*// Українська мова та література. Додаток, 1999. 15–16 квітня. – С. 18–19.
12. Левицький Г. В. *Биография М. П. Косача*// Биографический словарь профессоров и преподавателей Императорского Юрьевского, бывшего Дерптского, университета за сто лет его существования (1802–1902). В 2-х т./ Ред Г. В. Левицкий. Юрьевъ, типографія К. Маггисеца, 1902. – Т. 1. – С. 662;
13. Роговській Е. *Косачь Михаилъ Петровичъ*// Физико-математическій факультетъ Харьковского университета за первые сто летъ его существования (1805–1905)/ Под ред. И. П. Осипова и Д. И. Багалія. – Харьковъ, издание ун-та, 1908. III. Биографическій словарь профессоров и преподавателей, с. 91–92.
13. Кыйв Э. Э., Паэ А. Я. *О сохранившихся приборах физического кабинета Тартуского университета (1802–1916)*// *Tartu ulikooli ajaloo kusumusi*. – Tartu, 1985. – XVII. ik. 19–26.
14. Косачь М. П. *Отражение свѣта внутри одноосныхъ кристалловъ*// X Съѣздъ русскихъ естествоиспытателей и врачей въ Кіевѣ, 21–31 августа 1898 г. Дневникъ № 5. – С. 146–147;
15. Косачь М. П. *Отраженіе свѣта въ кристаллической одноосной средѣ*// Ученыя записки имп. Юрьевского ун-та, 1899. – Т. 7. – № 3. – С. 1–40.
16. Косачь М. П. *К теории града*// XI Съѣздъ русскихъ естествоиспытателей и врачей въ С.-Петербурѣ, 20–30 декабря 1901 г. СПб, типографія М. Меркушева, 1902. – С. 118–119.
17. Косачь М. П. *Непрерывный интеграторъ силы вѣтра и его энергіи*// XI Съѣздъ русскихъ естествоиспытателей и врачей въ С.-Петербурѣ, 20–30 декабря 1901 г. СПб, типографія М. Меркушева, 1902. – С. 291–292.
18. Косачь М. П. *Электролиты въ магнитномъ полѣ*// Труды общества физико-химическихъ наукъ при имп. Харьковскомъ ун-тѣ. Отчеты о засѣданіяхъ въ 1902 г. – 1903. – Т. 30. – № 2. С. 22–24.
19. Косачь М. П. *Ueber eine Lucke in den Theorien der Warme und der Temperaturanderungen im Boden*// *Meteorologische Zeitschrift*, 1902. – Bd. 37. – Heft 8. – S. 372–373.
20. Косачь М. П. *Опытъ Дэви и Флеминга надъ вращеніемъ электролитовъ въ магнитномъ полѣ*// Труды общества физико-химическихъ наукъ при имп. Харьковскомъ ун-тѣ. Отчеты о засѣданіяхъ въ 1902 г. – 1903. – Т. 30. – № 4. – С. 50.
21. Косачь М. П. *Die Lage der Troglinie in einer elliptischen Zyklone*// *Meteorologische Zeitschrift*, 1903. – Bd. 38. – Heft 8. – S. 337–341.
22. Вальдо Фр. *Современная метеорология. Очеркъ ея прошлаго и настоящаго*/ Перевод с англ. М. П. Косача, подъ ред. Б. И. Срезневскаго. – СПб, издание А. Ф. Девриена, 1897. – 380 с.
23. Артамонова Н. О., Арнаутов А. К., Брагіна Н. О. *До історії розвитку Харківського науково-дослідного інституту медичної радіології Міністерства охорони здоров'я України (1920–1995)*// Укр. Радіологічн. Журн., 1995. – № 3. – С. 185–199.
24. Гасуль Р. Я. *К истории институтов рентгенологии и радиологии в СССР*// Материалы по истории рентгенологии в СССР. – М.: Мин. Здрав., 1948. – С. 80–98.
25. Абрамович Ф. М., Бесчинская Н. М., Бриль Э. Я., Лемберг А. А., Ольховская М. В., Розенцвейг Б. К., Тесленко Г. П., Халипский А. Л. *Рентгенодиагностика и рентгенотерапия*. – Київ: Гос. мед. издат., УССР, 1937. – 468 с.
26. Пушкар Н. *Юрій Петрович Тесленко-Приходько – один з піонерів рентгенології в Україні. Матеріали до біографії*// *Леся Українка і сучасність*. В 4-х т. Т. 4, кн. 2. – Луцьк: Вежа, 2008. – С. 489–492.
27. Пушкар Н. *Довідкова інформація про луцьке оточення Лесі Українки та родини Косачів*// *Леся Українка: доба і творчість*. У 3-х т. Т. 2. – Луцьк: Волинський національний ун-т, 2009. – С. 284–295.



# Напрямок сили і закон додавання швидкостей<sup>1</sup>

Олег Орлянський,

завідувач кафедри теоретичної фізики  
Дніпропетровського національного університету

Зв'язок між кінематичними та динамічними характеристиками руху дає другий закон Ньютона. Він пояснює причину зміни швидкості тіла силами, що на нього діють. Сили можуть залежати від кінематичних характеристик, таких, як відстані та швидкості. Оскільки у нашому Всесвіті немає виділеного положення або напрямку, а за принципом відносності рівноправними є всі інерціальні системи відліку, сили можуть залежати лише від відносних відстаней та відносних швидкостей. З переходом від однієї системи відліку до іншої, координати та швидкості змінюються, але відстані між тілами, які взаємодіють, або їхня відносні швидкості залишаються незмінними. Це означає, що сили, які діяли в інерціальній системі відліку залишаться незмінними у будь-якій іншій системі відліку.

Під час переходу до іншої інерціальної системи незмінним залишиться також і пришвидшення, а, отже, і другий закон Ньютона

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}.$$

Під час переходу до неінерціальної системи відліку, при перетворенні пришвидшень виникають додаткові доданки, які у добутку з масою переносяться у праву частину другого закону Ньютона і називаються силами інерції.

Розгляньмо на конкретних прикладах, як поєднувати незмінність сил із законом додавання швидкостей в інерціальних системах відліку.

## Задача 1.

Із моторного човна, який плив проти течії зі швидкістю  $v_1 = 2$  км/год відносно берегів, відштовхнули у перпендикулярному до його руху напрямку надувний матрац зі швидкістю  $u = 3$  км/год відносно човна. Знайдіть найменшу швидкість  $u_{\min}$  матрацу відносно берегів під час його руху. Над річкою в напрямку течії і з такою ж швидкістю  $v_2 = 2$  км/год дме легенький вітерець.

## Розв'язок.

За законом додавання швидкостей швидкість матрацу відносно берегів  $\vec{u}_1 = \vec{u} + \vec{v}_1$ , а відносно течії  $\vec{u}_2 = \vec{u} + \vec{v}_1 - \vec{v}_2$ . Ці швидкості утворюють між собою деякий кут  $\alpha$ .

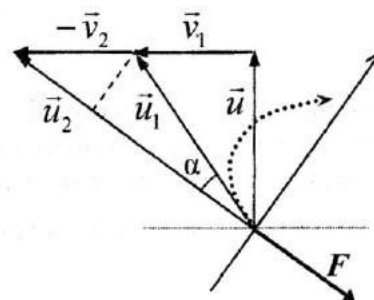


Рис. 1.

На рис. 1 зображено вектори швидкостей, кут  $\alpha$ , пунктирною кривою – схематична траєкторія руху матрацу відносно берегів (вважається, що човен рухається вліво, а вода – вправо). Розгляньмо тепер рух матрацу в системі відліку *течія*.

<sup>1</sup>На цю тему читайте також у попередніх статтях Олега Орлянського у журналах "Світ фізики", 2008. – № 4. – С. 34–42 та "Світ фізики", 2009. – № 2. – С. 18–23.

За умовою задачі в цій системі відліку буде відсутній не тільки рух води, а й рух повітря. Магтрац штовхають зі швидкістю  $\vec{u}_2$  відносно води, і він під дією сил опору повітря і води сповільнює свій прямолінійний рух. За яким законом це відбувається, нам невідомо, але ми знаємо, що сила опору  $\vec{F}$  буде весь час спрямована проти швидкості  $\vec{u}_2$  у будь-якій системі відліку. В системі відліку береги вона буде зменшувати проекцію початкової швидкості  $\vec{v}_1$  на напрям  $\vec{u}_2$ , але проекція  $\vec{v}_1$  на вісь, перпендикулярну до  $\vec{u}_2$  і  $\vec{F}$  (рис. 1), весь час залишатиметься незмінною. Величина цієї проекції  $u_1 \sin \alpha$  співпаде з найменшою швидкістю магтраца у момент часу, коли проекція на напрям набуває нульового значення. Це і буде відповіддю задачі.

На рис. 1 проекція  $u_1 \sin \alpha$  чисельно дорівнює прямолінійному пунктирному відрізку. З подібності трикутників знаходимо

$$\frac{u_1 \sin \alpha}{v_2} = \frac{u}{u_2},$$

звідки

$$\begin{aligned} u_{\min} &= u_1 \sin \alpha = \frac{u v_2}{u_2} = \\ &= \frac{u v_2}{\sqrt{u^2 + (v_1 + v_2)^2}} = 1,2 \text{ км/год.} \end{aligned}$$

### Задача 2.

По прямій доріжці котиться колесо. Як відомо, точка на його ободі описує траєкторію, що зветься циклоїдою. Знайдіть залежність радіуса кривини циклоїди  $R_{кр}$  від висоти  $h$ . Радіус колеса  $R$ .

### Розв'язок.

Розв'язувати задачу математично означає записати рівняння циклоїди (найпростіший вигляд рівняння має у параметричній формі), далі знайти перші та другі похідні, підставити їх у вираз для кривини, а тоді після достатньо громіздких обчислень отримати результат.

Зовсім інша річ – фізичний розв'язок. Кривина траєкторії входить у вираз доцентрового пришвидшення

$$a_n = \frac{v^2}{R_{кр}}$$

частіше називають нормальним, оскільки воно є проекцією пришвидшення на перпендикулярний до вектора швидкості напрям у дотичній до траєкторії площині (кажуть, спрямовано вздовж головної нормалі до траєкторії). Тобто, щоб знайти радіус кривини, треба, по-перше, знайти швидкість  $v$ , по-друге, пришвидшення  $a$ , і, по-третє, проекцію цього пришвидшення  $a_n$ . Від того, як саме рухатиметься колесо, швидко чи повільно, з пришвидшенням або без нього, вигляд траєкторії не залежить, а, отже, не залежить і відповідь на запитання задачі. Вважатимемо, що колесо котиться зі сталою швидкістю  $V$ . Тоді, використовуючи миттєву вісь обертання, знаходимо, що

$$v = r\omega = 2R \cos \alpha \cdot \frac{V}{R} = 2V \cos \alpha,$$

де  $\cos \alpha = \frac{h}{r} = \frac{h}{2R \cos \alpha}$

(рис. 2)

або  $\cos \alpha = \sqrt{\frac{h}{2R}}$ .

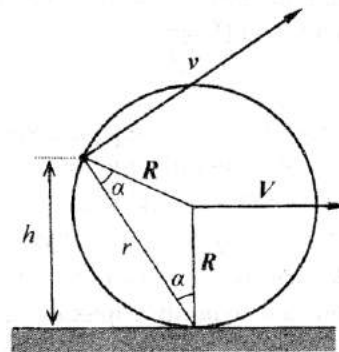


Рис. 2.

Звісно, швидкість точки

$$v = 2V \cos \alpha,$$

можна було знайти й інакше, безпосередньо із закону додавання швидкостей.

Щоб знайти пришвидшення, перейдімо в інерціальну систему відліку, що рухається поряд з колесом зі швидкістю  $V$ . Відносно цієї системи відліку колесо обертається на місці, і всі точки його

ободу мають пришвидшення  $\alpha = \frac{V^2}{R}$ , спрямовані

до центра колеса. Ці пришвидшення залишаються такими ж самими у будь-якій іншій інерціальній системі відліку. Отже, спрямоване до центру колеса пришвидшення нашої точки треба спроектувати на напрям  $r$  до миттєвої осі обертання (рис. 2):

$$\alpha_n = \frac{V^2}{R} \cos \alpha.$$

Остаточно маємо

$$R_{\text{кр}} = \frac{v^2}{\alpha_n} = \frac{4V^2 \cos^2 \alpha}{V^2 \cos(\alpha/R)} = 4R \cos \alpha = 2\sqrt{2Rh}.$$

### Зміна напрямку сили тертя

Ми з'ясували, що переважна більшість сил не перетворюється з переходом від однієї системи відліку до іншої. Але у багатьох випадках ми не просто пасивні спостерігачі, роль яких зводиться до опису заданого руху, а активні експериментатори, які можуть змінювати відносні відстані та швидкості і впливати на величину та напрям сил. У повсякденному житті перед нами постають різні задачі, як керувати автомобілем під час ожеледиці, пересувати важкі меблі, витягти забитий цвях або корок з-під пляшки з шампанським.

В усіх наведених прикладах була задіяна сила тертя ковзання, напрям якої зумовлюється напрямом відносного руху. Розгляньмо задачі, які потребують використання закону додавання швидкостей для зміни напрямку сили тертя.

### Задача 3.

Щоб витягти забитий у дошку цвях, треба здолати силу тертя  $F_{\text{тп}}$ , що вдвічі перевищує максимальну силу  $F$ , яку може прикласти людина. Оцініть кутову швидкість  $\omega$ , з якою слід повертати

цвях (наприклад, за допомогою пласкозубців), щоб почати витягати його з дошки зі швидкістю 1 мм/с? Діаметр цвяха 4 мм.

### Розв'язок.

Коли людина намагається витягти цвях, прикладаючи силу вздовж нього, спрямована у протилежному напрямку сила тертя спокою врівноважує прикладену силу і цвях залишається на місці (за умовою максимальне значення сили тертя вдвічі перевищує силу, яку спроможна прикласти людина). Щоб витягти цвях у такий спосіб, потрібно використати важіль для збільшення сили, яка діє на цвях. Для цього існує цвяходер (рис. 3).

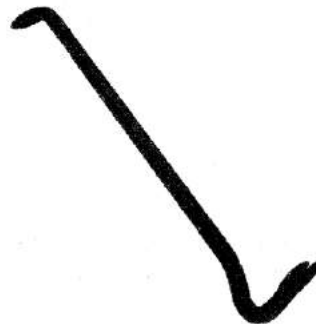


Рис. 3.

Але, по-перше, це важкий інструмент, який під час використання потребує міцної опори, а, по-друге, витягнутий цвях виявиться викривленим. Інший спосіб – змінити напрям сили тертя.

Коли цвях почне рухатись, сила тертя ковзання в кожній його точці буде спрямована проти напрямку руху металу відносно деревини. Використовуючи пласкозубці (рис. 4), ми отримуємо зручний важіль для обертання цвяха, що дає вигреш у силі в десятки разів. Тому для оцінки кутової швидкості вважатимемо, що сила  $F$  діє вздовж напрямку цвяха, але цвях при цьому обертається з кутовою швидкістю  $\omega$ .

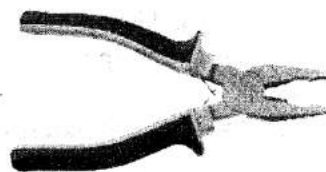


Рис. 4.



На рис. 5 зображено відносна швидкість  $u$  деякої точки цвяха, протилежно спрямована сила тертя  $F_{mp}$ , а також їх складові. У граничному випадку, коли сила  $F$  є максимальною,

$$\sin \alpha = \frac{F}{F_{mp}} = \frac{1}{2},$$

отже,  $\alpha = 30^\circ$  і  $\omega r = v \operatorname{ctg} \alpha = v\sqrt{3}$ , де  $r$  – радіус цвяха.

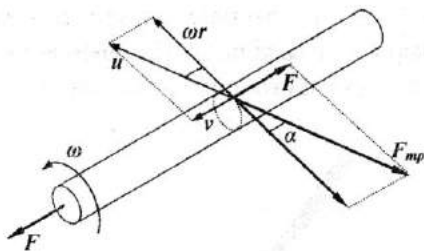


Рис. 5.

Отже, щоб витягувати цвях зі швидкістю  $1 \text{ мм/с}$ , треба його повертати з кутовою швидкістю  $\omega$ ,

не меншою ніж  $\frac{v\sqrt{3}}{r} \approx \frac{\sqrt{3}}{2\text{с}^{-1}} \approx 0,866 \text{ с}^{-1}$  або  $50^\circ$

за секунду.

Цією відповіддю можна користуватися на початку руху, оскільки з витягуванням цвяха його довжина у деревині, а з нею і сила тертя зменшуватимуться, але, звісно, не на самому початку, оскільки швидкості мають встигнути набути своїх значень.

Найбільш вражаючий ефект від зміни напрямку сил тертя спостерігається під час руху шайби, що обертається. Виявляється, що швидше вона обертається, то більший шлях проходить за однакової поверхні і значення початкової швидкості. На вокзалах використовують важкі нагирачі, які дуже легко зрушити з місця, коли круглі щітки, якими вони спираються на підлогу, швидко обертаються. Щоб зрозуміти фізичний зміст явища, розглянемо рух кільця, яке обертається і водночас ковзає підлогою.

Припустимо, що кутова швидкість обертання досить велика

$$\omega > \frac{v}{R},$$

де  $v$  – швидкість поступального руху центру кільця;  $R$  – його радіус.

Тоді миттєва вісь обертання буде всередині кільця, а точки кільця рухатимуться відносно поверхні у різних напрямках. На рис. 6 ми бачимо вектори швидкостей у двох діаметрально протилежних точках кільця та в його центрі. Через точку  $O'$  проходить миттєва вісь обертання. У діаметрально протилежних точках кільця також зображені сили тертя. На відміну від поступального руху, коли сили тертя в усіх точках кільця були спрямовані в одному напрямку, найефективніше гальмуючи його рух, тепер сили тертя спрямовані по різному, і їх рівнодіюча буде значно меншою.

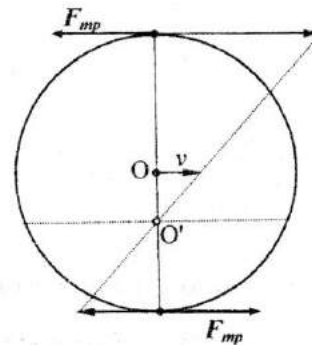


Рис. 6.

Придивіться, сила тертя, яка зображена в нижній точці рисунка, спрямована в напрямку руху кільця і не те, що не гальмує, а навіть сприяє його руху! Неважко довести, розглянувши сили у двох будь-яких рівновіддалених від миттєвої осі обертання точках, що рівнодіюча сил тертя буде спрямована проти швидкості  $v$ . Це означає, що центр кільця рухатиметься вздовж прямої лінії, а не повертатись, як могло б здатися внаслідок обертання кільця.

Аналогічні висновки стосуються шайби, площину основи якої можна розглядати як сукупність тонких кілець. Нарешті рівнодійні сили тертя, що діють на кільце та шайбу, можна знайти за допомогою інтегрування. За умови швидкого обертання, для кільця

$$F_{mp} = \frac{1}{2} \mu \cdot mg \frac{v}{\omega R}$$



і для шайби

$$F_{mp} = \mu \cdot mg \frac{v}{\omega R}$$

Звичайно, існує чимало інших прикладів зміни напрямку дії сили. Для впевненого володіння новим матеріалом, треба багато читати і розв'язувати задач. Зауважимо, що розглянуті вище задачі мають рівень щонайменше обласної олімпіади з фізики. Якщо вони підкорилися Вам, то за умови

наполегливої праці Ви матимете дуже добрі перспективи. Якщо ж задачі здалися занадто складними, не слід опускати руки. Людина оволодіває всім поступово. Навіть світові рекордсмени з легкої атлетики в дитинстві вчилися стояти на ногах, а Нобелівські лавреати за їх зізнанням продовжують вчитися й досі. Так і ми намагаємось поступово вивчати закон додавання швидкостей, плануючи у наступній статті нарешті перейти до найцікавіших і несподіваних його виявів.

## Чи розуміють письменники фізику?

### *Чи мав рацію Жюль Верн?*

Батарея акумуляторів, яка має електрорушійну силу е.р.с.  $E$ , замкнута на декілька однакових банок з підкисленою водою, що сполучені послідовно. Якщо батарею розряджають, пропускаючи струм крізь одну із банок, то під час спалювання виділеного про електролізі гримучого газу отримують 35% енергії, що затрачено на зарядження акумуляторів. Із збільшенням кількості банок заряд, який проходить крізь кожен банку, а відповідно, і кількість виділеного в ній гримучого газу, за законом Фарадея не зміниться. Кількість виділеного гримучого газу в усіх банках можна одержати дуже велику, якщо взяти дуже велику кількість банок. Спалюючи цей газ, можна одержати енергію, більшу від затраченої енергії на зарядження акумуляторів у будь-яку кількість разів. Подібну ідею описав Жюль Верн у романі "20 тисяч льє під водою". Та це суперечить законам збереження енергії. У чому ж полягає помилка міркувань?

### *"Мавп'яча задача" Керролла*

Переконливим прикладом нетривіального фізичного мислення Луїса Керролла може бути знаменита задача "Мавпа і вантаж", яку Керролл придумав наприкінці 1893 року: "Через блок, прикріплений до стелі, перекинута канат. На одному кінці каната висить мавпа, до іншого прикріплено вантаж, вага якого дорівнює вазі мавпи. Припустимо, що мавпа спочатку підійматиметься догори по канату. Що відбуватиметься при цьому з вантажом?"

"Мавп'яча задача" Керролла породила численні дискусії та суперечки. Їй присвячено величезну кількість публікацій. Потішаючись над своїми вченими колегами – професорами фізики та хемії, Керролл у своєму щоденнику написав таке: "21 грудня, четвер (1893 р.). Одержав відповідь професора Кліфтона до задачі "Мавпа і вантаж". Дуже цікаво, скількох різних думок дотримуються добрі математики. Прайс стверджує, що вантаж підійматиметься із зростаючою швидкістю, Кліфтон (і Харкорт) вважають, що вантаж підійматиметься з такою ж швидкістю, що й мавпа, а Семпсон вважає, що вантаж опускатиметься". Знайшлися й такі, хто вважав, що вантаж залишиться на місці.

Суперечки з приводу того, який розв'язок "мавп'ячої задачі" Керролла треба вважати правильним, час від часу виникають й досі. (Насправді умови задачі невизначені й відповідь залежить від додаткових припущень, що вводять під час розв'язування задачі.) Задача "Мавпа і вантаж" увійшла до числа 400 найкращих задач, які відібрало авторитетне журі, і були надруковані у спеціальному випуску журналу "American Mathematical Monthly". Такий успіх рідко випадає на долю автора фізичної задачі, до того ж автора не професіонала, а аматора.

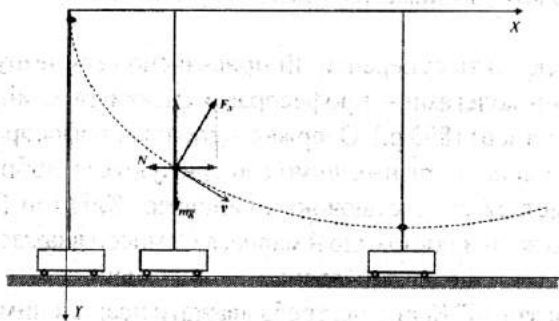
# РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ XLVI ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Севастополь, 2009)

(Умови задач та їхні розв'язки за 8–10 класи читайте у журналі "Світ фізики", 2009, № 2)

## 11-й клас

### Задача 1.

Із початком падіння кільця, на нього діє все більша сила Лоренца, яка через стрижень приводить у рух і пришвидшує візок. У горизонтальному напрямку разом з візком переміщуються також стрижень і кільце, що ковзає вздовж нього. Через те змінюється напрямок швидкості кільця, а разом з ним і напрям сили Лоренца. Направлена догори складова сили Лоренца, пов'язана з горизонтальною швидкістю кільця, збільшується, тоді як сила тяжіння  $mg$ , що діє на кільце вниз, залишається незмінною. Врешті-решт рух кільця донизу може бути зупинений силою Лоренца (за умовою задачі стрижень довгий), після чого кільце почне підніматися догори. Тепер сила Лоренца гальмуватиме візок із стрижнем і кільцем аж до повної зупинки в мить, коли кільце підніметься на початкову висоту. Далі увесь процес повторюється.



Запишімо другий закону Ньютона в проєкціях на координатні осі (вправо вісь абсцис, вниз – вісь ординат, початок координат у точці, звідки кільце почало рухатись). Вважаймо заряд кільця додат-

ним (на рисунку зображено сили, що діють на кільце в довільній точці його руху).

$$OX: \quad ma_x = qBv_y - N \text{ для кільця,}$$

$$OY: \quad ma_y = mg - qBv_x \text{ для кільця,}$$

$$OX: \quad Ma_x = N \text{ для візка.}$$

Отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} (m + M)a_x = qBv_y, \\ ma_y = mg - qBv_x. \end{cases} \quad (1)$$

Зміст першого рівняння зрозумілий: горизонтальна складова сили Лоренца викликає горизонтальне пришвидшення системи тіл. Якщо записати це рівняння у вигляді приростів, легко знайти зв'язок між зміною горизонтальної швидкості та вертикальної координати:

$$(m + M) \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = qB \frac{\Delta y}{\Delta t}.$$

Скоротивши на  $\Delta y$ , і склавши такі рівняння для послідовних змін швидкості та координати, знайдемо, що

$$(m + M)v_x = qBy \quad (2)$$

(на початку руху швидкість  $v_x$  і координата у дорівнювали нулеві). Оскільки сила Лоренца роботи не здійснює, скористаємося законом збереження енергії

$$mgy = \frac{Mv_x^2}{2} + \frac{m(v_x^2 + v_y^2)}{2},$$



у якому позбавимося від  $u$  за допомогою (2):

$$(m+M)\frac{mg}{qB}v_x = \frac{Mv_x^2}{2} + \frac{m(v_x^2 + v_y^2)}{2}. \quad (3)$$

Максимальна швидкість візка буде у момент проходження кільцем нижньої точки траєкторії, де вертикальна швидкість  $v_y$  стає нульовою (візок до цього тільки збільшував свою швидкість). Із (3) після скорочень знаходимо:

$$v_M = \frac{2mg}{qB}.$$

З'ясується, що у вертикальному напрямку кільце опускається на

$$h = \frac{(m+M)v_M}{qB} = \frac{2mg(m+M)}{q^2B^2}$$

(див. (2)) і якщо стрижень довгий ( $l > h$ ) так і не досягає поверхні візка!

Знайдімо тепер максимальну швидкість кільця. Для цього виразимо квадрат його швидкості  $v^2 = v_x^2 + v_y^2$  знову ж таки з рівняння (3) і виділімо повний квадрат:

$$\begin{aligned} v^2 &= \frac{M}{m} \left[ 2 \left( 1 + \frac{m}{M} \right) \frac{mg}{qB} v_x - v_x^2 \right] = \\ &= \frac{M}{m} \left[ \left( 1 + \frac{m}{M} \right)^2 \left( \frac{mg}{qB} \right)^2 - \left( v_x - \left( 1 + \frac{m}{M} \right) \frac{mg}{qB} \right)^2 \right]. \end{aligned}$$

Максимального значення  $v^2$  набуває тоді, коли горизонтальна швидкість  $v_x$  (вона ж і швидкість візка) досягне значення  $v_x = \left( 1 + \frac{m}{M} \right) \frac{mg}{qB}$ , яке менше від максимальної швидкості візка

$$v_M = \frac{2mg}{qB} \text{ за умови } \frac{m}{M} < 1.$$

Отже, якщо маса кільця  $m$  менша від маси візка  $M$ , максимальної швидкості

$$v_M = \sqrt{\frac{M}{m} \left( 1 + \frac{m}{M} \right) \frac{mg}{qB}}$$

кільце досягне в мить, коли візок матиме швидкість

$$v_x = \left( 1 + \frac{m}{M} \right) \frac{mg}{qB}.$$

Якщо ж уявити кільце масивнішим, ніж візок, його максимальна швидкість буде в найнижчій точці траєкторії

$$v_m = v_M = \frac{2mg}{qB}.$$

У разі рівних мас можна використовувати будь-який з випадків

$$v_m = \frac{2mg}{qB}.$$

Отже, вдається отримати відповіді на запитання задачі, фактично не вдаючись до інтегрування або використання похідних. Звичайно, можна поступити інакше. Знайти залежність координат від часу, тоді й відповісти на всі запитання. Це можна зробити, наприклад, виразивши з (2)  $v_x$ , підставивши в закон збереження енергії, розділивши в нім змінні та проінтегрувавши. Або, зовсім стандартно, з другого закону Ньютона без використання закону збереження енергії. Виразивши, наприклад,  $v_y$  з першого рівняння системи (1), підставити в друге та отримати для  $v_x$  рівняння гармонійних коливань. Наведемо розв'язок з урахуванням початкових умов:

$$\begin{cases} x = \frac{g}{\omega^2 \sqrt{1+M/m}} (\omega t - \sin \omega t), \\ y = \frac{g}{\omega^2} (1 - \cos \omega t), \end{cases}$$

$$\text{де } \omega = \frac{qB}{m\sqrt{1+M/m}}.$$

Одержана система рівнянь є стислим уздовж осі абсцис (або розтягнуто вздовж осі ординат) циклоїдом – траєкторією, яку описує точка на ободі колеса, що котиться без проковзування.

Розгляньмо тепер випадок недостатньої довжини стрижня  $l < h$ , за якого кільце удариться об візок. Як зазначалося, це відбудеться за умови, коли

$$h = \frac{2mg(m+M)}{q^2 B^2} > l.$$

У разі пружного удару кільце відскочить з тією ж за величиною вертикальною швидкістю, і цикл руху повториться.

У разі непружного – можливі два сценарії:

1. Перед ударом вертикальна складова сили Лоренца перевищувала  $mg$ , тоді сила Лоренца підніме кільце після удару, але вже на меншу висоту і без зупинки всієї системи;

2. Вертикальна складова сили Лоренца виявиться меншою від  $mg$ . Тоді після удару кільце відносно візка вже рухатись не буде.

Проаналізуємо непружне зіткнення докладніше. Перший сценарій відбудеться, якщо  $qBv_x > mg$ , тобто за довжини стрижня

$$l \in \left( \frac{m(m+M)g}{q^2 B^2}, \frac{2m(m+M)g}{q^2 B^2} \right) \text{ (див. (2)).}$$

Швидкість візка в цей момент досягне свого

максимального значення  $v = \frac{qBl}{m+M}$  (див. (2)).

Тоді після непружного зіткнення кільце почне підніматися догори. Складова сили Лоренца, пов'язана з його вертикальною швидкістю, почне через стержень гальмувати візок, і, коли кільце опиниться у найвищій точці, швидкість візка досягне мінімального значення, після чого знову почне збільшуватись. Максимального значення швидкості

$v = \frac{qBl}{m+M}$  візок знову набуде, коли кільце дотик-

неться поверхні, після чого все повториться. Траєкторія буде також деформована циклоїда (відносно системи відліку, яка рухається в горизонтальному напрямку зі швидкістю  $\frac{mg}{qB}$ ).

Щодо максимальної швидкості кільця, вона

буде  $v_m = \sqrt{\frac{M}{m} \left(1 + \frac{m}{M}\right) \frac{mg}{qB}}$ , якщо  $m < M$ .

Нарешті, якщо довжина стрижня

$$l < \frac{m(m+M)g}{q^2 B^2},$$

траєкторією кільця після непружного зіткнення буде горизонтальна пряма.

Максимальна швидкість візка

$$v = \frac{qBl}{m+M}.$$

Швидкість кільця в момент удару

$$v = \sqrt{2gl - \frac{M}{m} \frac{q^2 B^2 l^2}{(m+M)^2}}.$$

Описуючи процес руху, варто згадати про небезпеку перевертання візка при малій відстані між парами коліс. Наприклад, можна провести оцінку, вважаючи, що центр мас візка зі стрижнем знаходиться в точці закріплення стрижня. Така оцінка не буде точною, але дає змогу уявити, якими мають бути безпечні відстані між колесами.

Зазначмо, що за умови звичних зіткнень, коли втрачається частина кінетичної енергії, після кожного відскоку висота підйому кільця буде все меншою (щось на зразок стрибків кульки з пінг-понгу). З часом рух кільця стає подібним до одного з описаних раніше.

### Задача 2.

Нехай маса мавпи  $m$ , а момент інерції барабана  $I$ . Коли мавпа рухається разом із барабаном, механічну енергію системи можна записати у вигляді:

$$W = mgR(1 - \cos \varphi) + \frac{1}{2}(mR^2 + I)\omega^2,$$

де  $\varphi$  – кут відхилення від положення стійкої рівноваги, а  $\omega = \dot{\varphi}$  – кутова швидкість. За малих значень  $\varphi$  отримаємо

$$W = \frac{1}{2}mgR\varphi^2 + \frac{1}{2}(mR^2 + I)(\dot{\varphi})^2.$$

Звідси частота малих коливань буде

$$k = \sqrt{\frac{mgR}{I + mR^2}}. \quad (1)$$

Утримуватися в точці *B* мавпочка може тоді, коли реакція барабана дорівнює *mg*. У свою чергу, барабан розкручуватиметься з кутовим пришвидшенням  $\varepsilon$ .

За основним рівнянням динаміки обертального руху

$$\varepsilon = \frac{mgR}{I}. \quad (2)$$

За час *t* барабан досягне кутової швидкості

$$\omega_0 = \varepsilon \cdot t = \frac{mgR}{I}t. \quad (3)$$

Мавпі достатньо вхопитися за щабель, і вона з барабаном рухатимуться як одне ціле за годинниковою стрілкою з кутовою швидкістю  $\omega_1$ .

За законом збереження моменту імпульсу

$$I\omega_0 = (I + mR^2)\omega_1. \quad (4)$$

Звідси,

$$\omega_1 = \omega_0 \frac{I}{I + mR^2} = \frac{mgR}{I + mR^2}t = k^2t. \quad (5)$$

Щоб мавпа могла піднятися до рівня точки *C*, за законом збереження енергії має виконуватись умова

$$mgR = \frac{1}{2}(I + mR^2)\omega_1^2. \quad (6)$$

Тоді

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{2mgR}{I + mR^2}}. \quad (7)$$

Враховуючи (1), маємо

$$\omega_1 = k\sqrt{2}. \quad (8)$$

Підставивши (8) в (5), одержимо

$$t = \frac{\sqrt{2}}{k}.$$

### Задача 3.

1. Розв'язок через інваріант Аббе (для самоперевірки) (рис. 1):

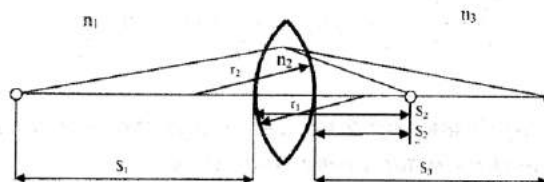


Рис. 1

1)

$$n_1 \left( \frac{1}{s_1} - \frac{1}{r_1} \right) = n_2 \left( \frac{1}{s_2} - \frac{1}{r_2} \right),$$

де  $r_1, r_2$  – радіуси кривизни поверхонь лінзи.

2)

$$n_3 \left( \frac{1}{s_3} + \frac{1}{r_2} \right) = n_2 \left( \frac{1}{s_2'} + \frac{1}{r_2} \right).$$

Оскільки лінзу вважаємо тонкою, то

$$s_2 = s_2'.$$

1) – 2)

$$\frac{n_1}{s_1} - \frac{n_3}{s_3} - \frac{n_1}{r_1} - \frac{n_3}{r_2} = -\frac{n_2}{r_1} - \frac{n_2}{r_2},$$

$$\frac{n_1}{s_1} - \frac{n_3}{s_3} = -\left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) + \frac{n_1}{r_1} + \frac{n_3}{r_2}.$$

Перейдімо до звичних позначень:

– відстань від предмету до лінзи:

$$-s_1 = d;$$

– відстань від зображення до лінзи

$$s_3 = f.$$

Для руху променя з повітря у кювету рівняння має вигляд:

$$-\frac{1}{s_1} + \frac{n_3}{s_3} = n_2 \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) - \frac{n_1}{r_1} - \frac{n_3}{r_2}.$$

Відповідно у шкільних позначеннях:

$$\frac{1}{d} + \frac{n_3}{f} = \frac{1}{F} = (n_2 - 1) \frac{1}{r_1} + (n_2 - n_3) \frac{1}{r_2}.$$



Для випадку, який нас цікавить, промені йдуть з кювети з водою крізь лінзу в повітря, рівняння набуде вигляду:

$$\frac{n_3}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = (n_2 - 1) \frac{1}{r_1} + (n_2 - n_3) \frac{1}{r_2}.$$

**Розв'язок, який можна очікувати без використання інваріанту Аббе (рис. 2):**

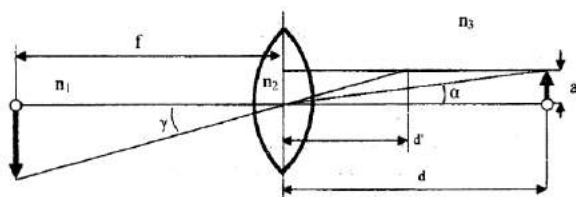


Рис. 2

Готуючись до олімпіади, у розділі геометричної оптики завжди розв'язують задачі на складання оптичних сил тонких лінз, які стоять поруч, або на знаходження оптичної сили невідомої лінзи, якщо оптична сила сукупності лінз відома. Тому й ми уявно розділімо тіло лінзи на дві площинною, що проходить по її середині. Одна контактує з водою, інша – з повітрям, оптичні сили яких відповідно дорівнюють:

$$\frac{1}{F_1} = (n_2 - n_3) \frac{1}{r_2},$$

оскільки радіус кривизни площини нескінченний;

$$\frac{1}{F_2} = (1 - n_2) \left( -\frac{1}{r_1} \right),$$

оскільки лінза опукла з обох боків, а тому знаки радіусів кривизни поверхонь щодо напрямку променя будуть різні.

Отже, вираз для оптичної сили системи такий самий, як отриманий за допомогою інваріанту Аббе:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} = (n_2 - 1) \frac{1}{r_1} + (n_2 - n_3) \frac{1}{r_2}.$$

Тепер щодо лівої частини рівняння лінзи.

Намалюймо хід променів за умов, коли показники заломлення з обох боків лінзи різні (рис. 2).

Із рис. 2 видно, що завдяки заломленню на межі вода-повітря, під час спостереження з боку повітря око бачитиме предмет на відстані  $d/n_3$ , де  $d$  – відстань від предмета до лінзи у воді.

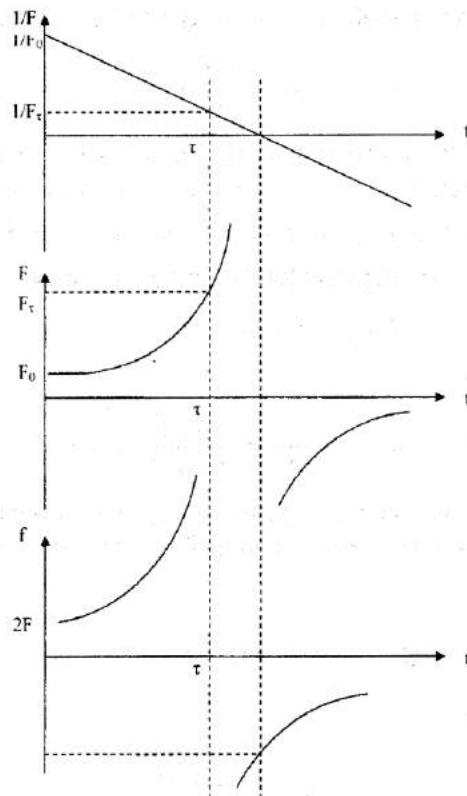
Одержуємо:

$$\frac{n_3}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = (n_2 - 1) \frac{1}{r_1} + (n_2 - n_3) \frac{1}{r_2}$$

вираз, аналогічний до одержаного за допомогою інваріанту Аббе.

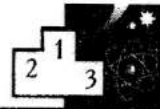
Проаналізуймо результати.

**2. Залежність оптичної сили від часу лінійна (залежність 1):**



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_0} - \frac{\alpha t}{r_2},$$

$$t = 0 \rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{F_0} = (n_2 - 1) \frac{1}{r_1} + (n_2 - n_0) \frac{1}{r_2},$$



$$t = t^c = \frac{r_2}{\alpha F_0} \rightarrow \frac{1}{F} = 0.$$

Після цієї точки лінза стає розсіювальною.

**3. Залежність фокусної відстані від часу**

$$F = \frac{1}{\frac{1}{F_0} - \frac{\alpha t}{r_2}} \text{ - фокусна відстань у повітрі;}$$

( $F n_3 = F(n_0 + \alpha t)$  - фокусна відстань у воді), є гіперболою, що асимптотично йде у нескінченність з наближенням до  $t^c$ . До цієї точки фокус додатний, лінза збиральна; далі - від'ємний, лінза розсіювальна (залежність 2).

У точці розриву зображення формується без впливу лінзи, ми просто бачитимемо бульбашку на відстані  $-f = d/n_3$  у воді.

**4. Зображення створюватиметься відповідно до оптичної сили лінзи:**

$$f = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{\alpha t}{r_2}} = \frac{1}{\frac{1}{F_0} - \frac{\alpha t}{r_2} - \frac{\alpha t}{2F_0 n_0}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{F_0} \left(1 - \frac{1}{2}\right) - \frac{\alpha t}{r_2} - \frac{\alpha t}{2F_0 n_0}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{2F_0} - \alpha t \left(\frac{1}{r_2} + \frac{1}{2F_0 n_0}\right)}$$

$$d = 2F_0 n_0 = \text{const (залежність 3).}$$

$$\text{За } t = 0 \rightarrow \frac{d}{n_0}; f = d = 2F_0 n_0.$$

$$\text{За } t = \tau; 2F_0 n_0 = F_\tau (n_0 + \alpha \tau);$$

$$\tau = \frac{1}{2F_0 \alpha \left(\frac{1}{r_2} + \frac{1}{2F_0 n_0}\right)};$$

$$F_\tau = F_0 \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{r_2}{F_0 n_0}}\right); f \rightarrow \infty.$$

$$\text{За } t = t^c = \frac{r_2}{F_0 \alpha} \rightarrow f = -\frac{d}{n_3}.$$

$$\text{За } t \rightarrow \infty, F \rightarrow 0, f \rightarrow 0.$$

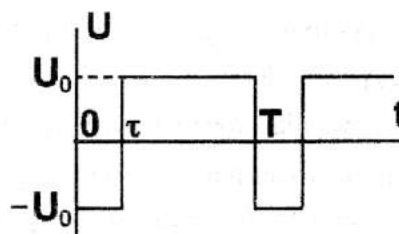
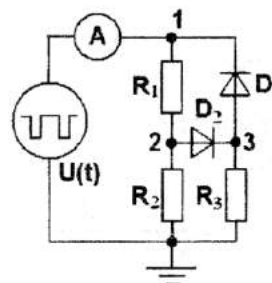
$$5) \Gamma = (\text{збільшення}) =$$

$$= \frac{f n_3}{d} = \frac{d}{n_3 F} - 1 = \frac{f \left(1 + \frac{\alpha t}{n_0}\right)}{2F_0} \text{ - залежність}$$

аналогічна 3.

*P. S. Цікаво, що десь у ділянці  $\tau < t < t^c$  може існувати проміжок, де зображення уявне, лінза збиральна, а  $\Gamma < 1$ .*

**Задача 4.**



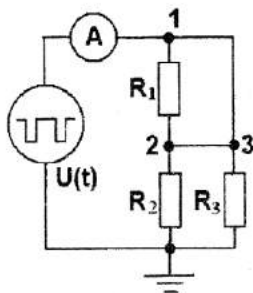
На проміжку часу від 0 до  $\tau$  потенціал точки 1:

$$\varphi_1 = -U_0 < 0.$$

Для потенціалу точки 2 маємо

$$\varphi_1 < \varphi_2 < 0.$$

Якщо  $\varphi_2 < \varphi_3$ , діод  $D_2$  знаходитиметься при зворотній напрузі і коло між точками 2 і 3 розімкнеться. Але в цьому випадку струм, що проходить від заземлення через  $R_3$  і далі через  $D_1$ , має створити на діоді ненульовий спад напруги, що неможливо, оскільки цей ідеальний діод знаходиться при прямій напрузі. Отже, діод теж знаходитиметься при прямій напрузі, і еквівалентна схема при цій полярності:



У цьому випадку резистор  $R_1$  виявляється замкненим, опір між точкою 1 та заземленням становитиме:

$$R_{\text{екв1}} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{R}{2}$$

(усі резистори мають однаковий опір  $R$ ), а миттєвий струм через амперметр становитиме

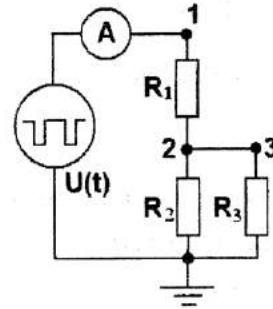
$$I_1 = \frac{U_0}{R_{\text{екв1}}} = \frac{2U_0}{R}$$

На проміжку часу від  $t$  до  $T$  потенціал точки 1 стане додатним –  $\varphi_1 = U_0 > 0$ .

Потенціал точки 2 буде теж позитивний, але менший ( $\varphi_1 > \varphi_2 > 0$ ).

Нехай потенціал точки 3 буде  $\varphi_3 > \varphi_2$ . Тоді діод  $D_2$  знаходиться при зворотній напрузі й має нескінченний опір. Але в цьому випадку треба, щоб проходив струм від точки 1 до точки 3 й далі через  $R_3$  до заземлення, щоб падіння напруги на  $R_3$  створило цей потенціал  $\varphi_3$ . Але, оскільки  $\varphi_3$  не може перевищувати  $\varphi_1$ , діод  $D_1$  буде знаходитися при зворотній напрузі і струм через нього проходити не може.

Отже,  $\varphi_3 \leq \varphi_2$ , і діод  $D_2$  буде при прямій напрузі, становлячи нульовий опір. Тоді еквівалентна схема за такої полярності буде:



Опір між точкою 1 і заземленням становитиме:

$$R_{\text{екв2}} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{3R}{2}$$

Крізь амперметр протікатиме миттєвий струм

$$I_2 = \frac{U_0}{R_{\text{екв2}}} = \frac{2U_0}{3R}$$

Кількість теплоти, що виділиться за період, становитиме:

$$Q = U_0 I_1 \tau + U_0 I_2 (T - \tau) =$$

$$= U_0 \left( \frac{2U_0}{R} \tau + \frac{2U_0}{3R} (T - \tau) \right) =$$

$$= \frac{2U_0^2}{R} \left( \tau + \frac{1}{3} (T - \tau) \right) =$$

$$= \frac{2U_0^2}{3R} (T + 2\tau). \quad (*)$$

Середня потужність за період:

$$P = \frac{Q}{T} = \frac{2U_0^2}{3R} \left( 1 + 2 \frac{\tau}{T} \right).$$

З іншого боку, середня потужність дорівнює:

$$P = U_{\text{ef}} I_{\text{ef}}.$$

Модуль напруги весь час дорівнює  $U_0$ , тому

$$U_{\text{ef}} = U_0.$$

Отже, отримуємо:



$$I_{\text{еф}} = \frac{P}{U_0} = \frac{2U_0}{3R} \left( 1 + 2\frac{\tau}{T} \right).$$

У випадку “зворотної” (позитивним виводом до заземлення) полярності увімкнення джерела імпульсної напруги, імпульс та пауза міняються місцями, і відповідно у формулі (\*) міняються місцями  $\tau$  та  $(T - \tau)$ . У цьому випадку отримуємо:

$$\begin{aligned} Q^* &= U_0 I_1 (T - \tau) + U_0 I_2 \tau = \\ &= U_0 \left( \frac{2U_0}{R} (T - \tau) + \frac{2U_0}{3R} \tau \right) = \\ &= \frac{2U_0^2}{R} \left( T - \tau + \frac{1}{3}\tau \right) = \frac{2U_0^2}{R} \left( T - \frac{2}{3}\tau \right) \end{aligned}$$

і, відповідно, ефективне значення струму

$$I_{\text{еф}}^* = \frac{Q^*}{U_0 T} = \frac{2U_0}{R} \left( 1 - \frac{2\tau}{3T} \right).$$

**Задача 5.**

Якби згасання не було ( $\delta = 0, \Delta = 0$ ), то фазова траєкторія мала б вигляд еліпса:

$$\left( \frac{\omega_0 x}{v_0} \right)^2 + \left( \frac{x}{v_0} \right)^2 = 1,$$

де  $v_0$  – максимальна швидкість.

Врахуймо згасання.

Позначмо  $\dot{x}$  через  $v$ , тоді  $\ddot{x} = \dot{v}$ .

Звідси

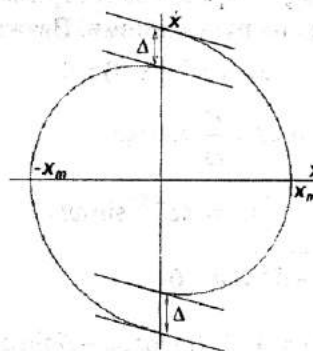
$$\frac{dv}{dx} = \frac{\dot{v}}{v}.$$

Якщо  $v \rightarrow 0$ , то  $\left| \frac{dv}{dx} \right| \rightarrow \infty$ , звідки випливає, що

дотичні до фазової траєкторії у точках перетину з віссю  $x$  утворюють з нею прямі кути.

Якщо ж  $x = 0$ , то  $\frac{dv}{dx} = -2\delta < 0$ , тобто дотичні

до фазової траєкторії у точках перетину з віссю  $\dot{x}$  утворюють з нею однакові кути з від’ємним тангенсом.



Схематичне зображення фазового портрету усталених коливань подане на рисунку. Воно складається з двох однакових ділянок спіралі, що скручується (така спіраль зображає коливання, що експоненціально згасають із часом).

Допустивши, що відносна зміна швидкості в результаті дії анкерного механізму буде малою, коливання маятника можна вважати майже гармонічними, і задачу вдається порівняно легко розв’язати, виходячи з енергетичних міркувань.

Витрати енергії за півперіод:

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{m(v_0 - \Delta)^2}{2} \approx m v_0 \Delta.$$

Робота сили опору за цей же час дорівнює  $\frac{\langle N \rangle \pi}{\omega_0}$ , де  $\langle N \rangle$  – середня потужність сили опору.

З урахуванням того, що сила опору

$$F_{\text{оп}} = 2m\delta v,$$

а  $v(t)$  змінюється майже за гармонічним законом, отримуємо для роботи вираз  $\frac{m\delta v_0^2 \pi}{\omega_0}$ , або

$$m\delta v_0 \pi x_m \text{ (оскільки } x_m \approx \frac{v_0}{\omega_0} \text{)}.$$

Отже,

$$m v_0 \Delta \approx m \delta v_0 \pi x_m,$$

звідки

$$x_m \approx \frac{\Delta}{\pi \delta}.$$

Точніший розв'язок можна отримати безпосередньо з законів руху системи. Вважаймо, що

$$x(0) = 0, \dot{x}(0) > 0.$$

Тоді для  $0 < t < \frac{\pi}{\omega}$  маємо

$$x(t) = Ae^{-\delta t} \sin \omega t,$$

де  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ ,  $A > 0$ ;

$$\dot{x}(t) = Ae^{-\delta t} (\omega \cos \omega t - \delta \sin \omega t)$$

$$\Delta = |\dot{x}(0)| - |\dot{x}(\pi/\omega)| = A\omega(1 - e^{-\pi\delta/\omega}).$$

Максимальне відхилення з урахуванням виразів для  $x(t)$  та  $\dot{x}(t)$ :

$$x_{\max} = \frac{A\omega}{\omega_0} \exp\left(-\frac{\delta}{\omega} \operatorname{arctg} \frac{\omega}{\delta}\right) =$$

$$\frac{\Delta \exp\left(-\frac{\delta}{\omega} \operatorname{arctg} \frac{\omega}{\delta}\right)}{\omega_0 \left(1 - \exp\left(-\pi \frac{\delta}{\omega}\right)\right)},$$

що за умови  $\delta \ll \omega_0$  наближено дорівнює  $\Delta/(\pi\delta)$ .

## Науковці створюють нові лазери

### Лазер рекордно малих розмірів

Група фізиків із трьох американських університетів: Норфолкського, Університету Пердью і Корнельського створили лазер, який є сферичною наночастинкою складної структури діаметром лише 44 нм.

За принципом дії запропонований пристрій відноситься до так званих спазерів\*, теоретичні основи створення яких були розроблені 2003 року. Спазер функціонує як лазер, але звичайні фотони в його конструкції замінюють на поверхневі плазмони (квазічастинки, які зв'язані з колективними коливаннями вільного електронного газу на межі розподілу середовища), а замість резонатора використовується наночастинка. Попередні експерименти зі створення спазера завершилися невдало, оскільки час життя плазмонів, які утворюються під час опромінення металу, виявився надто коротким для практичного використання.

Американські фахівці змогли розв'язати цю проблему, створивши наночастинку із золотою серцевиною та оболонкою з діоксиду кремнію з домішкою органічного барвника OG-488 (Oregon Green 488). Молекули барвника використовують для "підтримання" плазмонів, які з'являються в ядрі наночастинки і лише тоді перетворюються в фотони видимого світла з довжиною хвилі 531 нм.

На відміну від традиційного лазера, частинка випромінює у всіх напрямках. До того ж, науковці поки що не беруться стверджувати, що одержане випромінювання є когерентним. Самі автори найважливішою властивістю спазера вважають зможу одержання поверхневих плазмонів: учені вже створили перші елементи "плазмонних ланцюжків", і спазер може значно пришвидшити розвиток цієї галузі наноелектроніки. Щоб почати використовувати спазер на практиці, треба знайти спосіб заміни оптичного методу утворення плазмонів електричним. За підрахунками дослідників розв'язання цієї проблеми займе майже рік.

"Нанолазер із електричним накачуванням вже створено, і перспективи використання цих напрацювань у нашому випадку зовсім реальні", – підсумовує один з авторів ідеї спазера Марк Стокман (Mark Stockman) з Університету штату Джорджія (США).



## Науковці створюють нові лазери

### Потужний звуковий лазер

Група дослідників із Нотінгемського університету (Англія) та Інституту фізики напівпровідників імені В. Е. Лашкарьова (Україна) презентувала працюючий зразок пристрою, який може випромінювати сфокусоване звукове випромінювання з терагерцовими частотами.

Пристрої такого типу прийнято називати "сазерамі" або звуковими лазерами. Вони сконструйовані з по чергово складених тонких пластинок із напівпровідникових матеріалів (арсеніди галію та алюмінію).

Для запуску пристрою на верхній напівпровідниковий шар направляють пучок фотонів. Електрони речовини збуджуються, тоді, втрачаючи енергію, випускають фонони – квазі-частинки, кванти коливального руху. Відбиваючись від меж розділу шарів, повторно взаємодіючи з електронами і розповсюджуючись вниз по структурі, фонони досягають нижнього шару. На виході виходить сфокусоване ультразвукове випромінювання.

Треба зазначити, що сазери, що працюють на нижчих (гігагерцах) частотах, вже демонструвалися раніше, проте особливого успіху не здобули, оскільки науковцям відомі куди ефективніші методи генерації звукового випромінювання на цих частотах. "А ось терагерцевий сазер має привернути увагу фахівців, адже технології отримання когерентних звукових хвиль у цьому діапазоні поки не так сильно розвинені", – каже один з авторів роботи Тоні Кент.

### У США створено найпотужніший у світі лазер

У Сполучених Штатах Америки у червні 2009 року відбулася церемонія відкриття найпотужнішої в світі лазерної установки, де були присутні губернатор штату Каліфорнії Арнольд Шварцнеггер і сенатор Дайана Фейнштейн.

Комплекс, розміром як футбольне поле, розташований на території Ліверморської національної лабораторії імені Лоуренса. На розроблення системи пішло майже дванадцять років і три з половиною мільярда доларів.

Установка містить 192 лазерних випромінювачів і підсилювачів (активне середовище майже 300 метрів). Всі промені направлені на крихітну мішень, що містить водень.

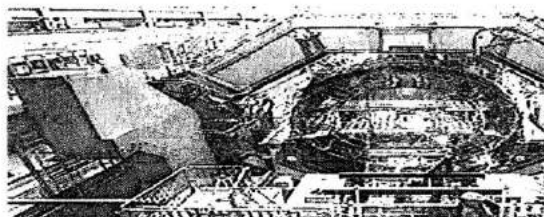
Систему планують використовувати під час проведення експериментів у галузі астрофізики, а також для розроблення джерел екологічно чистої енергії. З наступного року установку планують використовувати під час проведення реакцій контрольованого термоядерного синтезу.

За матеріалами *NewScientist*





## Нові дослідження в ЦЕРНі



У ЦЕРНі проводять дослідження не лише з фізики елементарних частинок. Багато з них мають безпосереднє відношення до сучасних технологій і навіть повсякденного життя (наприклад, медицини, матеріалознавства, системи безпеки, комп'ютерних технологій). Невдовзі там планують провести ще один експеримент, де вивчатимуть процес утворення хмаринок під час опромінення протонами.

Мета цього експерименту – з'ясувати, як космічні промені впливають на клімат Землі. Річ ось у чому. Потіки заряджених частинок, які прилітають із далекого космосу, пробиваються крізь магнетне поле, попадають на Землю і можуть породжувати в атмосфері додаткові центри конденсації пари. Їхня кількість впливає на динаміку утворення хмар, а оскільки хмари відбивають сонячне проміння, то і на сумарний потік тепла, який досягає поверхні Землі. Тому можна очікувати, що у періоди магнетно-спокійного Сонця, коли більше космічних променів досягає Землі, клімат буде холодніший, а в періоди активного Сонця – навпаки, тепліший.

Фізико-хімічні процеси, що відбуваються під час пролітання заряджених частинок крізь атмосферу достатньо складного складу, до того ж перебувають у дуже сильному електричному полі, достовірно обчислити не вдалося. Одержані результати також не дають однозначної відповіді, оскільки не вдається визначити цей побічний ефект мінливості сонячної активності від прямого ефекта – адже активніше Сонце звичайно більше гріє. Саме тому досі продовжують публікувати статті із протилежними висновками.

Щоб запобігти неправильній інтерпретації, треба зазначити, що ця невизначеність ні в якому разі не стосується висновку про сильний антропогенний внесок у сучасне глобальне потепління. Вважають надійно встановленим, що сумарний ефект коливань сонячної активності – і прямої, і не прямої, через космічні промені, – сам по собі не може пояснити ті зміни, які нині відбуваються на Землі. Однак пояснення цього питання важливе для палеокліматології, оскільки відомо, що потік космічних променів значно змінювався в минулому, а також для розуміння механізму утворення хмар загалом – одного з головних каменів зіткнення у сучасній кліматології.

У новому експерименті в ЦЕРНі, де можна повністю контролювати умови всередині тривимірної циліндричної камери, якраз і вивчатимуть динаміку та умови утворення маленьких крапель і кристаликів льоду. Роль штучних “космічних променів” відіграватиме спеціально розширений на всю камеру протонний пучок із невеликого пришвидшувача – протонного синхротрона (PS). Розміри камери достатні, щоб відслідковувати процеси тривалістю від долей секунди і до декількох годин. Повітря, водяна пара і пари сірчаної кислоти (вони відіграють важливу роль в утворенні центрів конденсації), а також матеріали для самої установки будуть надчистими, що дасть змогу уникнути конденсації парів на небажані домішки. А також використовуватимуть техніку детектування та випромінювання мікроскопічних частинок, які розроблено за десятиріччя експериментів у ЦЕРНі та інших наукових центрах світу.

Такий невеличкий експеримент уже проводили 2006 року. Він підтвердив, що ефект загалом існує, і що його можна вивчати, а також вказав шлях удосконалення конструкції камери. Таку удосконалену камеру було сконструйовано, і 20 травня 2009 року її привезли до ЦЕРНу. Очікують, що дослідження почнуться вже 2009 року. Спочатку вимірюватимуть швидкість утворення центрів конденсації під час опромінення і без нього, а також проведуть мас-спектрометричні дослідження. Наступні чотири роки науковці вивчатимуть залежність процесів від температури і від наявності слідів летючої органіки. Вони також збираються фактично одержати крапельки і кристалики льоду за допомогою адіабатичного розширення камери.

**Мриглод І. М., Ігнатюк В. В., Головач Ю. В. Микола Боголюбов та Україна.** – Львів: Євросвіт, 2009. – 192 с.: іл.



У книжці описано життя та творчість Миколи Миколайовича Боголюбова – видатного математика, механіка та фізика, 100-річний ювілей якого світова наукова спільнота відзначила у серпні 2009 року. До видання увійшли фотографії, копії архівних документів і рукописів праць М. М. Боголюбова, що пов'язані з його життєвим та творчим шляхом, значна частина якого пройшла в Україні.

Популярно викладено суть основних наукових результатів М. М. Боголюбова, які мали визначний вплив на розвиток світової науки. Особливу увагу приділено українському етапові творчості Миколи Боголюбова.

Для студентів фізико-математичних спеціальностей вищих навчальних закладів, інженерів, науковців та усіх, хто цікавиться історією науки.

**Проскура О. І. Осяяні світлом / Збірка науково-популярних статей з історії фізики.** – Львів: Євросвіт, 2009. – 380 с.: іл.

Запропонована всім, хто цікавиться сторінками і віхами в історії фізики, видатними особистостями та їхніми здобутками на теренах фізичної науки, збірка статей Олександра Проскури отримала назву, запозичену від тих величавих живописних розписів, які прикрашають сучасну будівлю Інституту фізики НАН України.

У книжці подано науково-історичні есе О. Проскури з досить вузьким колом імен відомих фізиків, з їхніми творчими пошуками і зверненнями – тематичне наповнення збірки здебільшого дотичне до кола наукових зацікавлень відомого фізика та організатора науки минулого сторіччя – Гольдмана Олександра Генріховича, що й відповідало напрямам досліджень в Інституті фізики.

Заслуговує на увагу читачів і пам'ять однодумців автор цієї збірки – знаний фізик, прекрасний педагог і справжній український патріот Олександр Проскура. Непересічний автор наукових і науково-популярних публікацій він належить до тих небагатьох дослідників, які неупереджено висвітлювали складну історію фізики, зокрема й академічної української науки.

Для науковців, студентів, учителів, школярів та усіх, хто цікавиться історією науки.



### ШАНОВНІ ЧИТАЧІ!

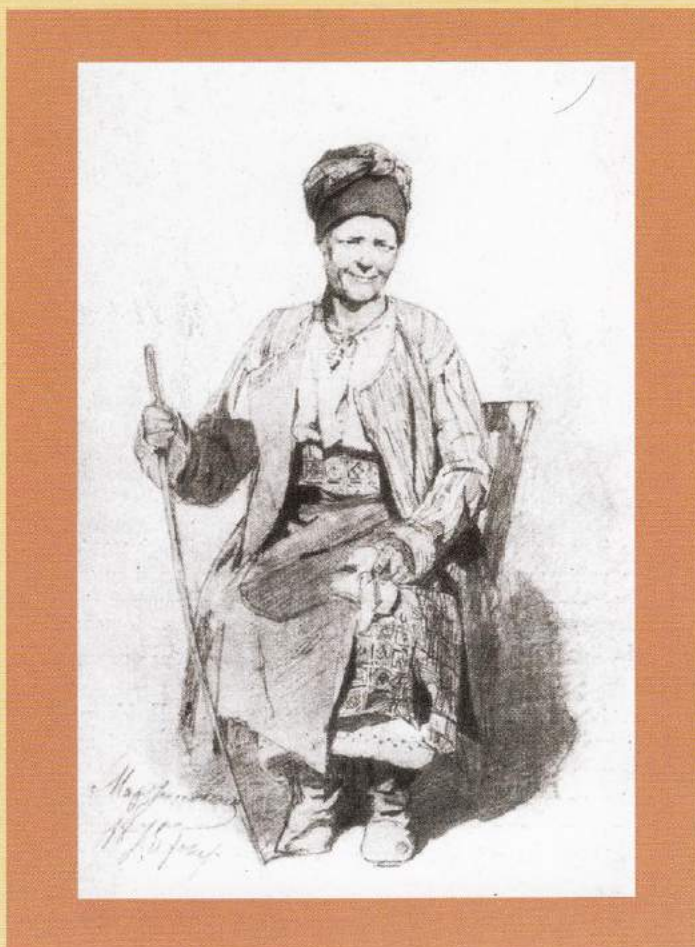
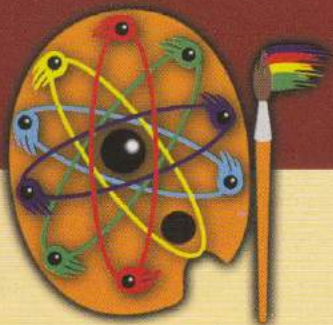
Не забудьте передплатити  
науково-популярний журнал "Світ фізики",  
передплатний індекс 22577.

Попередні числа видання можна замовити  
в редакції журналу за адресою:

вул. Саксаганського, 1,  
м. Львів, 79005, а/с 6700;  
phworld@franko.lviv.ua







**Порфирій МАРТИНОВИЧ**  
(1856–1933)  
Портрет О. Буштримиhi.  
Олівець. 1875 р.

П. Мартинович народився у містечку Костянтинограді Полтавської губернії (нині Красноград Харківської області) в сім'ї чиновника, секретаря повітового суду. Ще в дитинстві сильне враження на Порфирія справили співи перехожих кобзарів і лірників, перекази і розповіді про різні події. Після навчання в місцевому пансіоні батько віддав його до Харківської класичної гімназії, де, захоплюючись малюванням, юнак став готуватися до вступу в Академію мистецтв. Він 1873 року поїхав до Петербурга, і мрія його здійснилась. Одними з перших малюнків, які він виконав в Академії, були ілюстрації до поеми Івана Котляревського «Енеїда».

У 1970-х роках П. Мартинович з О. Сластьоном дуже захопилися збиранням фольклору, особливо кобзарського. Бідкування, яке переживав Мартинович після смерті батька, вплинуло на його психіку. Від 1885 він вже за пензель не брався, але продовжував записувати фольклор.

Ним створені ілюстрації до поеми Івана Котляревського «Енеїда» (1873–1874), картини «Казенка», «У волосного пристава» (обидві – 1879), «Баби печуть хліб» (1877–1880), низка портретів селян із с. Верміївки на Золотонощині (О. Буштримиhi, П. Тарасенка, обидва — 1875, Ф. Мигалья, 1880), І. Крюка з Лохвиці.

Помер П. Мартинович у грудні 1933 року від голоду. Це один із небагатьох городян-інтелігентів, який розділив долю з селянством.