

С В І Т

ФІЗИКИ

№3
2007

науково-популярний журнал



**Перший великий крок людства в тому,
щоб вилетіти за атмосферу
і зробитися супутником Землі.
Інше порівняно легко,
аж до віддалення
від нашої Сонячної системи.**

Костянтин Ціолковський

Журналу

"Світ фізики"

10 років

Дорогі читачі журналу "Світ фізики"! З-за нестача 1996 р. в нас велику гостю і задоволення брали участь в урочистому відкритті виставки ім. Івана Пучка в Трнмайові, на Батьківщині його діда.

Бажаю усім читачам великих успіхів у вивченні сучасної фізики, а також успішного майбутнього у мирі і свободі.

Австрія

РЕКВИЕМ ПО ИСЧ

Восточного рынка... Реквием по Исч... Реквием по Исч... Реквием по Исч...

Под занавес и радостные сообщения. Недавно мне подарили первый номер научно-популярного журнала «Світ фізики», изданного во Львове. Журнал явно затмивает на высокие стандарты, заявленные когда-то московским журналом «Квант». Здесь также очень серьезный уровень математики, изысканные физические задачи, неплохое оформление. Но невольно задаешь себе вопрос — хватит ли у издателя сил на второй номер?

ЗЕРКАЛО НЕДЕЛИ

Этот слоган российский издатель... Зеркало недели... Зеркало недели...

Физика не только основа современных технологий, физика — важный элемент современной культуры и без знания физики невозможно развитие других областей науки.

Жорес Алфьоров

Покликанням фізиків є розуміння природних явищ та пошук способів їх використання майбутніми поколіннями з благородною метою.

Покликання людини — творити добро своїм ближнім. Егоїзм не має бути ані засобом, ані метою наших починань.

Бажаю читачам "Світ фізики", щоб це покликання людини їм удалося виконати якомога краще.

Прага, 31.3.2000

Чехія

Іво КРАУС,
докт. фіз.-мат. наук,
професор Чеського технічного
університету в Празі

„Читаю журнал „Світ фізики“

Фізика не тільки основа сучасних технологій, фізика — важливий елемент сучасної культури і без знання фізики неможливий розвиток інших природничих наук.

Жорес Алфьоров

19 лютого 2001 р.
м. Корсунь-Шевченківський

Росія

Фантастика в науковій літературі завжди була популярною. Вона допомагає читачеві зрозуміти складні фізичні процеси, які відбуваються в природі.

Микола Миколайович

«Євросвіт» дарує журнал «Світ фізики»

Всі два роки журналу «Євросвіт» спеціалізуються на виданні наукових та науково-популярних літератур. Провадить видання високоякісних наукових журналів.

Серед видань: О. Полонин «Парти та розвідки шпаласта Америки», П. С. Волков «Інформація, інтелектуальна праця», проф. Я. Давид «Чарівне знамення — водородність», В. Байда та В. Пашко «Іван Пучка — універсальність загальнонаукового мислення», В. Пашко «Історія і методика сучасного фізики», О. Соколов та Ю. Засло-

радійко «Lecture Notes on English Learning».

Миколайович фізичної підтримки гурту професорів, який допомагає читачеві зрозуміти складні фізичні процеси, які відбуваються в природі.

Відомий фізик журналу «Світ фізики» про найновіші та важливі фізичні процеси, які відбуваються в природі.

Адреса видавництва:
290005, м. Львів,
вул. Дубинка, 15
Тел.: (0322) 72-37-04.

I wish you so much joy from the study of our wonderful subject - physics - as I have had in my lifetime.

John Stachel

4 AUGUST 1999

У серпні 1999 року професор Бостонського Університету (США), директор Айнштайнівського Центру досліджень вивідав редакцію журналу "Світ фізики", детально ознайомився з тематикою видання і планувати колективну редакцій на майбутнє та для наших опрацьованих побажання.

"Бажаю Вам стільки ж задоволення від вивчення цього чудового предмету — фізики — скільки я маю у своєму житті."

Джон Стачель,
професор Бостонського Університету (США),
директор Айнштайнівського Центру досліджень

США

Вітаю шановний читачу "Світ фізики" з унікальними гніт нашого часу виданнями. Бажаю мені, як і всім, щоб це було для нас великою радістю, з задоволенням знайомитися з матеріалом науково-популярного видання і наповнювати висвітлення.

З повагою Алла Іванівна

світ ФІЗИКИ

науково-популярний журнал

3(39)'2007

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

Виходить 4 рази на рік

Засновники:

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

Головний редактор

Іван Вакарчук

заступники гол. редактора:

Олександр Гальчинський

Галина Шопя

Редакційна колегія:

Олекса Біланюк

Михайло Бродин

Петро Голод

Семен Гончаренко

Ярослав Довгий

Іван Климишин

Юрій Ключковський

Богдан Лукіянець

Юрій Ранюк

Йосип Стахіра

Ярослав Яцків

Художник **Володимир Гавло**

Літературний редактор

Мирослава Прихода

Комп'ютерне макетування та друк

СП "Євросвіт", наклад 1000 прим.

Адреса редакції:

редакція журналу "Світ фізики"

вул. Саксаганського, 1,

м. Львів 79005, Україна

тел. у Львові 380 (0322) 39 46 73

у Києві 380 (044) 416 60 68

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

www.franko.lviv.ua/publish/phworld

*"Світ фізики" – прекрасне започаткування.
Для нас нині немає важливішого завдання,
як розширювати, збагачувати світ ідей,
серед яких має жити, освоювати наша молодь,
на підставі яких вона будуватиме своє
майбутнє"*

Анатолій Свідзинський

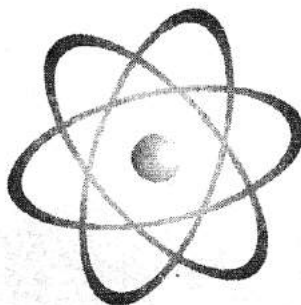
*(Продовження, початок читайте
в журналі "Світ фізики" № 2 за 2007 рік)*

Перше число журналу "Світ фізики" вийшло з друку 1997 року. Відтоді колектив видання активно працює над популяризацією фізики в Україні та за її межами. До роботи залучено велику когорту науковців, учителів, студентів, школярів. На сторінках журналу друкують свої праці не лише відомі фізики, а й студенти та школярі. Видання широко популяризує творчі змагання школярів з фізики: олімпіади школярів різного рівня, турніри юних фізиків, студентські турніри з фізики тощо.

Журнал "Світ фізики" активно співпрацює з Національною академією наук України, Науковим товариством імені Шевченка, Українським фізичним товариством, університетами, ліцеями, школами. Бере участь у конференціях, з'їздах, круглих столах з актуальних проблем викладання фізики в університетах і школах та доносить до свого читача.

Журнал "Світ фізики" було представлено на багатьох українських і міжнародних форумах, книжкових ярмарках, виставках. На Львівському національному книжковому форумі 2001 року видання визнали найкращим серед періодичних видань.

(продовження читайте в наступних числах журналу)



**Не забудьте
передплатити
журнал
"Світ фізики"**

Передплатний індекс

22577

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

© СП „Євросвіт”

ЗМІСТ

1. Нові та маловідомі явища фізики

Локтев Вадим. Фізика твердого тіла – наука фундаментальна і прикладна

Гальчинський Олександр, Шона Галина. Перший штучний супутник Землі

Вовчик Ева. Спостереження за ШСЗ у Астрономічній обсерваторії ЛНУ імені Івана Франка

2. Фізика світу

Проскура Олександр. Густав Магнус – засновник берлінської школи фізики

3. Фізика України

Шона Галина. Видатний конструктор – українець Сергій Корольов

4. Олімпіади, турніри...

Розв'язки задач XLIV Всеукраїнської олімпіади з фізики (2007, 10-й і 11-й класи)

Умови задач XVI Всеукраїнського відкритого турніру юних фізиків 2007/08 навчального року

5. Фізика для наймолодших

Поліціанти вдячні Доплерові

3

10

19

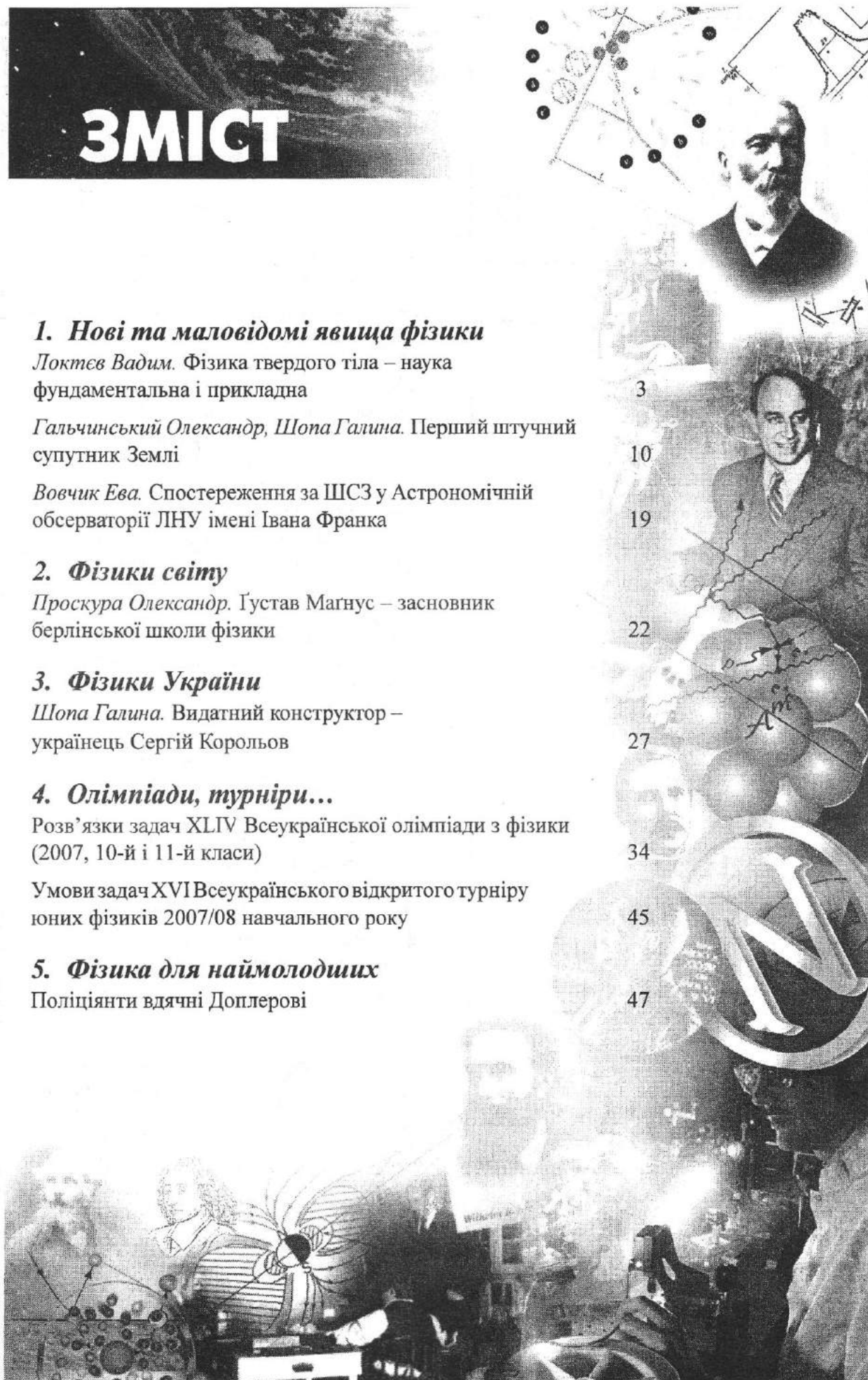
22

27

34

45

47





ФІЗИКА ТВЕРДОГО ТІЛА – НАУКА ФУНДАМЕНТАЛЬНА І ПРИКЛАДНА

Вадим Локтєв,

академік Національної академії наук України

На якому б засіданні, де обговорюють проблеми науки, я не був би, завжди чую “фундаментальна наука”, “прикладна наука”. Ми, та й молодь, вже давно звикли до цих двох термінів, які визначають зрозумілу для всіх спрямованість того чи того наукового дослідження. Прикладне дослідження має за мету – конкретний, завчасно спланований практичний результат, а фундаментальне – встановлення кількісних і якісних закономірностей у різних явищах, одержання нової інформації без потреби відповіді на запитання: “Для чого воно робилося?” Одержана інформація важлива і самодостатня сама собою. Її можна використати у подальших дослідженнях або просто зберігати. Нарешті, найвищий результат фундаментального дослідження – це побудова теорії, яка збагачує загальну скарбничку людства, де містяться наші знання про природу.

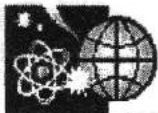
Видатний радянський вчений у галузі теоретичної фізики академік Я. Б. Зельдович, обговорюючи значення фундаментальної науки, якось зауважив, що поряд з добре відомою тезою про те, що будь-яка справжня фундаментальна наука завжди має практичні наслідки, висвітлив інший несподіваний ракурс, висунувши твердження: “Фундаментальна наука потрібна ще й тому, що вона задовольняє духовні потреби людей з їхнім невичерпним бажанням пізнання світу”.

І справді, без визнання об’єктивності цього факту, важко пояснити, чому людство витрачає величезні матеріальні та інтелектуальні ресурси на розвиток таких, наприклад, висококоштовних наук, як фізика елементарних частинок, яка, на мій погляд, навряд чи створить нові джерела енергії чи приведе до яких-небудь технічних застосувань. Проте, хто знає?

У кожному напрямі фізичної науки (врешті будь-якої науки) є значні та актуальні галузі досліджень, які сьогодні інтенсивно розробляють, але не обіцяють у недалекому майбутньому якогонебудь безпосереднього практичного використання. Мені було б важко пояснити їхню постановку лише простими сподіваннями, що, може бути, так станеться і вони коли-небудь вийдуть на вагомий для повсякденних потреб результат. Набагато простіше (а головне – чесніше) визнати, що багато розділів фундаментальної науки розвиваються за своєю внутрішньою логікою, де є власна шкала цінностей та критеріїв важливості. Принципово, що цей розвиток задовольняє насамперед духовні потреби, а можливо, й цікавість самих дослідників. А якщо результати виявляться справді вагомими, то це збагатить не тільки виконавців, а й суспільство загалом. У цьому аспекті, роль і значення фундаментальної науки споріднена з роллю мистецтва.

За прикладами досить швидкої та практичної реалізації фундаментальних відкриттів далеко ходити не потрібно. Згадаймо хоча б відкриття 1930 року нового класу матеріалів – напівпровідників, які спочатку здавалися лише екзотичними (а точніше, малоцікавими) провідниками, що позбавлені будь-якої практичної цінності або перспективи. Проте вже у роки Другої світової війни, 1942 року, ці матеріали знайшли своє застосування на практиці (насамперед радіолокації) і вийшли на передній край техніки. І тепер важко уявити собі промисловий потенціал передової країни без провідних галузей, що повністю ґрунтуються на напівпровідникових виробках.

Свіжіший приклад – на початку 70-х років минулого сторіччя академік Ж. І. Алфьоров та його



школа створили напівпровідникові гетероструктури, які також стали результатом багаторічних фундаментальних пошуків з їхніми проривами і помилками. Врешті після того, як всі труднощі було подолано, ці структури увійшли у життя через напівпровідникові лазери, що працюють у неперервному режимі за кімнатної температури, і стали підґрунтям волоконно-оптичного зв'язку.

Ще один красномовний приклад: у 1988–89 роках дві групи дослідників з Франції та Німеччини незалежно відкрили так званий ефект гігантського магнетоопору у плівкових структурах з послідовними шарами магнетних і немагнетних металів. Тоді мало хто здогадувався, що цей, також новий фундаментальний результат, буквально за декілька років змінить обличчя всієї інформаційно-записувальної техніки, вагомо збільшивши щільність та швидкість запису, підвищивши його якість.

Нарешті, остання мода у фізиці твердого тіла – графен або одношаровий графіт, який відкрили 2005 року. Завжди вважали, що одношарові структури нестійкі й існувати не можуть, але природа і тут виявилась несподіваною на сюрпризи і піднесла речовину, властивості якої вражають. Крім стабільної двовимірності, це абсолютно унікальний спектр квазічастинок. З'ясувалось, що в графені електронні збудження безмасові, а, отже, для свого опису вимагають рівняння Дірака, а не Шредингера, як завжди було. Тепер у лабораторіях можна вивчати релятивістські ефекти, які раніше спостерігали лише на потужних пришвидшувачах. З цим матеріалом пов'язані надії дослідників щодо заміни приладів і виробів кремнієвої електроніки на вуглецеву, і дослідження – фундаментальні з вивчення ще невідомих властивостей графену, і прикладні за його можливими застосуваннями – йдуть з небувалою інтенсивністю.

Я обмежився і навів лише “твердотільні” приклади, бо намагаюсь висвітлити саме цей, найближчий мені, напрям фізики, хоча подібні історії, як згадувалось, властиві багатьом науковим галузям. Можна лише стверджувати, що вимоги практики, безумовно, впливають на науковий пошук, вносять свої корективи в процес пізнання. Це відбувається і завдяки фінансовим інвестиціям у ті напрями, які обіцяють практичний вихід, і через розуміння – деколи навіть неусвідомлене –

дослідниками основних потреб суспільства, що допомагає сформулювати нові завдання для фундаментального дослідження. Проте і ті галузі знань, які поза увагою суспільства і не сприймаються як практично важливі, теж розвиваються, завдяки вільному рухові думок і інтелекту, які підштовхуються невичерпним бажанням вчених збагнути суть речей, зрозуміти будову світу та основні закони, що керують природою.

У цій статті, а я її пишу з думкою про школярів старших класів і студентів, які мріють про свій майбутній життєвий шлях, або вже обрали його, і це є фах науковця. Хочу висвітлити власні уявлення щодо співвідношення між прикладною та фундаментальною фізикою твердого тіла, між свободою у пошуках і потребою у плануванні наукових досліджень. Сподіваюсь, що це допоможе хоча б декому з молодих людей предметніше і свідомо обирати свій шлях у науці, бо фундаментальні та прикладні дослідження, будучи однаково важливими і цікавими, вимагають трохи різних природних якостей і уподобань. Обравши фізику твердого тіла, я свідомий того, що сучасна фізика твердого тіла – одна з найприкладніших наук у сенсі величезної насиченості потенційних застосувань знань та інформації, з якими вона оперує та якими володіє. Щодо практичної значущості, то з нею може зрівнятися хіба ядерна фізика, яка дає змогу отримувати досить дешеву енергію, а в майбутньому її місце, можливо, посяде фізика плазми, якщо фізики зможуть її приборкати і нарешті побудувати та запустити промисловий термоядерний реактор – справді невичерпне джерело енергопостачання.

Повертаючись до фізики твердого тіла, зауважу, що саме її успіхи останні приблизно півстоліття забезпечили сучасний рівень технологічної культури людства і за багатьма параметрами здійснили справжню науково-технічну революцію. Саме ця ділянка фізики зумовила створення цілої низки матеріалів – напівпровідників, надпровідників, магнетиків, сегнетоелектриків тощо, які повністю перетворили цілі галузі промисловості, змінили їхнє обличчя, привели до заснування нових напрямів промисловості. Назву хоча б квантову електроніку, лазерну техніку, обчислювальні машини. З іншого боку, фізика твердого тіла – це



основа усього матеріалознавства, а, отже, машинобудування, літальних апаратів, конструкційних матеріалів.

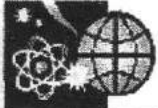
Однак попри справді гігантський вихід з фізики твердого тіла прикладних результатів, у кожній конкретній своїй ділянці вона може бути представлена у вигляді попереднього фундаментального дослідження, яке передує прикладному. Подібно до будь-якого іншого напрямку фізики, питома вага фундаментальних досліджень у фізиці твердого тіла, на мій погляд, перевищує питому вагу прикладних досліджень (в усякому разі, якщо не за людськими та фінансовими ресурсами, то за кількістю проблем, які розв'язують).

Майже 35 років тому, тоді ще студент фізичного факультету Київського університету імені Тараса Шевченка, прийшов до свого майбутнього вчителя академіка О. Давидова, який запропонував мені на вибір займатися або ядерною фізикою, або твердим тілом. Мені вже важко сказати, чому я обрав фізику твердого тіла (мабуть, тому, що не вчився на відповідній кафедрі ядерної фізики, куди студенти вступали відразу після школи), але можу засвідчити, що тоді міг спостерігати, як еволюціонувала фізика твердого тіла останні десятиріччя. Мій прихід до цієї галузі фізики майже збігся з її бурхливим зростанням, яке стимулюване дуже високим тиском різноманітних потреб практики. Водночас у ній почали працювати і багато вчених, які до того багато часу і зусиль віддавали науці № 1 у СРСР – ядерній фізиці, що стала базою для створення і ядерної зброї, і ядерної енергетики. Якраз О. Давидов був одним з таких фахівців, який після майже 20 років праці у закритих ядерних установах тієї пори повернувся до твердого тіла, що набула широкого розвитку в Академії наук УРСР (нині – Національна академія наук України).

Нагадаю, що десь у 30–40-х роках ХХ сторіччя, після створення основ квантової механіки та відкриття електронно-ядерної структури атома, відбулося оновлення, а, по суті, народження нової – квантової – теорії твердого тіла. Від кінця 50-х – середини 60-х років спостерігалось величезне екстенсивне зростання теорії, що супроводжувалось потужним розвитком експериментальних досліджень, які давали щораз нові й нові відомості про будову і властивості твердих тіл, а це вимагало нових теоретичних поглядів. Цей процес “здобування” нових знань охопив усі розділи твердого тіла – від електронних властивостей (метали, напівпровідники, діелектрики, магнетики) до граткових (міцність, пластичність, радіаційна стійкість тощо). Деколи екстенсивний розвиток переривався несподіваними теоретичними передбаченнями або великими відкриттями. Не помилюся, якщо назву найвагомішим серед таких досягнень фізичної думки за весь подальший період створення 1957 року американськими теоретиками Дж. Бардінім, Л. Купером і Р. Шріффером мікроскопічної теорії надпровідності. Очевидно, що на побудову цієї теорії, яку в фізиці твердого тіла можна порівняти з відкриттям континенту, працювало і працює багато талановитих теоретиків. Цю теорію я назвав найвидатнішою не тільки (а точніше – не стільки) тому, що вона дуже глибока, а явище надпровідності має дуже широке коло застосувань, а тому, що вона змінила ландшафт усієї фізики, запровадила принципово нові – концептуальні – поняття та уявлення, які проникли в інші галузі, що мають справу з властивостями багатьох частинок, які взаємодіють, вплинула на такі розділи науки, як астрофізика і космологія, квантова хемія, генетика тощо.

Щоб захистити цю тезу, що велике зацікавлення теорією надпровідності Бардіна-Купера-Шриффера було і є зумовлене внутрішніми спонукальними мотивами, нагадаю, що багато років неабиякі зусилля фізичної спільноти були спрямовані на проблему рідинного гелію – явище, яке відкрив радянський фізик-експериментатор П. Л. Капиця. Як відомо, воно виникає лише в одній відомій рідині, та ще й за дуже низьких (2.2 K) температур. Поза всякими сумнівами, проблема рідинного гелію “академічна”, однак їй присвячено тисячі експериментальних і теоретичних досліджень, написано не один десяток монографій, хоча, впевнений, ніколи ніхто не чекав від цього явища яких-небудь практичних застосувань. Фізиків приваблювали насамперед унікальність і незвичність явищ, які вони спостерігали у гелії, їхня краса і глибина, а також принципово нові фізичні концепції, що були важливі для пояснення всіх гелієвих властивостей. І хоча теорія

Щоб захистити цю тезу, що велике зацікавлення теорією надпровідності Бардіна-Купера-Шриффера було і є зумовлене внутрішніми спонукальними мотивами, нагадаю, що багато років неабиякі зусилля фізичної спільноти були спрямовані на проблему рідинного гелію – явище, яке відкрив радянський фізик-експериментатор П. Л. Капиця. Як відомо, воно виникає лише в одній відомій рідині, та ще й за дуже низьких (2.2 K) температур. Поза всякими сумнівами, проблема рідинного гелію “академічна”, однак їй присвячено тисячі експериментальних і теоретичних досліджень, написано не один десяток монографій, хоча, впевнений, ніколи ніхто не чекав від цього явища яких-небудь практичних застосувань. Фізиків приваблювали насамперед унікальність і незвичність явищ, які вони спостерігали у гелії, їхня краса і глибина, а також принципово нові фізичні концепції, що були важливі для пояснення всіх гелієвих властивостей. І хоча теорія



надплинного гелію, який створив на феноменологічному рівні Л. Ландау, а на мікроскопічному – М. Боголюбов, не дала безпосереднього виходу в практику, вона сприяла розумінню явища надпровідності, в деяких аспектах спорідненому до надплинності, зробила великий вплив на теорію ядра та розв'язок цілої низки астрофізичних проблем.

Одним з найвизначніших досягнень фізики твердого тіла або, краще сказати, фізики конденсованого стану взагалі останньої чверті ХХ сторіччя стала побудова флуктуаційної теорії фазових перетворень. Мова йде про малозначущі з прикладного погляду явища та ефекти, що відбуваються поблизу точок фазових переходів II роду. В таких умовах, коли під впливом різних зовнішніх умов (найчастіше – температури) конденсовані системи, не змінюючи свого стану, переходять з однієї своєї фази до іншої, вони поведуться вкрай незвичайно, причому ця незвичайність універсальна. Останнє означає, що поведінка систем, які зазнають фазового переходу, не залежить від їхньої конкретної фізичної природи, а визначається переважно лише розмірністю простору та симетрією. Одним з джерел сучасної теорії фазових переходів, що зрозуміла природу і вмістила

опис цієї універсальності, став точний розв'язок проблеми двовимірної моделі Ізінга. Його зробив шведський дослідник Л. Онсагер.

Це сталося 1942 року, коли Онсагер зацікавився, здавалося б, дуже абстрактною задачею: є пласка квадратна ґратка з атомами, кожний з яких має по два енергетичні рівні (або, що те ж саме, по два квантові стани) та взаємодіє лише зі своїми найближчими сусідами. Дослідникові вдалося точно обчислити вільну енергію цієї системи, довести, що в ній існує точка фазового переходу і знайти всі його особливості, які не виявляються, якщо розв'язувати задачу наближено, скажімо методом молекулярного поля. Ця робота, яка всією фізичною спільнотою нині віднесена до геніальних, бо у ній знайдено аналітичний розв'язок надзвичайно складної математичної проблеми, пролежала майже без адекватної оцінки – як дивна і непотрібна річ – понад двадцять років. І лише у 60-ті роки минулого сторіччя з'явилися експериментальні факти про справді особливу і подібну поведінку на подив різноманітних фізичних систем у близькій до переходу області, що свідчили на користь теоретичних передбачень.

Інший яскравий приклад. Американський теоретик Г. Бете 1931 року (до речі один із заснов-

З ІСТОРИЇ ФІЗИКИ...

Леонард Ейлер (Euler) (1707–1783) – відомий механік, математик, фізик і астроном. Він народився 15 квітня 1707 року в Базелі (Швейцарія).

Л. Ейлер навчався у 1720–1724 роках навчався в Базельському університеті, де його вчителями були відомі математики того часу Якоб і Йоганн Бернуллі. Він був надзвичайно здібним до математики, вже 1722 року здобув ступінь магістра мистецтв. Йому тоді було п'ятнадцять років.

Його 1726 року запросили до Петербурзької академії наук і 1727 року він переїхав до Росії, де працював ад'юнктом (1726), а згодом (1731–1741 і з 1766 року) і академіком Петербурзької АН. Обидва петербурзькі періоди його наукового життя були надзвичайно плідні. Там він підготував майже 500 наукових праць.

*До 300-річчя від дня народження
Леонарда Ейлера*



Портрет Леонарда Ейлера



ників ядерної фізики) також аналітично точно розв'язав задачу про спектр одновимірного ферромагнетного ланцюжка спінів. Доля цієї видатної роботи фактично дублює історію з розв'язком Онсагера, і можна стверджувати, що обидві вони дуже випередили свій час. Реальні дво- й одновимірні системи були чи то винайдені, чи то синтезовані набагато пізніше (десь в середині 60-х років), і саме після цього метод Бете набув широке визнання та величезного розвитку, давши поштовх до пошуків і вивчення точних розв'язків у статистичній фізиці, квантовій теорії поля, а також деяких розділів математичної фізики. Робота Бете започаткувала й стала основою квантової теорії солітонів – поодиноких нелінійних збуджень, квантової теорії гравітації з її багатовимірними об'єктами – так званими струнами і теорії елементарних частинок, зокрема кварків.

Для сучасної теорії твердого тіла характерне парадоксальне, на перший погляд, явище. Багато найкращих теоретичних сил спрямовані на дослідження дуже складних принципових теоретичних задач, які поставлені логікою розвитку самої науки і не завжди пов'язані з практичним застосуванням. Зазвичай, це задачі, де неможливо застосовувати стандартну теорію збурень або інші

наближені методи. До них можна віднести й актуальні нелінійні задачі, що вимагають вміння знаходити розв'язки складних диференціальних рівнянь. Нелінійність – це характерна ознака сучасних фізичних проблем, що не є абсолютно новою, але стала такою, що набула особливої наукової ваги останні 10–15 років, оскільки часто стає причиною виникнення нових несподіваних явищ або ефектів. Зацікавлення нелійними системами надзвичайно велике. Всередині фізики твердого тіла з'явився і розвинувся цілий напрям – теорія солітонів та інстантонів – об'єктів, що відповідають точним локалізованим розв'язкам нелінійних диференціальних рівнянь. Попри те, що останні переважно одновимірні й не мають (в усякому разі) широкої сфери застосувань до реальних об'єктів, їх наукове і пізнавальне значення вважають надзвичайно важливим, бо воно дає розуміння появи нових логічних структур, вимагає нових підходів і концепцій, поглиблює наші уявлення про властивості макро- і мікросвіту.

Ще одним, вельми нетривіальним, прикладом, який об'єднав фундаментальну і прикладну фізику стало дослідження і відкриття 1986 року високотемпературної надпровідності. Його здійснили швейцарські експериментатори А. Мюллер

З ІСТОРІЇ ФІЗИКИ...

Дослідження Ейлера у фізиці присвячені механіці, оптиці, акустиці, математичній фізиці. Л. Ейлер відкрив закон збереження моменту кількості руху (1746), розвинув теорію моментів інерції. Разом з Д. Бернуллі його вважають творцем механіки рідин і газів, зокрема він сформулював основні закони руху ідеальної рідини (1755).

Він намагався створити єдину картину світу і фізичних процесів. За Ейлером, всі оптичні, електричні, магнетні та теплові явища – це взаємодія “грубої” матерії і “тонкої” субстанції, зовсім нещільного, але пружного ефіра. Механічні переміщення ефіра, за думкою Ейлера, зумовлюють всю різноманітність явищ природи.

В оптиці він створив власну хвильову теорію світла і пояснив за її допомогою відомі світлові явища. Він вивів формули залежності показника

заломлення від параметрів середовища і фокусної віддалі опуклої лінзи. Л. Ейлер передбачив, що колір предметів визначається частотою світлових променів, і що максимальна довжина хвилі відповідає червоним променям, а мінімальна – фіолетовим.

Великий внесок зробив Ейлер у розвиток математики. Він започаткував теорію функцій комплексних змінних, варіаційне обчислення, теорію спеціальних функцій, теорію чисел.

У 1741–1766 роках Л. Ейлер працював у Берліні. Він був членом Берлінської, Паризької, Петербурзької академії наук, Лондонського королівського товариства.

Л. Ейлер – учений надзвичайної широкі зацікавлені і творчої продуктивності. Автор понад 800 наукових праць.



і Дж. Беднорц. Явище надпровідності, що було відоме від 1911 року, вважали низькотемпературним, навіть дуже нетривіальним. Сукупність експериментальних фактів і згадана вище теорія свідчили саме про те, що інакше і не може бути. Проте людина – істота цікава, і фізики-теоретики багато років робили, на жаль, марні спроби зрозуміти, а чи є фізичні обмеження на температуру появи надпровідних властивостей металів і чи нема якихось природних, проте невідомих умов, які забороняють високі критичні температури переходу системи у надпровідний стан. Було побудовано багато моделей, сформульовано безліч правил, за якими система мала б демонструвати надпровідний стан за досить високих температур. Знову ж таки це були суто фундаментальні дослідження, поштовхом до яких було зацікавлення явищем надпровідності як такого, бо, по-перше, воно, як зазначалося, надзвичайно цікаве, а по-друге, низькі температури існування значно обмежувало межі його реального і широкого використання.

Відкриття ж високотемпературної надпровідності стало безумовною сенсацією, спричинило нечуваний досі науковий бум у всьому світі. Тисячі дослідників вивчали новий клас провідних сполук, які отримали назву “поганих металів”, оскільки до самого переходу в свій надпровідний стан характеризуються надзвичайно високим електроопором. Вони заслуговують на окрему статтю. Однак попри справедливість основних тверджень “старої” теорії надпровідності, вона виявилась неспроможною описати головні характеристики цих незвичайних речовин, а саме явище високотемпературної надпровідності стало викликом теорії твердого тіла і теоретикам, які поки що не встановили причин високої температури надпровідного переходу, а також сам механізм явища. Утім активно застосовують високотемпературні надпровідники у техніці і промисловості, хоча і тут проблем не мало, а попереду ще багато дослідницької роботи.

Високими називають температури в околі й вище від температури кипіння азоту (біля 77 K), а теоретична мрія вже досягає аналізу можливостей для спостереження кімнатних температур. Відповідні речовини самі собою в природі не

трапляються і, якщо можливі, мають синтезуватися штучно. Це питання одне з тих, над яким працюватимуть майбутні науковці – фізики і хіміки.

Отже, виходить, що у сучасній фізиці твердого тіла, як і в природничих науках загалом, паралельно йдуть і взаємодіють два процеси – прикладні роботи та розвиток фундаментальних досліджень, причому сама фундаментальна наука досить неоднорідна. Вона має “передній край”, де розв’язують дуже важкі, деколи ще незрозумілі проблеми, що поставила сама наука або несподіване запитання, яке виникло у когось у голові. Якщо подібна проблема знаходить своє розв’язання, то з’являються нові погляди, які стають реперами на шляху прогресу. Безпосередньо такі досягнення можуть зовсім не стосуватися практики, але їхнє існування дуже впливає на розвиток різних наукових напрямів загалом або суміжних до цього напрямку областей, які межують з практичними застосуваннями. Я вже не кажу, що побільшується загальна сума знань про природу, слугуватиме людству.

Отже, в академічній науці має існувати інфраструктура, що вміщує в собі широкий спектр досліджень: від створення нового приладу або матеріалу до розвитку абстрактних моделей, який вимагає найвищого пілотажу в інтелектуальній роботі.

У цьому контексті треба кілька слів сказати про інститути Відділення фізики і астрономії НАН України, де твердотільна тематика представлена дуже широко й гідно. Роботи Відділення надзвичайно різнопланові – метали і діелектрики, напівпровідники, магнетні та оптичні середовища, метаречовина і фотонні кристали, радіофізика і фізика поверхні тощо. До того ж, дослідження охоплюють і напрями, по-різному близькі до практики: електронна фізика твердого тіла, нанофізика, фізика міцності, неруйнівальні методи контролю, поведінка конденсованого середовища в екстремальних умовах, і далекі від неї, щодо найглибших питань сьогодення – теорія надявищ, спінтроніка, теорія рідин і рідинних кристалів (так званої м’якої речовини), неупорядковані та аморфні системи тощо. Деякі з них могли б успішно переорієнтуватись на потреби суспільства,



якщо б воно цим зацікавилось. Саме вони вимагають серйозної підтримки, оскільки належать до відносно невеликої групи глибоких фундаментальних досліджень, що спрямовані на нетривіальні фізичні результати. Практичні застосування, що випливають з таких результатів, особливо цінні в академічній науці, оскільки їх не можна отримати в галузевих інститутах.

Інститути Відділення репрезентують деяку інфраструктуру фундаментальних і прикладних досліджень, яка представлена десятками докторів і сотнями кандидатів наук, що "перекривають" майже весь спектр сучасної фізики твердого тіла – від найвищого гатунку експериментальних і теоретичних робіт до суто прикладних (серед них роботи за прямими договорами). Теоретики можуть не боятися відстати від нагальних проблем, бо завдяки експериментаторам і власній ініціативі вони завжди можуть обрати собі задачу "на рівні". Хоча неприємності можуть бути пов'язані з надзвичайно швидким проникненням у теорію дуже складних математичних методів, коли на обчислювальну машину лягає основний тягар "пошуку", і дуже високою конкуренцією, особливо в

англомовних високорейтингових виданнях. І все ж сподіваюсь, що молодь, яка приходить у науку, подолає труднощі, щоб в Україні розвивалась висока наука найновішими ідеями в галузі теоретичної фізики твердого тіла.

Набагато складніша ситуація в експериментальній фізиці твердого тіла, яка потребує найсучаснішого технологічного і вимірювального обладнання, якого в НАН України поки що обмаль. Керівництво Академії докладає величезних зусиль, щоб поліпшити ситуацію, але нормальним стан справ назвати не можна і без допомоги держави не обійтись.

Юні друзі, яку б дорогу в науці Ви не обрали, і фундаментальні дослідження, і прикладні спираються на Ваші знання, завзятість, цілеспрямованість, а головне – думки, що народжуються у Вашій голові (до речі, мотивовано і невмотивовано). Конкретна Ваша ідея може мати скінченний час життя, деколи не бути довговічною, але допоможе Вам зрозуміти вічні ідеї, які й творять основу будь-якої науки.

І фізика твердого тіла тут не виняток!
Щасливої Вам зустрічі з нею!

Телетайпним рядком

НОБЕЛІВСЬКА ПРЕМІЯ З ФІЗИКИ 2007 РОКУ

9 жовтня 2007 року оголосили лавреатів Нобелівської премії з фізики за 2007 рік. Ними стали французький фізик Альберт Ферт (Albert Fert) і німецький фізик Петер Грюнберг (Peter Grunberg). Альберт Ферт народився 1938 року у Франції. Він працює в Паризькому університеті. Петер Грюнберг народився 1939 року в Німеччині. Він працює в Дослідницькому центрі в місті Юліх (Julich).

Ці науковці 1988 року незалежно один від одного відкрили ефект гігантського магнетоопору. Завдяки ефектові гігантського магнетоопору можна створювати структури, в яких незначна зміна магнетного поля приводить до значної зміни електричного опору.

Перші системи зчитування інформації, які ґрунтувались на ефекті гігантського магнетоопору, створили 1997 року. Нині це явище широко використовують у нових комп'ютерних жорстких дисках. Завдяки йому вони мають значно менші розміри і більшу інформаційну ємність.



ПЕРШИЙ ШТУЧНИЙ СУПУТНИК

Перший великий крок людства в тому, щоб вилетіти за атмосферу і зробитися супутником Землі. Інше порівняно легко, аж до віддалення від нашої Сонячної системи.

Костянтин Ціолковський

2007 рік – ювілейний рік для світової космонавтики. П'ятдесят років тому почалася ера космічних польотів – 4 жовтня 1957 року в СРСР запустили перший у світі штучний супутник Землі.

Того ж року виповнилось 150 років від дня народження К. Ціолковського та 100 років від дня народження С. Корольова.

Провісник сучасної космонавтики Костянтин Едуардович Ціолковський народився 17 (29) вересня 1857 року в сім'ї лісничого в селі Іжевське Рязанської губернії. У дитинстві він був допитливою, чутливою дитиною. Як він згодом сам казав, що в ньому поєдналась сильна воля батька з талановитістю матері. Захворівши в 10-річному віці на скарлатину, він майже повністю втратив слух, що позбавило його змоги вступити до навчального закладу.

Зауваживши синові здібності та нахили до самостійної роботи, батько відвіз його до Москви, де К. Ціолковський три роки самостійно здобував знання з математики, фізики і астрономії в бібліотеках. Восени 1879 року К. Ціолковський екстерном склав іспити в Рязанській гімназії на звання вчителя. За три місяці він одержав призначення в містечко Боровськ Калузької губернії, де 12 років викладав арифметику і геометрію. Там він одружився з Варварою Соколовою, з якою мали сім дітей.

У 1890-х роках К. Ціолковський розпочав власні наукові дослідження. Його перша наукова праця “Аеростат металічний, керований” присвячена повітроплаванню, була надрукована 1892 року. Від 1898 до 1902 року Костянтин Едуардович опублі-

**Олександр Гальчинський,
Галина Шопа**

кував 16 статей із питань повітроплавання, аеродинаміки та використання реактивного руху. У книжці “Дослідження світових просторів реактивними апаратами” учений писав про способи здійснення космічного польоту за допомогою ракети, робив обчислення, підтверджуючи можливість виготовлення такої ракети. У своїх пізніших працях (1911 і 1914) учений вивів нині добре відоме рівняння руху ракети як тіла з змінною масою, обґрунтував можливість застосування ракет для міжпланетних подорожей, передбачив явище невагомості, запропонував основи теорії рідинних ракетних двигунів, рекомендував використовувати як найефективніше ракетне паливо – суміш зріджених кисню і водню. Він висловив ідею створення довколомних орбітальних станцій як проміжних баз для міжпланетних польотів.

Водночас К. Ціолковський складав астрономічні таблиці, самостійно розробляв кінетичну теорію газів, не знаючи про праці Клаузіуса, Больцмана, Максвелла і Ван-дер-Ваальса. Саме рукопис “Теорія газів”, який він відіслав до Російського фізико-хемічного товариства, приніс Ціолковському визнання у наукових колах.

Учений 1929 року опублікував працю “Космічні ракетні потяги”, в якій виклав теорію особливого виду ракет – прототипу сучасних багатоступінчатих ракет.

У своїх творах філософського змісту учений розвивав вчення, за яким космос є живою істотою. У створенні ідеального суспільства К. Ціолковський вирішальну роль відводив науці, її новим, справді фантастичним можливостям (соціальному проектуванню присвячені його праці: “Горе і геній”, 1916; “Ідеальний лад життя”, 1917; “Суспільний устрій”, 1917; “Соціологія (фантазія)”, 1918; “Пригоди атома”, 1918). Розчарувавшись у цивілізації та можливостях наукового пізнання, його праці останнього періоду життя пов'язані з релігійно-містичними пошуками і побудовою нової



етичної системи (“Живий Всесвіт”, 1923; “Воля Всесвіту”, 1928; “Майбутнє землі і людства”, 1928; “Наукова етика”, 1930; “Космічна філософія”, 1935).

Праці К. Ціолковського не одержали широкого визнання, і лише, коли 1923 року в Німеччині з’явилась стаття Г. Оберта з теорії космічного польоту, в СРСР почали популяризувати дослідження ученого.

К. Ціолковського 1924 року обрали почесним професором Академії повітряного флоту імені Жуковського, а 1932 року за заслуги в розвитку науки і техніки нагородили орденом Трудового Червоного Прапора.

На схилі життя учений надалі займався наукою, пропагував наукові знання, вів громадську роботу, був консультантом науково-популярного фільму “Космічний рейс”.

Помер К. Ціолковський 19 вересня 1935 року у м. Калузі. Його поховали в одному з найулюбленіших місць його відпочинку – міському парку. 24 листопада 1936 року над місцем поховання було відкрито обеліск.

У містах Калузі та Москві ученому спорудили пам’ятники. Його іменем названо Державний музей історії космонавтики, Московський авіаційно-технологічний інститут, Російську академію космонавтики, педагогічний інститут, школи в м. Калузі та Байконурі, а також кратер на Місяці.

Успішно використав ідеї Ціолковського та реалізував їх видатний конструктор Сергій Корольов.

Сергій Павлович Корольов народився 12 січня 1907 року в м. Житомирі в сім’ї вчителя. Ще з шкільних років Сергій вирізнявся винятковими здібностями і неприборканим потягом до нової тоді авіаційної техніки. Уже в сімнадцять років він розробив проект літального апарату оригінальної конструкції – “безмоторного літака К-5”.

Вступивши 1924 року до Київського політехнічного інституту, С. Корольов за два роки освоїв загально-інженерні дисципліни і став спортсменом-планеристом. Восени 1926 року він перевівся до Московського вищого технічного училища (МВТУ).

Ще під час навчання в МВТУ С. Корольов здобув популярність як молодий обдарований авіа-конструктор і досвідчений планерист. Планери “Коктебель”, “Червона Зірка”, які він спроектував

і побудував, а також легкий літак СК-4, який спроектували для досягнення рекордної дальності польоту, виявили неабиякі здібності Корольова як авіаційного конструктора. Проте його особливо захоплювали польоти в стратосфері та принципи реактивного руху. У вересні 1931 року С. Корольов і талановитий ентузіаст у галузі ракетних двигунів Ф. Цандер створили у Москві громадську організацію – групу вивчення реактивного руху. У квітні 1932 року вона стала державною науково-конструкторською лабораторією, де розробляли ракетні літальні апарати, створювали і запускали перші ракети з двигунами на рідинному пальному.

Із московської групи вивчення реактивного руху та лєнінградської Газодинамічної лабораторії 1933 року створили Реактивний науково-дослідний інститут під керуванням І. Клеймьонова, а С. Корольова призначили його заступником. Проте розбіжності в поглядах між керівниками на перспективи розвитку ракетної техніки примусили С. Корольова перейти на творчу інженерну роботу, і йому як начальникові відділу ракетних літальних апаратів 1936 року вдалося довести до випробувань крилаті ракети: зенітну (з пороховим ракетним двигуном) і далекобійну (з рідинним ракетним двигуном).

Під час політичних репресій в СРСР за помилковим звинуваченням С. Корольова 1938 року заарештували та засудили на 10 років. Восени 1940 року його перевели на нове місце покарання – ЦКБ-29 НКВС СРСР, де під керуванням А. Туполева він брав активну участь у створенні та виробництві фронтового бомбувальника Ту-2 й водночас ініціативно розробляв проекти керованої аероторпеди та нового варіанта ракетного винищувача. Це стало приводом для переведення Корольова 1942 року в іншу організацію такого ж табірнього типу – ОКБ НКВС СРСР при Казанському авіазаводі, де проводили дослідження з ракетними двигунами нових типів, щоб застосувати їх в авіації.

С. Корольов з властивим йому ентузіазмом віддався ідеї практичного використання ракетних двигунів для удосконалення авіації: скорочення довжини пробігу літака під час злітання та підвищення швидкісних і динамічних характеристик літаків під час повітряного бою.



13 травня 1946 року було ухвалено рішення про створення в СРСР галузі з розроблення і виробництва ракетного озброєння. Відповідно до цієї ж ухвали об'єднали всіх радянських інженерів, які вивчали німецьке ракетне озброєння, зокрема ракети Фау-2, що працювали відз 1945 року в Німеччині, в єдиний науково-дослідний інститут "Нордгаузен". Головним інженером цього інституту призначили С. Корольова. У Німеччині Сергій Павлович не тільки вивчав німецьку ракету Фау-2, а й спроектував досконалішу балістичну ракету з дальністю польоту до 600 км. Згодом усіх радянських фахівців повернули до Радянського Союзу.

У серпні 1946 року С. Корольова призначили головним конструктором балістичних ракет далекої дії і начальником відділу № 3 НДІ-88. Перед ним як головним конструктором уряд поставив завдання створити з радянських матеріалів ракету – аналог ракети Фау-2. Уже 1948 року С. Корольов розпочав льотно-конструкторські випробування балістичної ракети Р-1 (аналог Фау-2) і 1950 року успішно передав її на озброєння. Ця ракета відрізнялася від німецької більшою надійністю. Водночас С. Корольов розробляв нову балістичну ракету Р-2 з дальністю польоту 600 км. Ракета Р-2 мала несучий бак пального, зручніше для експлуатації компонування, бойову частину, що відділялась у польоті. До того ж, ракетні двигуни були суттєво допрацьовані, щоб збільшити їхню тягу, а система автономного керування забезпечувала вдвічі більшу влучність. Ракету Р-2 передали на озброєння 1951 року, тобто лише на рік пізніше від ракети Р-1.

Водночас із практичними роботами над ракетною зброєю в НДІ-88 під керуванням С. Корольова було розпочато масштабні науково-експериментальні дослідження, на яких ґрунтувалось розроблення якісно нових балістичних ракет. Зокрема, щоб реалізувати проєкт ракети Р-3 (дальність польоту 3000 км), треба було забезпечити стійкість польоту ракети та одержати дані про поведінку киплячого зрідженого кисню (окислювача) в термонеізовьованому несучому баці під час руху на активній ділянці траєкторії за умов підвищених зовнішніх теплових потоків у зріджений кисень.

На підставі конструктивних рішень ракети Р-2 з використанням її форсованого двигуна було

створено одноступінчасту балістичну ракету Р-3А з дальністю польоту 1200 км. Успішні льотні випробування цієї ракети дали підставу Міністерству оборони взяти її на озброєння 1956 року з ядерною бойовою частиною як Р-5М. Це була перша радянська стратегічна ракета, що стала основою ракетно-ядерного щита країни.

Цей науковий колектив розпочав дослідження можливості та доцільності створення балістичних ракет, що працюють на стабільних висококиплячих компонентах пального (з використанням як окислювача азотної кислоти з оксидами азоту). Було підтверджено можливість створення таких ракет і виконано ескізний проєкт першої радянської балістичної ракети Р-11 з дальністю польоту 250 км і стартовою масою удвічі меншою, ніж у Р-1.

На основі Р-11 С. Корольов розробив і здав на озброєння 1957 року стратегічну ракету Р-11М з ядерною бойовою частиною, яку транспортують у заправленому вигляді на танковому шасі. Значно модифікувавши цю ракету, він пристосував її для озброєння підводних човнів.

Займаючись бойовими балістичними ракетами, С. Корольов, як тепер видно, прагнув більшого підкорення космічного простору і космічних польотів людини. З цією метою Сергій Павлович ще 1949 року спільно з ученими АН СРСР почав дослідження з використанням модифікацій ракети Р-1А, застосовуючи їх для запусків на висоти до 100 км, а потім за допомогою потужніших ракет Р-2 і Р-5 на висоти 200 і 500 км відповідно. Метою цих польотів були вивчення параметрів ближнього космічного простору, сонячних і галактичних випромінювань, магнетного поля Землі, поведінки високорозвинутих тварин у космічних умовах (невагомості, перевантажень, великих вібрацій і акустичних навантажень), а також перевірка засобів життєзабезпечення і повернення тварин на Землю з космосу. Було проведено майже сімдесят таких запусків. Цим Сергій Павлович завчасно заклав ґрунтовні основи для освоєння космосу людиною.

Ці дослідження переросли в дослідно-конструкторську роботу, пов'язану із створенням першої двоступінчастої міжконтинентальної ракети Р-7 пакетної схеми, яка й нині дивує своїми оригінальними конструктивними рішеннями, простотою виконання, високою надійністю та економічністю. За



допомогою удосконалених зразків цієї ракети (ракетні системи “Союз”, “Прогрес”) й досі успішно проводять космічні дослідження.

Успішна реалізація проєкту Р-7 відкрила С. Корольову можливість запуску штучних супутників Землі (штучного Місяця, як тоді говорили).

“... Одержані на цей час результати лабораторних і стендових випробувань дають змогу сподіватися, що в березні 1957 року почнуться запуски ракет Р-7 – писав він у доповідній записці урядові 5 січня 1957 року. – Дві ракети, пристосовані в цьому варіанті (тобто для супутників), можна буде підготувати в квітні-червні 1957 року і запустити відразу ж після перших вдалих запусків міжконтинентальної ракети”. Уперше ракету Р-7 успішно запустили в серпні 1957 року.

Однак Корольов не зміг почати випробування ракети Р-7 в березні тому що тоді ще не був готовий стартовий комплекс. Він не міг запустити супутника ні в квітні, ні в червні, оскільки “сімка” ще не вмiла літати. Він порушував терміни, які сам призначив. Лише одному рядку своєї записки він залишиться вірний: супутник буде запущено “відразу ж після перших вдалих запусків міжконтинентальної ракети”.

“... Не раз пробував заводити Сергій Павлович Корольов розмову з Михайлом Клавдійовичем Тихонравовим про супутник, ділився тривогами, коментував терміни випробувань. Тихонравов кивав. Корольов знав Тихонравова давно і розумів, що в організаційних справах він йому не допоможе. Придумати, порахувати, порівняти, проаналізувати – тут Михайло Клавдійович сильний, а вибивати прилади з суміжників – цього він не вмів. Іноді Корольову навіть здавалося, що Тихонравов байдужий до його турбот, в усякому разі для нього було повною несподіванкою, коли десь вже в листопаді 1956 року, коли стало зрозуміло, що повний комплект макетів приладів вони навряд чи отримають до Нового року, Тихонравов раптом запропонував:

– А якщо зробити супутник легшим і простішим? Кілограмів на тридцять або ще легшим?..

Корольов відразу оцінив пропозицію: не розходжючи “академічних інститутів”, маленький найпростіший супутник можна було б зробити своїми силами, з мінімальною кількістю суміжників.

У ПС (простий супутник) він повірив одразу: простий, дешевий, такий, якщо й буде втрачено під час старту, – не шкода. Але головне – його можна зробити швидко й випередити американців. Майбутнє показало, що цей розрахунок С. Корольова був абсолютно правильний. Якщо б він керувався урядовими рішеннями, які знімали з нього всяку відповідальність за спізнення (“ракета готова, а супутник – справа науковців з академії наук”), і чекав приладів “Об’єкта-Д”, Радянський Союз не став би першовідкривачем космічної ери. “Об’єкт-Д”, відомий як третій радянський штучний супутник Землі, – “літаюча лабораторія”, – стартував лише 15 травня 1958 року, тобто за три з половиною місяці після американського супутника “Експлорер-1”. І хай цей супутник важив лише 14 кілограмів – у сто разів менше від “Об’єкта-Д”, нікого б не хвилювали його розміри, ніхто б не згадував його вагу, – він був би першим і все! Першим назавжди!

Уже 25 листопада 1956 року, за декілька днів після розмови Корольова з Тихонравовим, молодий конструктор Микола Олександрович Кутиркін одержав завдання проєктувати найпростішого супутника. Трохи згодом молодому балістикові Георгієві Михайловичу Гречкові доручили розрахувати траєкторію виведення ракетноносія для забезпечення певних параметрів орбіти супутника.

Над проєктом працювали дуже інтенсивно щодня ПС ставав реальнішим. Владі С. Корольов запропонував: запустити два супутники до початку Міжнародного геофізичного року (МГР), у квітні-червні 1957, й обігнати Америку! Корольову потрібна була підтримка уряду: дуже важливо, щоб дозволили зробити цей випереджувальний “космічний” крок.

Уже за десять днів після першого успішного запуску Р-7 С. Корольов провів комплексні випробування супутника разом з ракетою-носієм. У вересні, коли другу ракету Р-7 готували до польоту на Камчатку, повним ходом йшли перевірки супутника в термокамері й на вібростенді.

Задоволений другим успішним запуском міжконтинентальної ракети, С. Корольов повернувся до Москви напередодні 100-річного ювілею К. Ціолковського. Велика група ракетобудівників



Юрій Гагарін і Сергій Корольов

на чолі з С. Корольовим виїхала до Калуги. Вони брали участь в урочистому засіданні, у встановленні каменя на місці майбутнього пам'ятника, в урочистій лінійці в школі № 9, де довгі роки викладав Костянтин Едуардович.

За два дні, 17 вересня, у Москві на урочистому вечорі на честь 100-річчя К. Ціолковського Корольов виступив з доповіддю, у якій сказав: "Найближчим часом з науковою метою в СРСР і США будуть проведені перші пробні запуски штучних супутників Землі..."

20 вересня Корольов зібрав засідання спеціальної комісії із запуску ПС, на якій встановили час старту. 23 вересня склали проект повідомлення ТАРС. 24 вересня Тихонравов приніс на підпис С. Корольову "Технічний звіт про можливість запуску ПС-1", на якому Корольов написав: "Зберегти вічно!" 26 вересня Корольов вилетів до Тюратама (на космодром, нині Байконур).

Заступник Тихонравова Євгеній Федорович Рязанов згадував, як Корольову показували перші ескізи ПС. Всі варіанти йому не подобалися. Рязанов обережно запитав:

– Чому, Сергію Павловичу?

– Тому що не круглий! – загадково відповів Корольов.

І річ не лише в тому, що сфера – ідеальне геометричне тіло, що має максимальний об'єм при мінімальній поверхні. Мабуть інтуїтивно Сергій

Павлович прагнув граничного лаконізму і виразності форми цього історичного апарата, і справді сьогодні важко уявити собі іншу, вдалішу емблему, яка символізує космічну еру.

До того ж, очевидно, саме завдання створити штучне небесне тіло теж спонукало авторів супутника до ідеї кулі як фігури, найхарактернішої для небесних тел.

Наприкінці зими – початку весни 1957 року С. Корольов щораз частіше приїжджав до КБ Рязанського або запрошував Михайла Сергійовича до себе. Вони довго обговорювали роботу майбутнього передавача ПС: як він передаватиме, що він передаватиме, чи будуть його чути?

– Його сигнали мусять ловити найгірші приймачі. Хай чує увесь світ! – казав С. Корольов Рязанському.

– Ну, знаєш, щоб найгірші приймачі у всьому світі ловили, це яку ж потужність потрібно мати?! – сміявся Михайло Сергійович. – Де ми візьмемо такі батареї? І як довго, як ти думаєш, він має працювати?

– Не знаю, – спокійно відповів С. Корольов. – Дані про щільність стратосфери відрізняються один від одного на порядок. Келдиш вважав, що він літатиме не менше десять днів, а може й місяць. Французи стверджують, що він не проживе більше декількох годин. Американці пишуть про два, щонайбільше – шість тижнів. Річ у тому, що ніхто нічого до ладу не знає. І я також...

– На два тижні я можу забезпечити потужний сигнал...

15 лютого Корольов і Рязанський затвердили протокол про основні вимоги до передавача ПС.

Радисти працювали тоді день і ніч. Одного разу, вже було пізно, до них прийшов Корольов і просив дати йому послухати сигнали супутника. Передавач увімкнули і пояснили, що тиск і температуру всередині супутника контролюватимуть за допомогою зміни довжини радіохвиль:

– Розумієте, Сергію Павловичу, перед смертю він пишатиме по-іншому. С. Корольову це дуже сподобалося. Він із задоволенням послухав сигнали "біп-біп", а тоді обережно, навіть боязко, запитав:

– А не можна зробити, щоб він яке-небудь слово пищав?..



5 травня 1957 року всі випробування радіоапаратури супутника було закінчено.

За давно заведеним і виправданим порядком ПС теж мав провідного конструктора – ним був Михайло Степанович Хом'яков, а його заступником – Олег Генріхович Івановський. За виготовлення супутника відповідали директор заводу Роман Анисимович Турков і головний інженер Віктор Михайлович Ключарев, які теж не сприймали ПС як щось епохальне.

– Для нас виготовити цей супутник було нескладно, – розповідав В. Ключарев. – Та і вся наша увага у той час зосередилася на доведенні ракети-носія. А з супутником проблема була лише в тому, як забезпечити на ньому дзеркальну, відбивну поверхню. Усі, хто стикався з “кулькою”, носити її на руках, працювали в білих рукавичках, а оснащення, на якому його монтували, обтягнули оксамитом.

Наказ про льотні випробування ПС Корольов підписав 2 жовтня (за два дні до старту) і надіслав його до Москви. Варто зауважити: наказ йшов не з Москви до Тюратама, а з Тюратама до Москви. Москва затвердила його лише 4 жовтня.

Не чекаючи ніяких дозволів із Москви, 3 жовтня вранці ракету з супутником вивезли на стартову позицію. Тільки тепловоз рушив, Сергій Павлович сказав:

– Ну, в добру путь... Ходімо проваджати первістка...

За свідченням очевидців, всі передстартові дні Головний конструктор був стриманий, мовчазний, усміхався рідко. Він безупинно задавав собі запитання, на які не знаходив відповіді. Він не знав, чи правильно вибрано траєкторію польоту, де, власне, закінчується атмосфера, де її межі. Ніхто не міг точно розрахувати, на яку висоту підніметься ПС, який буде еліпс його траєкторії. Ніхто не міг гарантувати, що йоносфера пропустить сигнали радіопередавача. Про те, що Земля має радіаційні пояси, теж ніхто тоді ще не знав, Корольов не був упевнений, чи пощадять мікрометеорити його поліровану кулю, чи справляться вентилятори з відведенням тепла, чи збережеться герметичність кулі після вібрацій на активній ділянці польоту.

Стояла глибока осіння ніч. Стартовий майданчик освітлювали прожектори. Корольову доповіли: заправку закінчено, повна маса ракети 272 830 кілограмів.

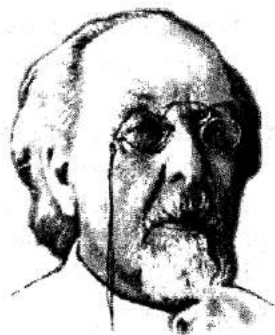
Супутник стартував 4 жовтня 1957 року о 22 годині 28 хвилин за московським часом. І згодом, немов підіймаючись з якихось німих глибин, пролунало далеке, розмите, але з кожною секундою гучніше, чітке: “Біп-біп-біп...”

Корольову дуже хотілося, щоб люди зрозуміли важливість того, що зробили учені. На стихійному мітингу, вийшовши на імprovізовану трибуну, Сергій Павлович схвильовано сказав:

– Дорогі товариші! Сьогодні відбулося те, про що мріяли найкращі уми людства! Пророчі слова Костянтина Едуардовича Ціолковського про те, що людство вічно не залишиться на Землі, збулися. Сьогодні на довколаземну орбіту виведено перший у світі штучний супутник. З нього почалося освоєння космосу. І першою країною, що проклала дорогу в космічний простір, є наша країна! Дозвольте мені привітати всіх вас з цією історичною подією. Дозвольте особливо подякувати всім молодшим фахівцям, технікам, інженерам, конструкторам, які брали участь у підготовці носія і супутника, за їхню самовіддану працю...

Першими в США зафіксували супутник не могутні засоби ППО, а радіоаматор Чарльз Тітерс і священник Чарльз Вуд із Нью-Джерсі. Черговий редактор “Юнайтед Прес Інтернейшнл Генрі” Торнберрі збирався йти додому, одягнув пальто і чекав, поки прийде йому заміна, коли раптом “ожив” телетайп ТАРС і побігли стрічки про супутник. Торнберрі відразу зрозумів, що це велика сенсація, і почав передавати термінові повідомлення до Нью-Йорка. Дві години він працював безупинно і зовсім зморився.

Події у Вашингтоні 5 жовтня 1957 року взагалі нагадували казку з чарівними перетвореннями. У будинку для прийомів радянського посольства цього дня зібралися учасники наради з координації запусків дослідницьких ракет упродовж МГР. Під час прийому наукового оглядача газети “Нью-Йорк таймс” Волтера Саллівена покликали до телефону. Це був дзвінок з редакції, щоб повідомити: “Росіяни запустили супутник!” Саллівен передав



*Костянтин Едуардович Ціолковський
(1857–1935)*

новину Ллойдві Беркнеру – головному координаторові запуску ракет під час МГР. Беркнер вирячив очі й заплескав у долоні, щоб привернути увагу присутніх. Всі замовкли та оглянулися.

– Панове! “Нью-Йорк таймс” повідомила про запуск супутника на орбіту заввишки 900 кілометрів. Я б хотів привітати радянських колег із цим досягненням...

Радянські колеги і дипломати нічого не знали, і не розуміли, вони лише тасмниче усміхалися.

Не встиг президент Ейзенгауер полетіти на відпочинок до Геттігсберга, як йому повідомили про запуск супутника.

Міністр оборони США, який щойно пішов у відставку, Чарльз Вільсон заявив: “Це лише витончений науковий фокус...” Вернер фон Браун раніше від інших зрозумів, що, на жаль, це не фокус.

Американці виявилися невідготовленими до такої події насамперед тому, що не хотіли до неї готуватися. Вони й не могли подумати, що Радянський Союз зможе запустити супутника раніше, ніж США. Не припускали, попри те, що ЦРУ ще 1955 року доповідало Національній раді безпеки про те, що підготовка до запуску супутника йде в Радянському Союзі повним ходом.

Проте і в Радянському Союзі теж не були підготовлені до запуску супутника і “широкий загал”, і фахівці. Не очікували цього й ті, хто безпосередньо займався цією справою. Загальний настрої фахівців досить точно передає в своїх спогадах Володимир Павлович Бармін: “Сам супутник до того, як він став реальністю, вийшов на орбіту,

моментами здавався якоюсь неможливою фантастикою. Але це, звичайно, тільки моментами, загалом кожний з нас робив свою справу і бачив весь запуск як суму відлагоджених операцій, які неодмінно мають спрацювати. Куди ж він підніється, цей супутник? Звичайно ж полетить...”

Для людей, що зібралися на початку жовтня 1957 року на “майданчику № 2”, це була, насамперед “послідовність відлагоджених операцій”. Піднятися над “відлагодженими операціями” вони не могли не лише через свою інженерну заземленість, а й через те, що не було яких-небудь аналогів, – нічого подібного ніколи не було. Багато років вони запускали різні ракети. Запуски ці мали суспільний і навіть міжнародний резонанс. І політ ракети з супутником теж, вважали вони, матиме резонанс, напевно більший, оскільки це все-таки не просто запуск, а запуск, як висловився генерал Вільсон, з “науковим фокусом”.

Проте ні Корольов, мабуть, єдиний, хто міг належно оцінити масштаб події, ні радісний Тихонов, задоволений тим, що його розрахунки втілюються в реальний політ, ні урядовці, які понад усе думали, як заслужити похвалу – ніхто не припускав, що запуск супутника викличе такий резонанс усієї планети. До такої реакції світової громадськості не були готові й керівники радянських засобів масової інформації. 5 жовтня, коли весь світ справді був розбурханий епохальною подією, газета “Правда” вийшла з передовою статтею “Підготовка до зими – справа невідкладна”. Саме повідомлення ТАРС про запуск супутника відрізнялося такою скромністю газетної “подачі”, яка дає змогу думати, що й газетярі теж нічого не зрозуміли.

Згодом про цю жовтневу ніч напишуть тисячі статей, безліч книжок, складуть вірші та пісні про супутника. Американський моряк Роберт Венутті потрапить на сторінки популярних журналів як винахідник зачіски “sputnik” – чотири обліті лаком пасма стирчали, як бурульки, на оголеній голові.

Старт 4 жовтня примусив по-новому поглянути на багато проблем нашого сторіччя. Він спонукав переглянути навчальні програми з фізики та впровадити доктрину мирного співіснування різних політичних систем. Американська газета “Вашингтон івнінг стар” коментувала запуск першого су-



путника з нещадним лаконізмом: “Ера самовпевненості закінчилася”. Французький журнал “Парі-матч” констатував: “Зруйновано догму про технічну перевагу Сполучених Штатів Америки”.

Про політику, першість в економіці, можливість нової зброї говорили якнайбільше, і лише небагатьом відкрилася вся філософська, світоглядна глибина цієї події, тому, що була воістину великою, вміщалася в одну коротку фразу: “Уперше на Землі щось, підкинута догори, не впало”.

12 квітня 1961 року С. Корольов знову здивував світову громадськість. Створивши перший пілотований космічний корабель “Восток”, він реалізував перший у світі політ людини у космос. Першим космонавтом став Юрій Олексійович Гагарін.

Сергій Павлович в розв’язанні проблеми освоєння людиною космічного простору не поспішав. Перший космічний корабель зробив тільки один виток: ніхто не знав, як людина буде себе відчувати за такої тривалої невагомості, які психологічні навантаження діятимуть на нього під час незвичайної і невивченої космічної подорожі.

Вслід за першим польотом Ю. Гагаріна 6 серпня 1961 року, Герман Титов на кораблі “Восток-2” здійснив другий космічний політ, який тривав одну добу. Знову – скрупульозний аналіз впливу умов польоту на функціонування організму. Далі сумісний політ космічних кораблів “Восток-3” і “Восток-4” з космонавтами А. Ніколаєвим і П. Поповичем, від 11 до 12 серпня 1962 року. Між цими космонавтами було встановлено прямий радіозв’язок. Наступного року – спільний політ космонавтів В. Биковського і В. Терешкової на космічних кораблях “Восток-5” і “Восток-6” від 14 до 16 червня 1963 року – вивчають можливість польоту в космос жінки.

За ними із 12 до 13 жовтня 1964 року – в космосі екіпаж з трьох осіб різних спеціальностей: командира корабля, бортінженера і лікаря на складнішому космічному кораблі “Восход”. 18 березня 1965 року під час польоту на кораблі “Восход-2” з екіпажем з двох осіб космонавт О. Леонів здійснив перший у світі вихід у відкритий космос у скафандрі через шлюзову камеру.

Аналізуючи перші космічні польоти, не можна не завважити чіткої методичної послідовності



До 50-річчя від дня запуску Першого штучного супутника Землі пошта України випустила ювілейну марку. На ній зображено перший ШСЗ, портрети головного конструктора ракети-носія та супутника Сергія Корольова (ліворуч) та конструктора ракетних двигунів Валентина Глушка (праворуч)

освоєння космічного простору людиною і підготовки до створення наукової пілотованої довготривалої орбітальної станції (ДОС), про потребу якої С. Корольов говорив ще на початку освоєння космосу.

Розвиваючи програму пілотованих доколосемних польотів, Сергій Павлович реалізовував свої ідеї про розроблення пілотованої ДОС. Її прообразом з’явився принципово новий, досконаліший, ніж попередні, космічний корабель “Союз”. До складу цього корабля входив побутовий відсік, де космонавти могли тривалий час перебувати без скафандрів і проводити наукові дослідження. Під час польоту передбачали також автоматичне стикування на орбіті двох кораблів “Союз” і перехід космонавтів з одного корабля в інший через відкритий космос у скафандрах. На жаль, Сергій Павлович не дожив до втілення своїх ідей в космічних кораблях “Союз”.

Зважаючи на космічні успіхи Радянського Союзу в галузі пілотованих польотів і бажаючи відновити свій технічний авторитет, США почали фантастичну за метою та обсягом робіт програму “Аполон”, щоб створити місячний космічний комплекс, що забезпечило висадку двох космонавтів на Місяць.

У відповідь на цей виклик, щоб зберегти пріоритет в основних космічних досягненнях, С. Корольов за ухвалою уряду почав розробляти про-



ект радянського експедиційного місячного комплексу Н1-Л3. Проте це рішення ухвалили значно пізніше, ніж у США, поєднуючи широку програму довколосемних пілотованих польотів і дослідження планет Сонячної системи.

Надзвичайно стислі терміни, велике завантаження роботами за іншими пріоритетними космічними програмами, а також недостача фінансового і виробничого забезпечення “місячної програми” не дали змоги наступникові Сергія Павловича головному конструкторові В. П. Мішину в задані терміни створити місячний космічний комплекс, проєкт якого було розроблено ще за життя С. Корольова, і цю програму уряд заклав.

Водночас з бурхливим розвитком пілотованої космонавтики в КБ Корольова розробляли супутники для наукового, народногосподарського та оборонного призначення.

У 1958 році розробили й вивели у космос геофізичний супутник, а згодом супутники “Електрон” для дослідження радіаційних поясів Землі, а 1959

року створили і запустили автоматичні космічні апарати до Місяця. Перший і другий – для доставки на Місяць вимпела Радянського Союзу, третій, щоб сфотографувати зворотний (невидимий) бік Місяця.

С. Корольов розробив перший апарат для м’якої посадки на поверхню Місяця, фотографування і передавання на Землю місячної панорами.

Легендарний конструктор С. Корольов започаткував розвиток й іншого важливого напрямку використання супутників – розробив перший супутник зв’язку “Молнія-1”.

Все подальше в житті Сергія Корольова та його наступників: гагарінський триумф, місячні та міжпланетні польоти; все, свідками чого ми стали після смерті Сергія Павловича: експедиція на Місяць, орбітальні станції, політ за межі Сонячної системи, а також те, свідками чого стануть наші діти і внуки – все це є і буде лише ускладненим, технічно досконалішим варіантом того, що відбулося 4 жовтня 1957 року.

СКІЛЬКИ РОЗУМУ НАДАЛИ СПОЛУЧЕНИМ ШТАТАМ АМЕРИКИ ІНШІ КРАЇНИ ?

Національна фундація науки США підрахувала, що емігрантами є 16 % (3,3 млн) з 21,6 млн американських учених та інженерів.

Емігрантами Фундація вважає тих, хто постійно живе і працює в США, серед них і ті іноземці, які вже одержали американське громадянство. Всі дані подано за 2003 рік.

Найбільшу кількість розуму США надали країни Азії. Індія – 515 тис, Китай – 326 тис, Філіппіни – 304 тис, Південна Корея і Тайвань – по 120 тис. Серед європейських держав: Великобританія – 122 тис і Німеччина – 73 тис. Із Росії до США переїхало 63 тис вчених і технічних фахівців, із України – 45 тис. Тут враховано лише тих науковців, які назвали Україну і Росію своїми батьківщинами, тих, хто народився в СРСР не враховували.

Наприклад, із Італії до США виїхало 24 тис учених та інженерів, Франції – 25 тис, Аргентини – 54 тис, Куби – 64 тис, Ірану – 87 тис, Японії – 46 тис.

Цікаво, що головною причиною переїзду учених до США є “сімейні обставини” – 37 % тих учених-емігрантів, кого опитала Фундація. На другому місці – 30 % – “можливості для освіти і підвищення кваліфікації”, на третьому – “робота або економічні можливості” (21 %), на четвертому – “наукова або професійна інфраструктура” (її вибрали 5 %).



До 50-ої річниці запуску
Першого штучного супутника Землі

Спостереження за ШСЗ у Астрономічній обсерваторії Львівського національного університету імені Івана Франка

Ева Вовчик,

канд. техн. наук, старший науковий співробітник Астрономічної обсерваторії
Львівського національного університету імені Івана Франка

4 жовтня 1957 року сталася подія, відгомін якої ми відчуваємо щодня. Того дня було запусчено перший штучний супутник Землі, і почалась космічна ера.

Нині не так важливо, в якій країні було здійснено запуск. Адже результатом цієї події кожний з нас користується щодня. Після першого запуску було здійснено дуже багато інших. Запускають свої супутники багато країн світу, серед них й Україна. Ми маємо свій супутник – Січ.

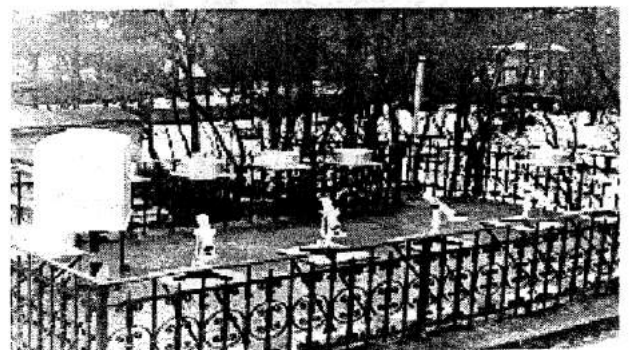
Штучні супутники Землі давно стали для земної цивілізації своєрідними електронними органами чуття. Науково-технічні здобутки в аерокосмічній сфері дають людству новітні технології, матеріали, біомедичні комплекси, глобальні технології зв'язку. Сьогодні без супутників згасли б екрани телевізорів і замовкли б мобільні телефони, втратили б орієнтири кораблі, припинилося б надходження інформації, потрібної для метеорологічних та екологічних прогнозів.

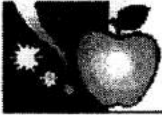
Однак повернімся до цього, не так вже й далекого часу, коли на небі з'явився штучний супутник. До того часу ніхто ніколи чогось подібного не бачив. Тому очевидно, що для стеження за ним треба було створити спеціальні спостережні станції. Одну з таких станцій було створено влітку 1957 року у Львові на базі Астрономічної обсерваторії Львівського державного (нині національного) університету імені Івана Франка. Львівська станція була однією з тих 66 станцій під номером 1031, які створила на території колишнього Радянського Союзу Астрономічна рада Академії наук СРСР і які 4 жовтня розпочали роботу.

Львівська станція була розташована в приміщенні колишньої метеостанції з двох кімнат і майданчика на даху.



На майданчику було розміщено основні спостережні інструменти – трубки АТ-1 ($D = 50$ мм, поле зору 11 градусів, збільшення 6^{\times} , гранична зоряна величина $9m$), бінокляри ТЗК ($D = 80$ мм, поле зору 70 градусів, збільшення 10^{\times} , гранична зоряна величина 10^m), спеціальні фотокамери





НАФА-3С25, а в приміщенні – службу точного часу – радіоприймачі, осцилографи, друкувальні пристрої. За допомогою інструментів фіксувалось положення супутника на небі, а служба точного часу прив'язувала спостереження до моменту часу.

Перші успішні спостереження у Львові було проведено вночі 9–10 жовтня 1957 року. Тієї ночі вперше сфотографували ракету-носій першого супутника. Згодом було ще багато і багато ночей спостережень.

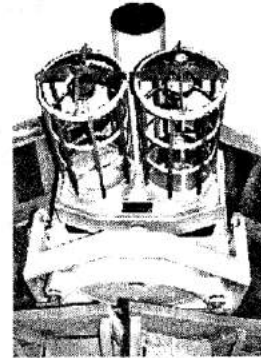
За період проведення координатних спостережень супутників (1957–1966) візуально одержано понад 5000 положень 120 різних штучних космічних об'єктів; з 1500 негативів (якісних) одержано 2535 положень супутників.

Роботою станції 1031 в різний час керували: 1957–1958 – Самуїл Арономич Каплан, 1958–1960 – Іван Антонович Климишин, і від 1960 до її закриття 1968 року – Олександр Олексійович Логвиненко. За десять років він знову повернувся до спостережень супутників як науковий керівник.

Візуальні й фотографічні спостереження штучних супутників у Львові 1968 року закінчили. Однак це не означає, що у Львові перестали спостерігати за штучними супутниками. Станцію 1031 було перетворено на відділ Астрономічної обсерваторії у 1971–1972 роках почались фотометричні спостереження супутників. Для цих спостережень працівники відділу виготовили спеціальну оригінальну апаратуру, на яку автори одержали авторське свідоцтво.

Добра апаратура та висококваліфіковані фахівці забезпечили успішні спостереження – численні

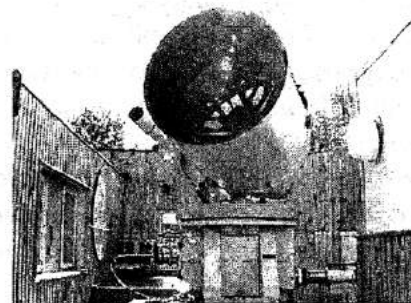
криві блиску різноманітних штучних супутників Землі. Це дало початок локальному Банкові даних. Працівники відділу продовжували надалі удосконалювали апаратне забезпечення, створювали сучасніші фотометри, одержували точніші криві блиску.



Згодом, не припиняючи фотометричних спостережень, у відділі почали розвивати новий науковий напрям – поляриметричні та лазерні спостереження. Нові методи вимагали нового апаратного забезпечення, яке треба було розробити і виготовити. Колектив відділу успішно виконав це завдання.

Сьогодні у відділі позаатмосферної астрономії працює сучасний, сконструйований на основі сучасних технологій двооб'єктивний багатоканальний спеціалізований фотометр-поляриметр і спеціалізований високоточний лазерний віддалемір на основі метрового телескопа ТПЛ-1М.

Від 2002 року лазерний віддалемір зареєстровано як Lviv-1831 – лазерна станція міжнародної служби лазерних спостережень (ILRS) та Українського центру визначення параметрів обертання Землі (УЦПОЗ).





Однак спостерігачі ШСЗ не зупиняються. Щоб бути на рівні світових досягнень, постійно удосконалюють апаратуру і застосовують усі новинки техніки, зокрема ПЗЗ камери, які почали використовувати для спостереження супутників.

За п'ятдесят років багато змінилось. Супутники стали звичним явищем і нікого вже не дивують. Ми навчилися використовувати їх у своєму щоденному житті. Змінились і методи їх спосте-

реження – від візуальних спостережень за допомогою 10 см трубки АТ-1, до лазерної локації за допомогою метрового телескопа. Не змінилось тільки одне – як і в перші ночі жовтня 1957 року, так і нині, кожної ясної ночі працівники астрономічної обсерваторії націлюють свої інструменти в небо і спостерігають за штучними супутниками Землі. Сподіваємось, що й в наступні роки буде так само.

Спостереження за ШСЗ у Астрономічній обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Позиційні спостереження ШСЗ відкривали широкі можливості для розв'язання комплексу фундаментальних проблем геофізики, геодезії, давали змогу забезпечувати прогнозування умов видимості ШСЗ у пунктах спостереження. Фотометричні спостереження дають цінний матеріал, на підставі якого можна визначати параметри верхніх шарів атмосфери Землі, вивчати обертання ШСЗ, робити висновки про їхню форму, досліджувати дію на поверхню супутників таких чинників, як сонячний вітер, мікрометеорити тощо. Тобто із запуском перших ШСЗ перед астрономією постало нове специфічне завдання – визначення положень і блиску цих об'єктів.

Для реалізації цих завдань у колишньому Радянському Союзі станції спостереження за ШСЗ почали створювати на початку 1957 року при астрономічних обсерваторіях і багатьох вищих навчальних закладах. Їхньою діяльністю керувала Астрономічна рада АН СРСР. Рішення про створення станції спостереження за ШСЗ при обсерваторії Київського університету було прийнято у червні 1957 року. Науковим співпрацівникам обсерваторії О. Осипову та М. Чернезі було доручено підготувати до спостережень ШСЗ обладнання станції та навчити техніки спостережень групу спостерігачів – працівників обсерваторії, студентів університету та аматорів астрономії. До

1 жовтня 1957 року приготування до спостережень було завершено, 6-го жовтня станція розпочала роботу, 9-го, вранці, було визначено положення ракети-носія першого ШСЗ, а за п'ять днів зареєстрували і сам супутник.

Від того часу спостереження ШСЗ в обсерваторії Київського національного університету імені Тараса Шевченка вели регулярно. У 1957–1958 роках на станції спостерігали понад 11 тис проходжень різних ШСЗ і було визначено понад 70 тис їх положень. Під час спостережень визначали положення супутників та їхній блиск. Наприкінці 1957 року спробували фотографувати ШСЗ. Спостереження тривали до 1982 року, коли можливості візуальних спостережень вичарпалися.

Станція візуальних оптичних спостережень ШСЗ Астрономічної обсерваторії Київського університету пропрацювала чверть сторіччя. За кількістю і якістю виконаних нею спостережень супутників вона була однією із найкращих станцій такого плану в країні. Її успіхи – результат самовідданої праці наукових працівників обсерваторії та студентів-астрономів університету. Для багатьох студентів участь у спостереженнях ШСЗ була першим кроком до професії, яку вони обрали. Багато з них, пройшовши школу спостережень супутників, стали відомими астрономами.



ГУСТАВ МАГНУС - засновник берлінської школи фізики

Олександр Проскура

*кандидат фізико-математичних наук
(Берлін, Німеччина)*

Берлінська фізика у 1870–1930-х роках була передовою в світовій фізичній науці. Її представляли такі корифеї, як Гельмгольц, Кірхгоф, Варбург, Нернст, Планк, Лауе, Айнштайн. Однією з базових передумов досягнень цих великих науковців була діяльність їхнього попередника – німецького хеміка та фізика Густава Магнуса, який 1842 року приватно заснував у власному будинку першу в Берліні фізичну лабораторію та своєю науково-педагогічною працею в ній суттєво вплинув на розвиток науки. Учений започаткував історичну традицію, яка дала змогу Берлінові бути світовим центром фізичних досліджень кілька десятиліть бурхливого розвитку фізики.

На важливості Магнуса для розвитку фізики та хемії наголошували багато дослідників [1–6]. Розгляньмо коротко життя і діяльність Магнуса та його роль у заснуванні наукової фізичної школи.

Густав Магнус (Heinrich Gustav Magnus) народився 02 травня 1802 року в сім'ї Йогана Матіаса Магнуса (Johann Matthias Magnus, 1770–1821) та його дружини Маріанни Магнус (Marianne Magnus, 1770–1848) у Берліні. Його батько володів великим торговельним домом. Щоб уникнути дискримінаційних обмежень, які в Берліні накладало на євреїв тогочасне законодавство, 1807 року родина Магнусів перейшла з юдаїзму до християнської протестантської конфесії. Кожного зі своїх шести синів батько виховував відповідно до їхніх особистих нахилів. Четвертого з них, Густава, який рано виявляв зацікавлення до природознавства, батько спершу відіслав учитись до гімназії Фридриха Вердера, а згодом – до приватного



*Гайнріх Густав Магнус (Heinrich Gustav Magnus)
(1802–1870)*

інституту Кауера, де найважливішими були математика та природознавчі предмети. У 1822–1827-х роках хлопець вивчав хемію та фізику в Берлінському університеті. Технології та хемії Магнуса навчали Гермбстедт (Sigismund August Hermbstadt, 1758–1833) і Мітшерліх (Eilhardt Mitscherlich, 1794–1869), мінералогії – Розе (Gustav Rose, 1798–1873), а фізики – Ерман (Paul Erman, 1764–1848).

Уже 1825 року Магнус опублікував свою першу наукову працю про самозаймисті речовини-пірофори, яку він підготував під керуванням Міт-



шерліха, а вже 1827 року Магнус захистив дисертацію з хемії про телур. Щоб поглибити свої знання, Магнус вирушив до Стокгольма на запрошення знаменитого хеміка Берцеліуса (Jons Jakob Berzelius, 1779–1848), у якого провчився рік і з яким налагодив дружні стосунки. Згодом молодий науковець на півроку поїхав учитись до європейського центру фізичних досліджень – до Парижа, де працювали такі видатні фізики, як Ампер (Andre Marie Ampere, 1775–1836), Гей-Люссак (Joseph Louis Gay-Lussak, 1778–1850), Дюлонг (Pierre Louis Dulong, 1785–1838), Тенар (Louis Jacques Thenard, 1777–1857). Повернувшись до Берліна, Магнус вивчав хемію мінералів і 1831 року в Берлінському університеті захистив докторську дисертацію з хемічної технології, а згодом – дисертацію з фізики.

Магнус 1834 року став екстраординарним, а згодом, 1845 року, – ординарним професором Берлінського університету. Тут Магнус, не полишаючи наукових досліджень, навчав студентів спершу хемічної технології, а згодом фізики. Він викладав фізику також в артилерійській, інженерній та промисловій школах. У Берлінському університеті Фридриха Вільгельма (нині Університет ім. Гумбольдта) Магнус був шанованою особою, 1861 року його обрали ректором, неодноразово його обирали також деканом філософського факультету цього ж університету.

Про Магнуса збереглась пам'ять як про одного з найкращих лекторів того часу. До обов'язків лектора Магнус ставився надзвичайно сумлінно. Насамперед Магнусові йшлося про досліди та лекційні демонстрації як підмурок пропонованого слухачам матеріалу. На своїх лекціях Магнус прагнув показати студентам технологічний шлях від речовини чи явища до кінцевого промислового продукту. Для цього Магнус зібрав велику колекцію фізичних інструментів, виготовив багато моделей і рисунків. Значну частину фізичного та технічного обладнання за підтримкою міністерства придбав Магнус у Франції та Англії. Він часто у 1830–1850-х роках відвідував ці країни, ознайомлювався там насамперед з новими хемічними технологіями.

Магнус домінував у берлінській фізиці. Це може здаватись дещо дивним, бо він вивчав хемію і

багато досліджень, які він виконав, засвідчують його наукові хемічні інтереси. Проте так сталося, що дипломований хемік Магнус став провідним фізиком у Берліні й виплекав столичну фізику.

Учений 1840 року став членом Берлінської академії наук. Того ж року він одружився з Бертою Гумблот (Bertha Humblot, 1820–1910). Незабаром молоде подружжя придбало будинок за адресою "Am Kupfergraben 7". У цьому будинку та в садку при ньому розпочались часті зустрічі молодих науковців-початківців з професорами університету та інших закладів. Коло учасників цих зустрічей поступово розширювалось, і в них брали участь митці та бізнесовці. Їхні невимушені бесіди охоплювали різноманітні теми, і незабаром дім Магнуса став центром інтелектуального життя в Берліні.

Дім Магнуса і події, що відбувались в ньому, мають історичне значення. Берлінський університет не мав своєї фізичної лабораторії, тому Магнус 1842 року запропонував здібним студентам університету та молодим науковцям послуговуватись у його будинку своєю приватною лабораторією з високоякісною апаратурою та великою бібліотекою. Так у Берліні у приватному будинку Магнуса виник перший фізичний заклад – неформальна лабораторія Магнуса. У цій лабораторії Магнус читав також лекції.

Лабораторія Магнуса була історично другою у Німеччині фізичною лабораторією після лабораторії в Ляйпцігу. Дехто з видатних учнів Магнуса залишив спогади про свою працю в його лабораторії. Цікаво, що Магнус вважав своїми учнями тих молодих людей, які приходили до нього з власними ідеями щодо наукових досліджень. Магнус не тиснув на учнів, а дозволяв їм самостійно здійснювати експериментальні дослідження згідно з тими науковими проектами, які вони презентували в лабораторії ученого.

Учні Магнуса наголошували на тому, що їхня дослідницька праця в його лабораторії була творчою та ефективною, а їхній учитель завжди був готовий дружньо допомогти їм усунути принципові труднощі, які виникали у молодих експериментаторів через їхню недосвідченість та покvapність. Результати досліджень молодих науковців публікувались. У 1843–1862-х роках 14 почат-



ківців опублікували 28 праць. Після того, як 1863 року при університеті нарешті була відкрита фізична лабораторія частково на базі лабораторії Магнуса, то результати досліджень 15 учнів Магнуса в приватній та в університетській лабораторіях від 1863 до 1870 року дали матеріал для 29 публікацій. Магнус не був співатором друкованих праць своїх учнів. Сам він за цей час опублікував 45 праць, з них 36 були з фізики. Загалом 70 % публікацій учнів Магнуса були за змістом фізичними, решта – хемічними. Це співвідношення засвідчує фахову орієнтацію лабораторії Магнуса як переважно фізичну.

Оствальд (Wilhelm Ostwald, 1853–1932) зауважив, що однією з підстав успіху навчальної методики Магнуса було те, що він відповідно до історичної ситуації в першій половині XIX сторіччя був природознавцем широкого профілю і однаково володів фізикою та хемією.

Г. Магнус і його лабораторія приваблювали молодих людей із різних країн. Наприклад, у ній навчались професор Київського університету М. П. Авенариус (1835–1895), засновник хемічної термодинаміки і статистичної механіки американець Гіббс (Josiah Willard Gibbs, 1839–1903), наступник Фарадея в його лондонській лабораторії Тиндал (John Tyndall, 1820–1893), батько російської фізики Столетов (А. Г. Столетов, 1839–1896).

Від Магнуса та інших німецьких учителів Столетов приніс до Росії принцип про те, що експериментальне дослідження має бути настільки строго виконане, щоб результати його були достовірними і висновків з нього неможливо було б заперечити. У практику російської науки Столетов впроваджував цю засаду своїми дослідженнями та принциповою поведінкою. Уже в радянські часи на позицію Столетова спирався директор київського Інституту фізики НАНУ академік О. Г. Гольдман (1884–1971) в полеміці з представником державної ідеології директором ленинградського Фізико-технічного інституту академіком А. Ф. Йоффе (1880–1960), коли в 30-х роках XX сторіччя пришвидшена мілітаризація СРСР супроводжувалась підміною професіоналізму ентузіазіазмом, і коли ставало зрозуміло, до яких згубних наслідків призведе така одержавлена тенденція.

Магнус 1843 року розпочав у лабораторії регулярні щотижневі вечірні збори своїх учнів (10–15 осіб), які коротко доповідали про найсвіжіші наукові новини з усього світу та обговорювали їх. Ці неформальні збори мали назву Науковий Колоквіум. За участю Магнуса Колоквіум функціонував до місяця лютого 1870 року, тобто майже до смерті свого організатора. Цей перший Науковий Колоквіум берлінських фізиків виявився перспективним і пережив потрясіння двох світових воєн. Продемонструвавши дивовижну історичну тяглість, він у Німецькій Демократичній Республіці функціонував як Лауе-колоквіум, а після об'єднання ФРН і НДР він у межах Німецького фізичного товариства повернув собі початкову назву.

Дискусії на Колоквіумі особливо поживались, коли Магнус несподівано втручався в дискусію так, щоб спрямувати полеміку проти себе. З кола учасників цих дискусій вирости такі видатні науковці, як Дю Буа-Реймон (Emil Du Bois-Reymond, 1818–1896), Байєр (Adolf von Baeyer, 1835–1917), Клаузіус (Rudolph Clausius, 1822–1888), Кірхгоф (Gustav Robert Kirchhoff, 1824–1887), Кундт (August Kundt, 1822–1879), Квінке (Georg Quincke, 1834–1924), Варбург (Emil Warburg, 1846–1931).

Підраховано, що з тих 54 учнів Магнуса, які навчались в його лабораторії та Колоквіумі, ординарними професорами стали 37 осіб, серед них 27 – професорами з фізики та 6 – з хемії. Дехто поєднував наукові дослідження з діяльністю в індустрії, великих успіхів у цьому досягнув Сименс (Werner Siemens, 1816–1892). Для Магнуса спілкування з цілеспрямованими молодими людьми на засіданнях Колоквіуму та їхні наукові досягнення були джерелом справжньої радості та втіхи [1].

У власних наукових пошуках Магнус перейшов поступово від хемічних досліджень до фізичних. Свої дослідження учений орієнтував на практичні запити. Наприклад, він сконструював ртутний геотермометр для вимірювання зміни температури в свердловинах залежно від їхньої глибини. Він також досліджував актуальну проблему – розширенням газів під час нагрівання. У механіці відомий ефект Магнуса, який враховують у балістиці. Цей ефект наочно виявляється



в спорті як відхилення траєкторії “різаного” м’яча від вертикальної площини.

Діяльність Магнуса припала і на часи посиленого зацікавлення вченням про теплоту та електрику, і відходу від спекулятивної натурфілософії. Магнус дотримувався тієї думки, що досвід, одержаний завдяки спостереженням та експериментам, стоїть вище від будь-яких спекуляцій і тому постійно вимагав від своїх учнів сумлінного здійснення докладних дослідів. Його позиція в цьому питанні була непохитна і він, як і його щирий друг великий експериментатор Фарадей (Michael Faraday, 1791–1867), із застереженням ставився до математичної фізики, розрізняючи експериментальну фізику від теоретичної. Однією з причин цього було те, що Магнус, навчаючись на хеміка в хемічних лабораторіях, став експериментатором. Йому при його відомій сучасникам повазі до математики все ж бракувало математичної компетенції. Тому на Колоквіумі Магнуса теоретичні дослідження не реферували, що, звичайно, не могло влаштовувати молодих допитливих науковців, які поза Колоквіумом вимушені були вивчати теоретичні праці. Наприклад, такі славетні дослідники, як Гельмгольтц (Hermann von Helmholtz, 1821–1894), якому перейшла 1871 року кафедра Магнуса в Берлінському університеті та який того ж року назвав Магнуса “не тільки дослідником, а й учителем науки” [2], та Відеман (Gustav Heinrich Widemann, 1826–1899), відомий також як видавець солідного наукового журналу “Annalen der Physik und Chemie”, читали найновіші статті Пуассона (Simeon Denis Poisson, 1781–1842) з теоретичної фізики “підпільно” без відома Магнуса і не мали змоги обговорювати їх на його Колоквіумі. Така категорична позиція Магнуса мала той позитивний результат, що гурт активних учасників його колоквіуму в складі фізиків Бетца (Wilhelm Beetz, 1822–1886), Карстена (Gustav Karsten, 1820–1900) і Кноблауха (Hermann Knoblauch, 1820–1895), хеміка Гайнтца (Wilhelm Heintz, 1817–1880) та фізіологів Брюке (Ernst Brücke, 1819–1892) і Дю Буа-Реймона (Emil Du Bois-Reymond, 1818–1896) заснували 14.01.1845

Берлінське фізичне товариство, щоб вільно провадити теоретичні дискусії з проблем мате-

матичної фізики, реферувати надруковані теоретичні праці та доповідати про власні дослідження, як це практикувалось у багатьох наукових товариствах. Одним з мотивів для заснування Берлінського фізичного товариства, що за висловом Сименса виникло як осередок ініціативної талановитої молоді, були також наміри його фундаторів досліджувати на фізичній основі процеси в живому організмі. Так Магнус за усталеною в історії німецької науки опінією виявився опосередковано причетним до виникнення Берлінського фізичного товариства. Однак Магнус не став членом цього Товариства, бо сприйняв його як конкурента свого Колоквіуму. З плином часу ставлення добродушного Магнуса до Берлінського фізичного товариства стало толерантнішим, хоча через скептичне ставлення до фізичних теорій він жодного разу не був на його зборах. Водночас Магнус виявився безпосереднім співзасновником організованого 1867 року Берлінського хемічного товариства і був обраний віце-президентом новоствореного Німецького хемічного товариства.

Магнус здобув міжнародне визнання: 30 квітня 1863 року його обрали іноземним членом Королівського товариства у Великобританії, а 13 червня 1864 року – членом-кореспондентом Академії Наук у Франції.

Наприкінці 1869 року Магнус захворів на пістряк (діагноз-Carcinom Recti). До 25 лютого учений ще читав лекції з фізики, а 4 квітня 1870 року помер. Перший президент Німецького хемічного товариства Гофман (August Wilhelm von Hofmann, 1818–1892) і наступник Магнуса в університеті Гельмгольтца залишили про Густава Магнуса теплі змістовні спогади [1, 2].

Фізичне і Хемічне товариства, до виникнення яких був причетний Магнус, успішно розвивались. Наприкінці 1845 року в Берлінському фізичному товаристві вже було 53 члени. З часом воно набуло загальнонаціонального значення. На його засіданнях доповідали засадничі праці. Наприклад, Гельмгольтц виголосив тут 23 липня 1847 року свою знамениту доповідь про закон збереження енергії. Клаузіус (Rudolph Clausius, 1822–1888) і Кірхгоф (Gustav Robert Kirchhoff, 1824–1887) доповідали на засіданнях про результати своїх фундаментальних досліджень з термо-



динаміки. Сименс повідомляв про науково-технічні розробки з телеграфного зв'язку та динамо-електричних генераторів.

Показово, що Берлінське фізичне товариство 1898 року прибрало назву Німецьке фізичне товариство (Deutsche Physikalische Gesellschaft). Це сталось завдяки ініціативі, зокрема, і Планка (Max Planck, 1858–1947), який був членом правління Товариства і чий легендарним виступом на засіданні Товариства 14 грудня 1900 року була започаткована квантова фізика. На 1905 рік у Товаристві вже було 394 члени з Німеччини та з-за кордону. Нині Німецьке фізичне товариство, чий офіс надалі міститься в історичному будинку Магнуса, налічує майже 50000 членів. Переконливим показником наукової діяльності цього Товариства є науковий конгрес "Фізика після Айнштейна" за участю майже 7000 делегатів з 49 країн, який проведено разом з Астрономічним товариством на честь Айнштейна (Albert Einstein, 1879–1955) в Берліні 4–9 березня 2005 року.

Чи відповідає діяльність Магнуса означенню засновника наукової школи? Київський історик науки Ю. Храмов [5] запропонував шість критеріїв для визнання науковця засновником школи. Висновок Ю. Храмова про те, що діяльність Магнуса не відповідала строгому означенню засновника фізичної наукової школи, у Берліні докладно проаналізував Кант [6] і продемонстрував різні підходи до поняття засновника наукової школи. Як можна побачити на конкретному прикладі з Магнусом, дефініція поняття засновника школи і наголоси в дискусії навколо цього поняття залежать від сукупності певних історично-часових, соціальних та суб'єктивних чинників.

Про історичне значення науково-педагогічного спадку Магнуса та його роль як засновника наукової школи є також багато міркувань природознавців кількох поколінь. Ці роздуми викладені в цитованих працях і не перечать висновку Но-

белівського лауреата з хемії Оствальда про те, що Густав Магнус заснував у Німеччині впливову школу фізиків, які прагнули стояти на власних ногах.

Автор щиро вдячний професорові Дітерові Гофману (Dieter Hoffmann) та докторові Горстові Канту (Horst Kant) з Інституту історії науки Товариства Макса Планка (Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin) за цінні консультації під час написання цієї статті.

Література

1. A. W. Hofmann. Zur Erinnerung an Gustav Magnus. In: Erinnerung an vorangegangene Freunde. Gesammelte Gedächtnisreden. Bd. 1, Braunschweig 1888. – Verlag von Vieweg und Sohn. – S. 43–194.
2. H. v. Helmholtz. Gedächtnisrede auf Gustav Magnus. In: Physiker über Physiker II. (Erwiderungen bei der Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie. Gedächtnisreden 1870 bis 1929). Hg. von Ch. Kirsten und H.-G. Körber; Akademie-Verlag Berlin 1979. – S. 56–66.
3. H. Kant. Stammvater der Berliner Physik// Humboldt. 2001/2002. – Nr 6. – S. 11.
4. H. Kant. Ein "mächtig anregender Kreis" – die Anfänge der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. // Preprint 202. Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin, 2002.
5. Ю. А. Храмов. Научные школы в физике. – Киев: Наукова думка, 1987.
6. H. Kant. Gustav Magnus und seine Berliner Physiker-Schule // D.Hoffmann (Hrsg). Gustav Magnus und sein Haus. – Stuttgart: Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. 1995. – S. 32–53.
7. W. Ostwald. Gustav Wiedemann (Gedenkrede). In: Abhandlungen und Vorträge allgemeinen Inhalts. – Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M. B. H., 1916. – S. 395–403.



Видатний конструктор – українець Сергій Корольов



*Сергій Павлович Корольов
(12.01.1907–14.01.1966)*

12 січня 2007 року виповнилося 100 років від дня народження головного конструктора ракетної техніки та космічних кораблів Сергієві Корольову. Ще й досі не всі знають, що великий конструктор народився і виріс в Україні – на Житомирщині.

Народився Сергій Корольов 12 січня 1907 року в Житомирі в учительській сім'ї Павла Яковича Корольова та Марії Миколаївни Москаленко. Своє дитинство Сергій провів у Ніжині з бабусею Марією Матвіївною та дідусем Миколою Яковичем Москаленками. Любов до музики онукові прищепила бабуся, яка непогано грала на фортепіано. Цю любов він зберіг на все життя. Сергій Павлович годинами слухав музику П. Чайковського.

У книжці "Слово про Корольова", яка 1970-го вийшла у видавництві "Молодь", мати Сергія – Марія Москаленко – в статті "Мій син" згадує, що "за тодішнім суспільним поділом ми належали до козаків. І не лише на папері. Колись на Запорізькій Січі числилися в реєстрі славні козаки

Фурси, Москаленки та Лазаренки. Це мої діди та прадіди. Як справжні лицарі вони показували свою хоробрість та силу на полі бою і в походах, а от удома всю владу віддавали жінкам. А в паспорті батька – Миколи Яковича Москаленка – написано "Козак міста Ніжина".

...Після закінчення Ніжинської гімназії я прибігла додому з атестатом зрілості, а вдома – святковий стіл, урочистість, і Павло Корольов, студент Ніжинського інституту, чогось кутки обтирає.

– Ось твій наречений, Марусю, – каже мати. Я так і отетеріла. Потім у сльози. Павло був низенький, сухорлявий, негарний, ще й жовна бігали по щоках. До нас ходили гарні парубки, топтав стежку й цей, але я на нього уваги не звертала. Як він зумів підійти до матері – й досі не збагну. Одним словом, вона й слухати не хоче:
– Оце твій чоловік – і квит!

Але чи то й мені передалася матирина вдача, чи то вже наше вільнолюбство зіграло свою роль, а може, річ у тому, що я була на одинадцять років молодша від чоловіка, але одного разу (жили ми тоді в Києві) він прийшов додому пізно і почав за звичкою бешкетувати, я сказала – досить. Одягла пальто, підхопила малого Сергійка і мовила: "Прощай раз і назавжди!" І поїхала до Ніжина. Мати, людина рішуча й горда, схвалила мій поступок, прихистила мене.

**З ІМ'ЯМ ВИДАТНОГО ІНЖЕНЕРА І ВЧЕНОГО,
АКАДЕМІКА СЕРГІЯ ПАВЛОВИЧА КОРОЛЬОВА
ПОВ'ЯЗАНІ ЕПОХАЛЬНІ ПОДІЇ ЛЮДСЬКОЇ
ЦИВІЛІЗАЦІЇ: ЗАПУСК ПЕРШОГО ШТУЧНОГО
СУПУТНИКА ЗЕМЛІ, ДОСЯГНЕННЯ
КОСМІЧНИМИ КОРАБЛЯМИ МІСЯЦЯ Й ВЕНЕРИ,
ПЕРШИЙ ПОЛІТ ЛЮДИНИ В КОСМОС**



Наступного дня, коли приїхав Павло Корольов, щоб забрати мене, батько сказав: "Знаєш, зятю... Іди собі з Богом... А то як візьму тебе за карк, тоді вже пробачай..."

Доки мати навчалася на Вищих жіночих курсах у Києві, Сергійко жив у діда й баби. Дід Микола розповідав онукові легенди про козаччину, а бабуся прищеплювала любов до праці, волю, наполегливість. Сергійків дідусь Микола Якович Москаленко і за зовнішністю, і за характером був типовим українцем, родовим козаком міста Ніжина. Щоправда, від українського козацтва в роки дитинства Сергія тільки й залишилося в Ніжині, що Козача управа на Козачій вулиці, в якій усі після гімназії мусили брати довідку про стан, без котрої не можна було вступити до вищого навчального закладу. Дідусь багато розповідав Сергійкові про козацьку давнину і брав його із собою на цвинтар, де стояли старовинні дубові хрести з написами: "Тут похований козак міста Ніжина..."

Тим часом матір познайомилася в столиці зі студентом Київського політехнічного інституту Григорієм Баланіним, з яким невдовзі одружилася. Г. Баланін 1917 року закінчив інститут і одержав призначення до Одеси. Подружжя взяло з собою Сергійка. Вітчим став йому другом на все життя, завжди ділився з хлопцем своїми знаннями та життєвим досвідом, допомагав у навчанні. Недарма Сергій так гірко плакав над труною вітчима.

В Одесі для хлопця настала щаслива пора знайомства з морем і людьми, які щоденно заповнювали причали. Серйозний не за роками Сергій швидко потоваришував із дорослими. Селяни з-під Харкова або Чернігова, котрі несамохіль призабули рідне село та говірку, любили слухати співучу українську мову Сергія, прохали його прочитати вірші з "Кобзаря", що він залюбки робив. Однією з найулюбленіших його пісень була пісня "Дивлюсь я на небо..." (не випадково космонавт П. Попович проспівав її з борту корабля "Восток-4" для свого Вчителя і творця зоряного корабля).

Становлення його як геніального конструктора розпочалося ще в дитинстві. В юнацькі роки С. Корольов захоплювався авіацією та планеризмом. Одесити пишалися тим, що саме в їхньому місті здійснили свої перші польоти видатні російські льотчики М. Єфімов та С. Уточкін, саме там було вперше надруковано праці Е. Цюлков-



Сергій Корольов з матір'ю Марією Миколаївною

ського "Самостоятельное горизонтальное движение управляемого аэростата" (1897), "Давление воздуха на поверхности, введенные в искусственный воздушный поток" (1899). На початку ХХ сторіччя в Одесі існували свої авіашкола й авіаклуб.

У бурхливі роки революції та громадянської війни гімназію, до якої вступив Сергій, закрили і він, не маючи змоги навчатися в школі, декілька років навчався самостійно. У липні 1922 року екстерном склав іспити за шість класів гімназії й того ж року вступив до Одеської будівельної професійно-технічної школи.

Навчився Корольов наполегливо, багато читав, цікавився насамперед літературою про авіацію: книжками про Уточкіна, Нестерова, братів Єфімових, відвідував лекції Одеського товариства авіації і повітроплавання, керував гуртком планеристів в управлінні міського порту.

Будучи 17-річним юнаком, Сергій запропонував власний проект планера, який схвалили губернська спортивна секція. У травні 1924 року планер було збудовано й автор його випробував, а два роки згодом уже літав на ньому. Юнак брав також участь у популярних на той час всесоюзних зльотах планеристів у Коктебелі в Криму.

С. Корольов закінчив професійно-технічну школу в Одесі й одержав свідоцтво про середню освіту, де зазначено, що він "склав заліки з політграмоти, російської, української та німецької мов, математики, опору матеріалів, фізики, гігієни праці, історії культури, креслення, практичних робіт у майстернях" й ще здобув фах муляра та черепичника.



С. Корольов 1924 року вступив на механічний факультет Київського політехнічного інституту, що привабив його насамперед славетним професорсько-викладацьким складом, планерним гуртком і тим, що там навчався Ігор Сікорський – відомий конструктор літаків та гвинтокрилів. На факультеті планували розпочати готування авіаційних інженерів. Усе складалось добре, однак для тих, хто не засвідчив свого пролетарського походження, навчання було платне. Студенти працювали, де лише могли, адже лекції починались пополудні. “Прокидаюсь рано, – писав Сергій матері, – годині о п’ятій. Біжу до редакції, забираю газети, а потім мчу на Солом’янку, розношу. Так от і заробляю вісім карбованців”. Працював Сергій будівельником, вантажником, продавцем газет.

Наприкінці літа 1926 року спроби ректора В. Боброва відкрити при механічному факультеті авіаційне відділення виявились марними. І він порадив студентам, які хотіли здобути цей фах, перевестися до Москви – у Вище технічне училище або Військово-повітряну академію.

С. Корольов вибрав аеромеханічний факультет МВТУ ім. М. Баумана (згодом цей факультет виокремився в самостійний авіаінститут). Спеціальність – літакобудування. Там він став членом студентського конструкторського бюро, працював над літаком, а невдовзі разом із товаришами увійшов до Товариства друзів повітряного флоту.

У 1929 році на випробування було представлено його новий планер “Коктебель”. Тоді Сергій Корольов ознайомився з працями К. Цюлковського, ідеї якого про реактивний рух і польоти у далекі світи захопили талановитого інженера на все життя.

Він 1930 року побудував планер СК-3 “Червона Зірка” – перший в історії безмоторної авіації літальний апарат, призначений для виконання фігур вищого пілотажу. Саме на ньому вперше у світовій історії повітроплавання відомий льотчик-випробувач В. Степанчонок виконав петлю Несторова. Конструкторський талант С. Корольова яскраво розкрився у його дипломному проєкті – він створив проєкт легкомоторного двомісного літака, який був побудований і пройшов випробування.

Саме тоді С. Корольов познайомився з відомим інженером і винахідником Ф. А. Цандером. Він став учнем та послідовником Цандера.

У 1931–1932 роках у Москві почала працювати науково-дослідна організація – Група вивчення реактивного руху (ГВРР). С. Корольов разом із першим керівником ГВРР Ф. Цандером та М. Тихонравовим працював над двигуном принципово нової дії. Він 1932 року став керівником цієї організації.

У серпні 1933 року було закінчено роботу над першою радянською ракетою на рідкому паливі. С. Корольов запропонував створити ракетне об’єднання. Того ж року на базі ГВРР та ГДЛ (Ленінградської газодинамічної лабораторії), де працював В. Глушко, у Москві було створено Реактивний науково-дослідний інститут (РНДІ). С. Корольов став заступником начальника інституту з наукової роботи.

Планери привели С. Корольова до авіації, авіація – до космонавтики, якій, на його думку, належало майбутнє. Уже 1936 року він вважав, що “можливість надвисотного польоту людини на ракетному апараті – справа завтрашнього дня”. Уже тоді чітко визначилося майбутнє науково-практичне спрямування вченого.

С. Корольов 1935 року спроектував і побудував планер СК-9, на основі якого наступного року розробив конструкцію ракетоплана РП-318-1 з рідинним ракетним двигуном. Разом з інженерами М. Дризовим та Є. Щатинковим розробив, побудував і випробував у РНДІ крилаті ракети з пороховими та рідинними двигунами.

Трагічні події сталінських репресій не обминули й С. Корольова. У РНДІ було розв’язано кампанію з виявлення ворогів народу. 27 червня 1938 року Сергія Павловича заарештували, розлучивши на довгі роки з дружиною, матір’ю та маленькою донькою. А восени його засуджено за безглуздим звинуваченням за “вредительство в области новой техники” на десять років ув’язнення. Однак, після перегляду справи, 1939 року вирок було замінено на вісім років у таборах. Корольов провів майже два роки в одиночній камері, далі потрапив на Коліму, де працював землекопом. Там він хворів на цингу.

Розповідали, що С. Корольов пішов до в’язниці за Тухачевським, через зв’язок із ним. Але насправді, як свідчив генерал-лейтенант Г. Тюлін, близький друг Корольова, коли арештували В. Глушка (він згодом став одним із творців радянської



космонавтики) і оголосили ворогом народу, Сергій Павлович сказав, що не може повірити, нібито Глушко – ворог народу. За кілька днів по тому забрали і його.

С. Корольов звертався до верховної прокуратури, особисто до Сталіна з проханням переглянути його справу. 2 березня 1940 року Сергія Павловича етапували до Москви й помістили в Бутирську в'язницю. За місяці нестерпного очікування, 10 липня 1940-го особлива нарада при НКВС під головуванням Л. Берії визначила йому термін... вісім років тих самих виправно-трудових таборів! Два роки з десяти він уже відбудув, залишалося вісім.

13 липня С. Корольов удруге звернувся до Сталіна. Він писав: "Метою і мрією мого життя було створення вперше в СРСР такої потужної зброї, як реактивні літаки. Я можу довести мою невинність і хочу продовжувати працювати над ракет-

**"ЯКЩО КОСТЯНТИН ЦЮЛКОВСЬКИЙ
БУВ ФУНДАТОРОМ ТЕОРІЇ КОСМІЧНОГО
ПОЛЬОТУ, ТО СЕРГІЙ КОРОЛЬОВ ЗАКЛАВ
ПІДҐРУНТЯ ПРАКТИЧНОЇ КОСМОНАВТИКИ"**

акад. В. Котельников

ними літаками для оборони СРСР". Його рішучість і наполегливість перемогли. У вересні 1940 року так звані запобіжні заходи покарання замінили відбуванням терміну в ЦКБ-29, яким керував "зек" А. Туполєв. Разом із А. Туполєвим у Москві, в переобладнаному під в'язницю будинку працювали конструктори та інженери В. Петляков, В. М'ясищев, Р. Баргіні. Корольов був на межі повного фізичного виснаження.

У роки війни в тому самому ранзі в'язнів вони разом із А. Туполєвим працювали над створенням літака "Ту-2". Довідавшись, що в Казані є подібні секретні науково-дослідні або проектні інститути, де під контролем органів держбезпеки працювали вчені та інженери, зазвичай "вороги народу", де розробляють реактивні двигуни, С. Корольов клопотав про переведення. У цьому йому допомагав В. Глушко, один із конструкторів рідинних ракет-

них двигунів, який відбував термін в Особливому технічному бюро (ОКБ) відомства Берії. Сергія Павловича під конвоем привезли до Казані. Вони почали працювати над реактивним двигуном для пікірувального бомбувальника "Пе-2". Працював С. Корольов, як завжди, енергійно, самовіддано, талановито. Визнання його особистості та внеску в оборону держави спонукали уряд і відповідні органи переглянути міру покарання.

Лише 27 липня 1944 року вченого було звільнено за клопотанням легендарних льотчиків М. Громова і В. Гризодубової, авіаконструктора А. Туполева, а 15 серпня 1944 року С. Корольов одержав паспорт.

С. Корольова реабілітували аж 1957. І хоча 1945 року Сергія Корольова навіть нагородили орденом "Знак Пошани", тавро засудженого залишалася на ньому ще тривалий час. Поневіряння в сталінських таборах залишили глибокий слід у його душі. Наприкінці життя він мріяв відвідати Колиму, написати про це книжку, та, на жаль, цей задум так і не судилося здійснити.

У воєнні роки Сергій Павлович розробляв і встановлював реактивні двигуни на бойові літаки, був заступником В. Глушка з льотних випробувань. Він працював, не шкодуючи себе, зневажаючи небезпеку. Під час випробування в польоті бомбувальника Пе-2 вибухнув реактивний двигун і С. Корольов – досвідчений льотчик – ледве дотягнув машину до аеродрому. Внаслідок цієї аварії він майже повністю втратив зір. Але доля усміхнулася йому – після лікування зір вдалося відновити.

По війні ракетна справа (в оборонних цілях) мала всебічну підтримку, зокрема ухвалено рішення про надання роботам у цій галузі державного розмаху. С. Корольов після вимушеної кількарічної перерви зміг повернутися до справи свого життя – ракетної техніки. За С. Корольовим, як головним конструктором ракетної системи загалом, залишилися проблеми загального конструювання й виготовлення корпусів, а також збирання ракет. До того ж, Сергій Павлович створив координаційний орган – Раду головних конструкторів, якою блискуче керував. До складу Ради входило, крім нього, шестеро видатних фахівців: В. Бармін, В. Глушко, В. Кузнецов, М. Пілюгін, М. Рязанський.



С. Корольов 1947 року став головним конструктором головного науково-дослідного інституту, а 1950 року очолив Особливе конструкторське бюро (ОКБ), яке від 1954 року працювало над створенням потужних міжконтинентальних балістичних ракет. Він був змушений досліджувати військову тематику, але кінцеву мету своєї праці бачив у космічних польотах, які вважав мирними стартами в інтересах усього людства.

У серпні 1955 року С. Корольов надіслав урядові свої міркування щодо програми дослідження космічного простору – від запуску найпростішого супутника Землі до здійснення пілотованих польотів. 21 серпня 1957 року до конструкторського бюро Корольова прийшов вагомий успіх: вперше в світі міжконтинентальну балістичну ракету Р-7, розраховану на дальність 8 тис км, було випробувано в польоті. Випуск їх почався в Дніпропетровську на знаменитому заводі “Южмаш”. Саме на її базі були виконані носії перших зразків космічних апаратів.

Далі й до самої смерті, С. Корольов – Головний конструктор. Усі епохальні події з освоєння космосу відбувалися під його керуванням.

4 жовтня 1957 року з космодрому Байконур стартував перший у світі штучний супутник Землі, роботу над яким розпочали у квітні. Упродовж 1957–1958 рр. на доколосезну орбіту було запущено ще два супутники.

Коли 4 жовтня 1957 року було запущено перший супутник, німецький учений Герман Оберт написав С. Корольову листа: “Ви втілили в життя ту мрію, яка жила в нашій свідомості багато років... Людство вдячне вам”. Але лист (чого і слід було тоді очікувати) не дійшов до адресата. Відмовили Обертowi і в проханні зустрітися з творцем першого супутника, який, на думку німецького вченого, був гідний Нобелівської премії.

Проте С. Корольов не заспокоювався на досягнутому. Спектр робіт з космічної техніки останні сім років його життя (1959–1966) був надзвичайно широким. Створювали міжпланетні автоматичні апарати для дослідження Місяця, Венери, Марса. У надкороткий термін розробили й здали в експлуатацію систему космічного телефонного й телевізійного зв’язку на базі супутників “Молния-1”. Було здійснено перші запуски супутників серії

“Космос” для дослідження поверхні Землі й доколосезного простору. За допомогою цих супутників відпрацьовували нові системи управління, радіозв’язку, терморегулювання, потрібні згодом для пілотованих кораблів.

12 квітня 1961 року відбувся перший політ людини в космос. Сергій Павлович не міг розділити з першим космонавтом Юрієм Гагаріним належні йому славу і визнання. До самої смерті С. Корольова світові було невідоме прізвище Головного конструктора радянських ракет і космічних кораблів, як й імена інших конструкторів, його соратників.

Сергій Павлович вмів керувати величезним колективом, який розв’язував найскладніші науково-технічні проблеми сучасності. Він чітко розумів завдання, що стояли перед ним, і вмів дохідливо донести їх до інших, переконати й запалити своїм ентузіазмом, володів залізною волею в реалізації наміченого, виявляв нещадну вимогливість до себе й своєї роботи й водночас – чуйність до інших. Він мав чудову пам’ять, наукову та інженерну інтуїцію, почуття гумору, завжди оцінював роботу за кінцевим результатом. У його діяльності траплялися й невдачі, але він стверджував, що “йде процес пізнання, і на цьому шляху неминучі провали, аналіз яких збагачує досвідом незрівняно більшим, ніж дають суцільні успіхи”. Проте головним його девізом було “берегти людей”.

Велику увагу С. Корольов зосереджував на минулому вітчизняної науки. Він надавав вагому допомогі в створенні в Калузі меморіального музею К. Ціолковського та будівництві нового музейного комплексу, встановленні пам’ятника Ф. Цандерові. З його ініціативи було організовано спеціальну групу, до завдань якої належали збирання та систематизація усіх матеріалів про піонерів вітчизняної ракетної техніки. Сергій Павлович також брав активну участь у розробленні проекту обеліска, присвяченого перемогам в освоєнні космічного простору, який височіє у Москві на преспекті Миру. Він мріяв про створення музею авіації, ракетної техніки та космонавтики.

Сергій Павлович був однаково вимогливий до всіх, шанобливо ставився до фахівців і нетерпимо до поверхових людей, але завжди справедливий і



добрий. У ньому поєднувалися глибокий розум, великі моральні якості та залізна воля. Головною рисою його характеру була цілеспрямована працьовитість. У праці, в постійному творенні він бачив сенс свого життя. У роботі він був просто одержимий, з головою поринав в ідею та й інших вмів за собою захопити так, що люди в творчому горінні забували про дні тижня і час доби.

Про це розповідала й мати Корольова: "Наші предки – українські козаки, і мій син успадкував від них, напевно, вміння, рішучість, волю, ту волю, яка допомогла йому досягнути омріяної мети".

С. Корольов завжди пишався, що він з України, часто бував тут. А в анкетах на запитання щодо рідної мови писав: "Українська". В особистих анкетах у графі "національність" неодмінно писав "українець". У Київському міському архіві зберігається оригінал, а в музеї Київського національного університету "КПІ" копія заяви про бажання вступити до цього навчального закладу. В архіві також є анкета переобліку студентів КПІ від 27 жовтня 1925 року з фотокарткою Сергія Корольова. У графі про національність зазначено "українець" (міський архів, справа № 879, студентський квиток КПІ № 1064).

Пішов з життя Сергій Корольов у розквіті творчих сил, переповнений новими задумами, які учений не встиг здійснити – 14 січня 1966 року його не стало.

Помер Сергій Корольов на операційному столі. У нього відкрилася кишкова кровотеча, і після обстеження та діагностування було призначено операцію через ендоскоп. Оперувати Корольова запросили академіка Петровського, який міг би зробити цю операцію за 15 хвилин. Діагноз виявився помилковим. З'ясувалося, що у Корольова – велика пухлина, яку не виявили вчасно. Її видалили, але через сильну кровотечу перейшли на операцію, що вимагала наркозу. В реанімації серце зупинилося. Втомлене серце великого вченого не витримало такого навантаження...

Поховали С. Корольова на Красній площі у Москві. Урну з його прахом вмонтовано до Кремлівської стіни.

За життя Сергій Павлович Корольова нагородили багатьма почесними званнями і урядовими нагородами. Не забули його й після смерті.

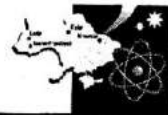


*Пам'ятна таблиця на корпусі
Національного університету "КПІ" у Києві*

Нині в Житомирі, Москві та інших містах зведені пам'ятники вченому, створені меморіальні будинки-музеї в Житомирі, Москві та на Байконурі, його іменем названі Куйбишевський авіаційний інститут, вулиці багатьох міст, два науководслідницькі судна, високогірний пік на Памірі, перевал на Тянь-Шані, астероїд, таласоїд на Місяці. Перейменовано місто Калінінград Московської області на Корольов...

В СРСР 1963 року побував сер Бернард Лоуелл, видатний британський вчений, якого шанували, оскільки його обсерваторія давала змогу стежити за радянськими космічними об'єктами і навіть відшукувати деякі з них. Він просив представити його керівникові космічної програми. Однак його познайомили з В. Келдишем, але не з С. Корольовим. А коли він у книжці переліку всіх академіків знайшов прізвище С. Корольова, йому відповіли, що це лише псевдонім, а взагалі Головного конструктора космічних кораблів просто нема.

Можливо, йому дали б Нобелівську премію, але СРСР не повідомив Нобелівському комітетові прізвища Головного конструктора. Радянський Союз ретельно приховував імена своїх героїв, своїх учених рабів. Хрущов у одній із промов, не називаючи С. Корольова на ім'я, зазначив, що захищає секретних учених від ворогів, які хочуть їх викрасти, а може, і вбити.



Щоразу підписуючи статтю про радянську космонавтику для газети "Правда" обраним владою псевдонімом (К. Сергеев), він зупинявся і казав: "Наступного разу тут з'явиться моє справжнє ім'я". Воно з'явилося. Але він цього вже не побачив, це був некролог...

12 січня 2007 року Національний банк України випустив ювілейну монету з нагоди 100-річчя від дня народження видатного вченого і конструктора Сергія Корольова, під керуванням якого було створено балістичні та геофізичні ракети, космічні кораблі, супутникові серії, перша автоматична міжпланетна станція "Зонд".

На аверсі монети угорі розміщено малий Державний Герб України, під яким напис – НАЦІОНАЛЬНИЙ БАНК УКРАЇНИ, стилізоване зображення ракети перед запуском. Унизу – написи: 2 ГРИВНІ/ 2007 та логотип Монетного двору Національного банку України.

На реверсі монети зображено портрет Сергія Корольова та стилізовані зірки, розміщено: праворуч у два рядки роки життя – 1907–1966, ліворуч – факсиміле та унизу півколом напис – СЕРГІЙ КОРОЛЬОВ.



Ювілейна монета з нагоди 100-річчя від дня народження Сергія Корольова

ГІТАРИСТ ГРУПИ КВІН СТАВ ДОКТОРОМ АСТРОФІЗИКИ

Гітарист групи Квін Брайян Мей одержав учений ступінь з астрофізики, повідомляє *Times*.

Мей почав писати дисертацію 36 років тому. Тема його наукової роботи стосувалася міжпланетних пилових хмар. Те, що гітарист закинув дисертацію 1974 року, зрозуміло: саме тоді група Квін здобула широку популярність.

Музикант знов зацікавився науковою роботою 2006 року. Мей тоді разом з ученим Патріком Муром працював над науково-популярною книжкою про походження світу. Під час цієї праці музикант виявив, що за ті три десятиріччя тема, яку він обрав для своєї дисертації, не була розкрита.

Мей знайшов свої старі записи і витратив ще дев'ять місяців на додаткові дослідження. Докторський ступінь музикантові присвоїв університет британського міста Ексетер у липні 2007 року.

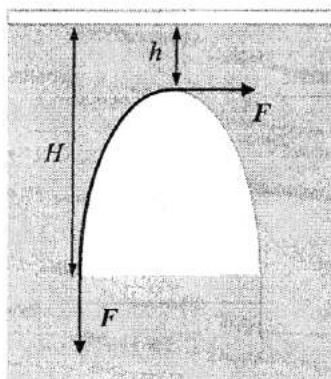
РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ XLIV ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Рівне, 2007)

10-й клас

Задача 1.

Тиск у приміщенні дорівнює тискові води на глибині H , тобто

$$P = P_A + \rho gH \approx 135 \text{ кПа}.$$



Оскільки сили тиску діють перпендикулярно до поверхні плівки, сила натягу плівки всюди однакова і дорівнює F . Розглянемо половину плівки (див. рис.). На неї діють дві сили натягу, сила повітряного тиску зсередини приміщення і сила гідростатичного тиску ззовні. Враховуючи те, що з глибиною сила тиску змінюється лінійно, запишімо проекцію умови рівноваги плівки на горизонтальний напрямок:

$$\begin{aligned} & \left(P_A + \rho g \frac{H+h}{2} \right) (H-h)l + F = \\ & = (P_A + \rho gH)(H-h)l \end{aligned}$$

Звідси знайдімо

$$F = \frac{1}{2} \rho gl(H-h)^2 \approx 500 \text{ кН},$$

або для коефіцієнта поверхневого натягу плівки

$$\sigma = \frac{F}{l} = \frac{1}{2} \rho g \Delta H^2 \approx 31 \text{ кН/м}.$$

Замість проекції умови рівноваги плівки на вертикальний напрямок зручніше скористатися тим, що дві сили натягу $2F$ утримують великий об'єм повітря, на який діє сила Архімеда ρgV (масою повітря знехтуймо, і внаслідок значної довжини $l = 16 \text{ м}$ приміщення знехтуймо особливостями на торцях). Отже, об'єм повітря всередині приміщення буде:

$$V = \frac{2F}{\rho g} = \Delta H^2 l \approx 100 \text{ м}^3.$$

Звичайно, ці ж самі результати можна одержати за допомогою інтегрування.

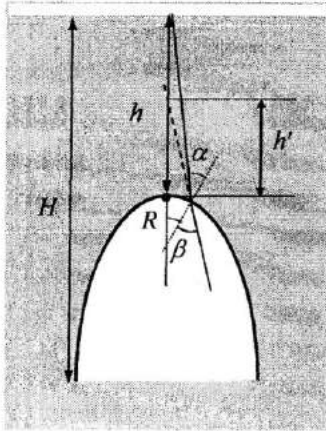
За умовою задачі треба знайти об'єм повітря V_0 , що нагнітався з поверхні води. Об'єм V , який ми знайшли, перебуває під тиском

$$P = P_A + \rho gH \approx 135 \text{ кПа}.$$

Вважаймо, що температури повітря на поверхні води і всередині приміщення однакові або мало відрізняються. Тоді

$$V_0 = \frac{PV}{P_A} \approx 135 \text{ м}^3.$$

Унаслідок симетрії задачі, зрозуміло, що розміри зображення кільця будуть максимально відрізнятися у взаємоперпендикулярних напрямках, один з яких проходить уздовж приміщення. Знайдімо спочатку радіус кривини плівки в перпендикулярній до цього напрямку площині для найвищої точки склепіння.



Найпростіше це зробити, застосувавши формулу Лапласа для різниці тисків з двох боків викривленої поверхні. У нашому випадку маємо

$$P - (P_A + \rho gh) = \sigma \frac{1}{R}$$

(другий радіус кривини дорівнює нескінченності), звідси знайдемо

$$R = \frac{\sigma}{\rho g \Delta H} = \frac{\Delta H}{2}.$$

Розгляньмо хід променів від точки на поверхні води крізь плівку в око спостерігачеві. Одержимо, що зображення наблизиться до найвищої точки склепіння на відстань

$$h' = \frac{h}{n + (n-1)h/R}.$$

У перпендикулярному напрямку ($R \rightarrow \infty$) ця відстань буде більша

$$h'' = \frac{h}{n}.$$

Зіставмо відстані з кутовими розмірами і знайдемо відповідь на запитання задачі.

Задача 2.

Спочатку встановімо наслідки пружного удару гантелі об виступ. Нехай перед ударом центр мас гантелі має швидкість V_0 . У результаті центр мас

матиме швидкість V_1 , а гантель – кутову швидкість ω (рис. 1). За теоремами про зміну імпульса та про зміну момента імпульса маємо систему двох рівнянь:

$$m(V_0 - V_1) = N \tau,$$

$$I_C \omega = \tau N \frac{L}{2} \cos \alpha.$$

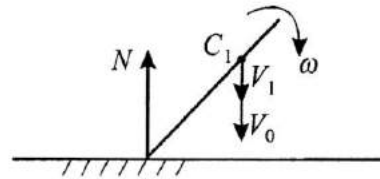


Рис. 1.

Враховуючи, що момент інерції гантелі буде:

$$I_C = \frac{mL^2}{8},$$

з цієї системи знаходимо

$$\omega = \frac{4}{L}(V_0 - V_1) \cos \alpha. \quad (1)$$

Запишемо закон збереження механічної енергії, враховуючи, що удар абсолютно пружний:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{I_C \omega^2}{2},$$

Звідси, з урахуванням (1), випливає

$$V_0^2 - V_1^2 = \frac{I_C \omega^2}{m} = 2(V_0 + V_1)^2 \cos^2 \alpha. \quad (2)$$

Із (2) знайдемо V_1 :

$$V_1 = \frac{1 - 2 \cos^2 \alpha}{1 + 2 \cos^2 \alpha} V_0. \quad (3)$$

За умови, що $\alpha = \frac{\pi}{4}$, випливає, $V_1 = 0$.

Тоді за формулою (1)

$$\omega = \frac{4}{L} V_0 \cos \alpha = \frac{2\sqrt{2} V_0}{L}. \quad (4)$$

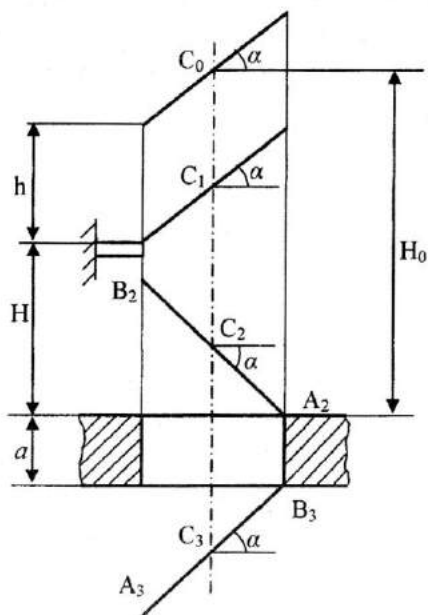


Рис. 2.

Оскільки час падіння після удару (рис. 2) буде

$$t_{12} = \sqrt{\frac{2H}{g}},$$

і за цей час гантель повернеться на кут $5\pi/2$, то

$$\omega = \frac{5\pi}{2t_{12}} = \frac{5\pi}{2} \sqrt{\frac{g}{2H}}. \quad (5)$$

Тоді за формулою (4) маємо:

$$V_0 = \frac{\omega L}{2\sqrt{2}} = \frac{5\pi L}{8} \sqrt{\frac{g}{H}},$$

$$h = \frac{V_0^2}{2g} = \left(\frac{\pi}{8}\right)^2 H.$$

Отже,

$$H_0 = H + h + \frac{L}{2} \sin \alpha = \left[1,1 + \left(\frac{\pi}{8}\right)^2\right] H \approx 1,25H \quad (6)$$

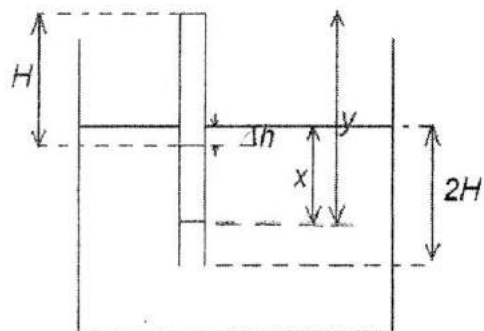
За максимального α гантель додатково повернеться на кут $\pi/2$. Тому час її падіння до виходу зі щілини буде

$$t_{13} = \frac{3\pi}{\omega} = \frac{6}{5} \sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

Отже, максимальне значення товщини стінки

$$a = \frac{gt_{13}^2}{2} - H - L \sin \alpha = \frac{6}{25} H = 0,24H$$

Задача 3.



1. $T_1 = 273$ К. Тиск у верхній частині труби визначається тільки тиском повітря і дорівнює:

$$P_1 = P_{\text{атм}} + \rho g \Delta h. \quad (1)$$

2. $T_2 = 373$ К. Тиск у верхній частині трубки дорівнює сумі тисків повітря і насиченої пари (закон Дальтона):

$$P_2 = P_{\text{повітря}} + P_{\text{нас. пари}} = P_{\text{атм}} + \rho g x, \quad (2)$$

де x – положення рівня води в трубці при T_2 відносно вільної поверхні води.

Оскільки $P_{\text{нас. пари}} = P_{\text{атм}}$ при 373 К, то з (2)

$$P_{\text{повітря}} = \rho g x. \quad (3)$$

3. Із рівняння стану газу $\frac{PV}{T} = \text{const}$ маємо:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{(P_{\text{атм}} + \rho g \Delta h)}{T_1} HS = \frac{\rho g x}{T_2} S y, \quad (4)$$

де y – довжина стовпчика повітря і пари при T_2

$$y = x + H - \Delta h. \quad (5)$$

Візьмімо $P_{\text{атм}} = 10^5$ Па, а $g = 10$ м/с².
Із (4) одержимо:

$$\frac{373 (10^5 + 0,3 \cdot 10^4)}{273 \cdot 10^4} = x(x + 0,7) \Rightarrow \Rightarrow 13,7 = x^2 + 0,7x \quad (6)$$

Розв'язуючи рівняння

$$x^2 + 0,7x - 13,7 = 0,$$

маємо

$$x_{1,2} = \frac{-0,7 \pm \sqrt{0,49 + 54,8}}{2} = \frac{-0,7 \pm 7,4}{2} = \frac{6,7}{2} = 3,35 \text{ м} \quad (7)$$

4. Очевидно, що значення (3,35 м > 3H) – більше, ніж повна довжина трубки 2,7 м, а, отже, повітря, досягнувши краю трубки, повністю витіснить з неї воду і вийде назовні у вигляді бульбашок.

Тобто при T_2 рівень води буде на глибині $2H$ (там, де і кінець трубки).

5. Із наступним охолодженням до T_1 рівень води в трубці не має повернутись до значення Δh , адже певна маса повітря вийшла, а тиск насиченої пари знову став малий.

Ще раз скористайтесь рівнянням стану для таких умов:

$$T_2; P_2' = \rho g 2H; V_2' = (3H - \Delta h)S, \quad (8)$$

$$T_1; P_1' = P_{\text{атм}} + \rho g z; V_1' = (H - \Delta h + z)S. \quad (9)$$

$$\frac{\rho g \cdot 2H(3H - \Delta h)S}{T_2} = \frac{(P_{\text{атм}} + \rho g z)(H - \Delta h + z)S}{T_1}. \quad (10)$$

Підставивши числові значення, одержимо:

$$2 \cdot 10^4 \cdot 2,7 \cdot 0,73 = 10^4 (10 + z)(0,7 + z) \\ z^2 + 10,7z + 3,1 = 0$$

$$z_{1,2} = \frac{-10,7 \pm \sqrt{114,5 - 12,4}}{2} = \frac{-10,7 \pm 10,1}{2} \quad (11) \\ z_1 = -10,4 \quad z_2 = -0,3.$$

Оскільки $|z| \leq 3H$, то перший корінь не підходить. Оскільки другий корінь від'ємний, то рівень води при охолодженні буде вищий від вільної поверхні води на 30 см і на 60 см вищий від початкового рівня.

Отже,

1. При T_2 рівень води становитиме $2H = 2$ м,
2. Підніметься на 60 см.

Задача 4.

1. Сила струму I , який проходить через лампу, й напруга U на ній, пов'язані залежністю, що зображена на рисунку.

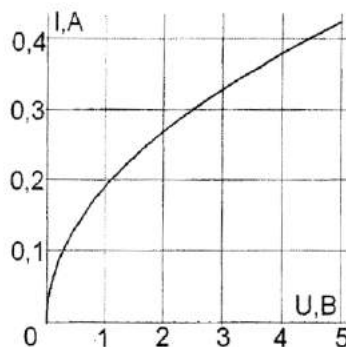


Рис. 1.

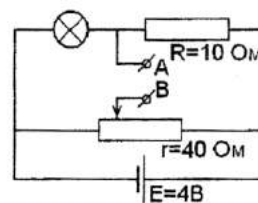


Рис. 2.

При вмиканні лампи в електричне коло, сила струму I і напруга U зв'язані співвідношенням, яке записано на підставі правила Кірхгофа:

$$U + I \cdot R = \varepsilon.$$

Зрозуміло, якщо побудувати цю графічну залежність (рис. 3), то точка перетину його з вольт-амперною характеристикою лампи визначить зна-

чення U і I . Виконавши таку дію (див. рис. 3), знайдемо:

$$U = 1,6 \text{ В}, \quad I = 0,24 \text{ А}.$$

2. Щоб напруга U_{AB} між точками А і В дорівнювала нулеві, треба так встановити повзунок потенціометра, щоб виконувалася рівність

$$U_{CB} = U_{RI} = U_{CA} = 1,6 \text{ В}.$$

Отже, відношення опорів r_1 і r_2 "плечей" потенціометра ($r_1 + r_2 = r$) має задовольняти умові:

$$\begin{aligned} \Delta t &= t_1 - t_2 = \\ &= \frac{L}{c} \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{E_1}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{E_2}\right)^2}} \right] \end{aligned}$$

або
$$\frac{r_1}{U_0 - r_1} = \frac{1,6}{2,4},$$

звідси $r_1 = 16 \text{ Ом}$, $r_2 = 24 \text{ Ом}$.

3. Щоб з малою зміною ЕРС батареї ε напруга U_{AB} майже не змінювалася, треба так дібрати плечі потенціометра, щоб напруга на лівому плечі (r_x) була такою самою, як зміна напруги на лампі.

Зі зміною ЕРС на малу величину, $\Delta\varepsilon$ напруга U_{CA} на лампі змінюється поблизу "робочої точки" (1,6 В) на малу величину

$$\Delta U_{CA} = \Delta\varepsilon - \Delta I \cdot R,$$

де ΔI – зміна сили струму в лампі за малої зміни ΔU_{CA} . З'ясуємо, як залежить ΔI від ΔU_{CA} . Від-

ношення $\frac{\Delta I}{\Delta U_{CA}}$ поблизу робочої точки дорівнює

кутовому коефіцієнтові дотичної до графіка функції $I(U_{CA})$ у робочій точці:

$$\frac{\Delta I}{\Delta U_{CA}} = k.$$

Побудувавши дотичну, знайдемо $k \approx 0,08$ (рис. 3), відтак

$$\Delta I = \Delta U_{CA} \cdot k \approx 0,08 \Delta U_{CA}.$$

Отже,

$$\Delta U_{CA} = \Delta\varepsilon - \Delta U_{CA} \cdot k \cdot R,$$

звідси,

$$\Delta U_{CA} = \frac{\Delta\varepsilon}{1 + k \cdot R}.$$

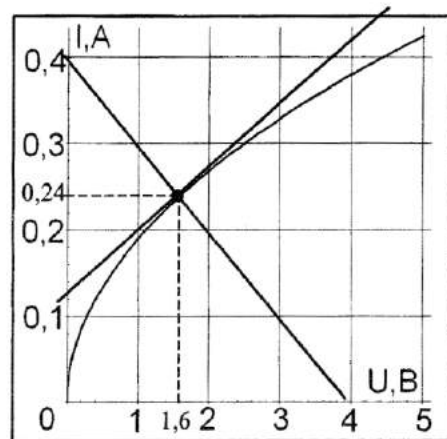


Рис. 3.

Напруга U_{CB} на лівому плечі потенціометра з опором r_x дорівнює

$$U_{CB} = \frac{r_x}{r} \cdot \varepsilon.$$

Зі зміною ЕРС на мале значення $\Delta\varepsilon$ напруга U_{CB} змінюється на значення

$$\Delta U_{CB} = \frac{r_x}{r} \cdot \Delta\varepsilon.$$

Прирівнявши ΔU_{CA} і ΔU_{CB} , дістанемо:

$$r_x = \frac{r}{1 + k \cdot R}.$$

Підставивши числові значення, знайдемо

$$r_x \approx 22 \text{ Ом},$$

$$r - r_x \approx 18 \text{ Ом}.$$

При цьому $U_{AB} \approx 0,6 \text{ В}$, зі зміною ЕРС ε у межах $\pm 1 \text{ В}$ значення U_{AB} змінюється менше ніж на $0,03 \text{ В}$.

Задача 5.

Під час руху по параболічній траєкторії повна механічна енергія космічного корабля буде:

$$\frac{mv^2}{2} - G \frac{Mm}{r} = 0$$

Тому швидкість корабля безпосередньо перед гальмуванням (у вершині параболи):

$$v_{II} = \sqrt{2G \frac{M_M}{R_M}} = \sqrt{2g_M R_M}.$$

Після переходу на колову орбіту швидкість корабля визначають з умови

$$a_{доц} = \frac{v_k^2}{R_M} = g_M,$$

тому

$$v_k = \sqrt{g_M R_M}.$$

Отже, швидкість при короткочасному гальмуванні має зменшитись у $\sqrt{2}$ разів або на

$$\begin{aligned} \Delta v &= v_n - v_k = \sqrt{g_M R_M} (\sqrt{2} - 1) = \\ &= \sqrt{1,7 \cdot 1,74 \cdot 10^6} (1,41 - 1) \text{ м/с} \approx \\ &\approx 7 \cdot 10^2 \text{ м/с} = 0,7 \text{ км/с} \end{aligned}$$

Радіус кривини траєкторії за час гальмування зменшиться у стільки ж разів, у скільки зменшиться квадрат швидкості, бо нормальне (доцентрове) пришвидшення до і після гальмування визначається силою гравітаційного притягання до Місяця і дорівнює

$$a_{доц} = g_M = \frac{F_{град}}{m}.$$

Оскільки після гальмування радіус траєкторії дорівнюватиме R_{II} , то радіус кривини параболи в її вершині безпосередньо перед гальмуванням дорівнюватиме $R_{II} = 2R_M$. Радіус кривини траєкторії зменшиться на

$$\Delta R = R_{II} - R_M = R_M = 1740 \text{ км.}$$

Отже, швидкість корабля зменшиться на

$$\Delta v = \sqrt{g_M R_M} (\sqrt{2} - 1) = 0,7 \text{ км/с,}$$

радіус кривини траєкторії зменшиться на

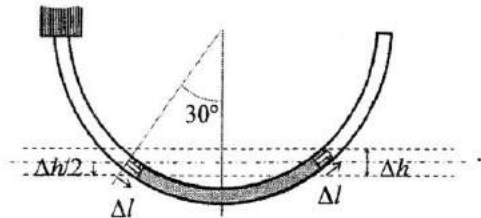
$$\Delta R = R_M = 1740 \text{ км.}$$

11-й клас

Задача 1.

За означенням, питома теплоємність c – це кількість теплоти, яку слід передати одиниці маси речовини, щоб нагріти її на один градус. Із урахуванням першого закону термодинаміки і того, що процес відбуватиметься як зі зміною тиску та об'єму, а повітря переважно складається з двоатомних газів азоту і кисню, одержимо:

$$c = \frac{1}{\mu} \frac{dU + dA}{dT} = \frac{1}{\mu} \left(\frac{5}{2} R + \frac{PdV}{dT} \right). \quad (1)$$



Припустимо, що при передаванні деякої кількості теплоти газ розширюється, і стовпчик води зміщується на деяку довжину Δl .

Отже, об'єм збільшується на $\Delta V = S \Delta l$, а тиск – на $\rho g \Delta h$. Як видно з рисунка,

$$\Delta h = 2 \Delta l \sin 30^\circ = \Delta l.$$

Тоді
$$\Delta P = \rho g \Delta l.$$

Знайдімо зміну температури газу dT у формулі (1), продиференціювавши рівняння Менделєєва-Клапейрона, для одного моля:

$$PV = RT,$$

$$PdV + VdP = RdT,$$

$$dT = \frac{PdV + VdP}{R}, \quad (2)$$

де враховано, що за умовою задачі зміни можна вважати малими.

Підставивши (2) в рівняння (1), одержимо:

$$c = \frac{1}{\mu} \left(\frac{5}{2} R + \frac{PdV}{PdV + VdP} R \right) = \frac{R}{\mu} \left(\frac{5}{2} + \frac{1}{1 + \frac{VdP}{PdV}} \right) =$$

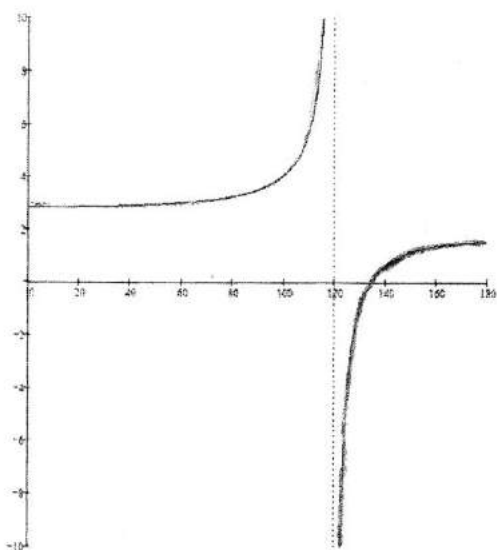
$$= \frac{R}{\mu} \left(\frac{5}{2} + \frac{1}{1 + \frac{\rho g V \Delta l}{PS \Delta l}} \right) = \frac{17 R}{6 \mu}$$

$$c \approx 810 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Якщо тепер нахилити пляшку з трубкою на деякий кут α і знову розглянути невелике зміщення стовпчика води на Δl внаслідок передачі деякої кількості теплоти, єдиною відмінністю буде поява $\cos \alpha$ у виразі гідростатичного тиску. Тому з урахуванням умов задачі остаточний вираз для питомої теплоємності залежно від кута нахилу набуває вигляду

$$c = \frac{R}{\mu} \left(\frac{5}{2} + \frac{1}{1 + \frac{\rho g V}{PS} \cos \alpha} \right) =$$

$$= \frac{R}{\mu} \left(\frac{5}{2} + \frac{1}{1 + 2 \cos \alpha} \right)$$



Ця функція має розрив при $\alpha = 120^\circ$. Обернення теплоємності $c = \frac{\Delta Q}{m \Delta T}$ у нескінченність означає, що передача теплоти не призводить до зміни температури, тобто процес ізотермічний.

Якщо $\alpha = 90^\circ$, теплоємність повітря буде:

$$c = \frac{7 R}{2 \mu}$$

Це значення теплоємності при сталому тиску, що зрозуміло, оскільки площина півкільця трубки горизонтальна і гідростатичний ніяк себе не виявляє. На графіку вздовж осі ординат відкладено значення питомої теплоємності c в одиницях R/μ , уздовж осі абсцис – значення кута α в градусах. Незвично виглядає відрізок від'ємних значень c , що починається з кута $180^\circ - \arccos 0,7 \approx 134,4^\circ$, який відповідає нульовій теплоємності та адіабатному процесу.

Отже, різні кути нахилу такої простої конструкції, як пляшка з водяним затвором, демонструють різні відомі ізопроееси.

Зазначмо також, що не всі положення пляшки з водяним затвором відповідають станові стійкої рівноваги. Аналіз теплоємності нерівноважних процесів виходить за межі цієї задачі.

Задача 2.

Потенціал у плазмі змінюється з відстанню z від металевої пластини за законом

$$\varphi = \varphi_0 \exp \left[-\frac{z}{r_D} \right] \quad \text{при } z > 0,$$

$$\varphi = \varphi_0 \exp \left[\frac{z}{r_D} \right] \quad \text{при } z < 0,$$

де r_D – відстань, на якій відбувається екранування пробного заряду в плазмі (радіус Дебая).

Густина струму, що протікає у напрямку до електроду,

$$j = en_0(u_i + u_e), \quad (1)$$

де e – величина елементарного електричного заряду, u_i , u_e – середні швидкості спрямованого руху йонів та електронів, відповідно. До того ж,

оскільки $e\varphi \ll kT$, то навіть поблизу електрода маємо $n_i \approx n_e \approx n_0$.

Внаслідок того, що λ_i та λ_e – малі величини порівняно з характерними відстанями зміни потенціалу на довжині вільного пробігу, електричне поле можна вважати практично однорідним. Тому, розв'язуючи рівняння руху зарядженої частинки в однорідному електричному полі

$$m_e \frac{du}{dt} = eE, \quad (2)$$

одержуємо швидкість, що досягається за час між двома послідовними зіткненнями

$$u_{e\max} = \frac{eE}{m_e} \tau_e,$$

а середня швидкість

$$u_e = \frac{eE}{2m_e} \tau_e. \quad (3)$$

Аналогічне співвідношення можна одержати і для йонів. Величини τ_e та τ_i – середні часи між зіткненнями відповідно для електронів та йонів, які можуть бути визначені через довжину вільного пробігу та середню теплову швидкість. Оскільки $e\varphi \ll kT$, теплова швидкість значно перевищує дрейфову, і тому τ_e та τ_i визначаються лише тепловою швидкістю:

$$\tau_e = \frac{\lambda_e}{\bar{v}_e}, \quad \tau_i = \frac{\lambda_i}{\bar{v}_i}, \quad (4)$$

де \bar{v}_e та \bar{v}_i – середні швидкості теплового руху електронів та йонів

$$\bar{v}_e = \sqrt{\frac{3kT}{m_e}}, \quad \bar{v}_i = \sqrt{\frac{3kT}{m_i}}. \quad (5)$$

Із урахуванням (4–5) вирази для середніх значень спрямованих швидкостей матимуть вигляд:

$$u_e = \frac{eE\lambda_e}{\sqrt{3m_e kT}}, \quad u_i = \frac{eE\lambda_i}{\sqrt{3m_i kT}}. \quad (6)$$

Напруженість електричного поля, що діє на частинку, дорівнюватиме

$$E = -\frac{d\varphi}{dz} = \frac{\varphi_0}{r_D} \exp\left[-\frac{z}{r_D}\right]. \quad (7)$$

Для частинок, які потрапляють на електрод,

$$z \sim \lambda \ll r_D,$$

одержимо:

$$E \approx \frac{\varphi_0}{r_D}. \quad (8)$$

Отже, з урахуванням (6–8) одержимо вираз для густини струму:

$$j = en_0(u_i + u_e) = \frac{n_0 e^2 \varphi_0}{2r_D \sqrt{3kT}} \left(\frac{\lambda_e}{\sqrt{m_e}} + \frac{\lambda_i}{\sqrt{m_i}} \right) = \varphi_0 \sqrt{\frac{n_0^3}{6\epsilon_0}} \frac{e^2}{kT} \left(\frac{\lambda_e}{\sqrt{m_e}} + \frac{\lambda_i}{\sqrt{m_i}} \right) \quad (9)$$

Задача 3.

Розв'язуючи задачу, скористаймося співвідношенням СТВ для частинки, яка вільно рухається:

$$E = \gamma mc^2, \quad p = mv,$$

де

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

E – енергія, p – імпульс, v – швидкість, m – маса частинки, c – швидкість світла у вакуумі.

За нульової маси нейтрино ці частинки віддаляються від наднової зорі зі швидкістю світла.

Якщо ж маса нейтрино відмінна від нуля, то швидкість цих частинок менша, якщо менша їхня енергія. Зі збільшенням відстані від наднової, завдяки такій різноманітності швидкостей, збільшиться розкид часових моментів приходу частинок, випущених одночасно.

Вважаючи, що маса нейтрино відмінна від нуля, знайдемо розкид часових моментів приходу частинок із заданими енергіями. В загальному модуль швидкості частинок з масою m та енергією E визначається так:

$$v = \frac{c^2 p}{E} = c \sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{E}\right)^2}.$$

Тому, що модуль імпульса

$$p = \frac{\sqrt{E^2 - m^2 c^4}}{c}.$$

Знайдімо час прольоту нейтрино відстані L

$$t = \frac{L}{v} = \frac{L}{c \sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{E}\right)^2}}.$$

Тоді шуканий проміжок часу Δt між моментами прийому t_1 і t_2 одночасно випущених нейтрино

$$\begin{aligned} \Delta t = t_1 - t_2 = \\ = \frac{L}{c} \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{E_1}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{E_2}\right)^2}} \right]. \end{aligned}$$

Одержимо для нього наближений вираз за формулою $(1 + \varepsilon)^n \approx 1 + n\varepsilon$, яка справедлива для малих ε .

У цьому випадку малим параметром є

$$\varepsilon = -\left(\frac{mc^2}{E}\right)^2,$$

а показник ступеня $n = -1/2$.

Тому

$$t \approx \frac{L}{c} \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{mc^2}{E}\right)^2 \right).$$

Другий доданок у дужках описує розкид часу через розкид енергії. Через розкид енергії частинок

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{Lm^2}{2c} \left(\frac{c^4}{E_1^2} - \frac{c^4}{E_2^2} \right).$$

Отже, якщо маса нейтрино дорівнює нулеві, то ніякої затримки між моментами прийому одночасно випущених нейтрино з різними енергіями не буде.

Якщо ж нейтрино має ненульову масу, то для відстані L , яку задано часом поширення світла в роках при

$$m \approx \frac{10 \text{ eV}}{c^2}$$

маємо

$$\Delta t \approx 2,5 \text{ с}.$$

Із виразу для Δt легко знайти масу в енергетичному еквіваленті:

$$mc^2 = \frac{E_1 E_2}{\sqrt{E_2^2 - E_1^2}} \sqrt{\frac{2 \cdot c \Delta t}{L}}.$$

Задача 4.

Кожна зоря у подвійній системі дає у фокальній площині об'єктива свою дифракційну картину, причому нульові максимуми цих картинок перебувають на відстані ρ одна від одної (мають кутову відстань ρ).

(1) \rightarrow (1') \rightarrow (1'') – хід променів від тієї компоненти подвійної зорі, на яку напрямлена головна оптична вісь об'єктива для яких максимум k -го порядку має вздовж осі OX координату $x_k^{\uparrow(1)}$ (координата т. F : $x = 0$).

Із умови максимуму інтерференції:

$$\Delta = d \sin \varphi = 2k_1 \frac{\lambda}{2} \quad (k \in Z); \quad x_k^{\uparrow(1)} = F \operatorname{tg} \varphi.$$

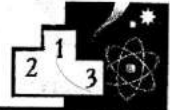
$$x_k^{\uparrow(1)} \approx F \varphi \approx F \sin \varphi = F \frac{k\lambda}{d} \quad (n = 1).$$

Отже,

$$x_k^{\uparrow(1)} \approx F \frac{k_1 \lambda}{d}. \quad (1)$$

(2) \rightarrow (2') \rightarrow (2'') – хід променів від другої компоненти. Для мінімумів інтерференції від цієї компоненти маємо:

$$x_k^{\downarrow(2)} \approx F \cdot \left(\rho + \frac{2k_2 \pm 1}{2} \cdot \frac{\lambda}{d} \right). \quad (2)$$



Із умови мінімумів при падінні променів фронту Фраунгофера під кутом ρ до нормалі до ґратки:

$$d(\sin \varphi - \sin \rho) = \frac{2k_2 \pm 1}{2} \cdot \lambda, \quad (k_2 \in \mathbb{Z}),$$

φ – кут, під яким спостерігаємо мінімум k_2 -го порядку. Оскільки φ та ρ малі, то

$$d(\varphi - \rho) \approx \frac{2k_2 \pm 1}{2} \cdot \lambda.$$

Тоді

$$\sin \varphi \approx \varphi \approx \frac{2k_2 \pm 1}{2d} \cdot \lambda + \rho. \quad (3)$$

Умова розділення компонент (Критерій Релея):

$$x_k^{(2)} = x_k^{(1)}. \quad (4)$$

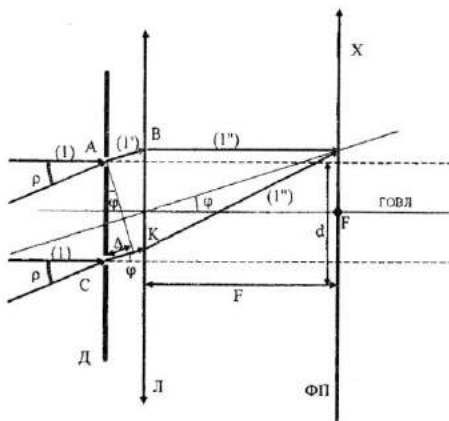


Рис. 1. Оптична схема інтерференції в телескопі

Із формул (1–4):

$$F \cdot \left(\rho + \frac{2k_2 \pm 1}{2} \cdot \frac{\lambda}{d} \right) = F \cdot \frac{k_1 \cdot \lambda}{d} \Rightarrow \rho = \frac{\lambda}{2d} |2k_1 - 2k_2 \pm 1| \quad (5)$$

Перший збіг дає:

$$\rho \approx \frac{\lambda}{2d}. \quad (6)$$

Із формули (3) та умови задачі маємо:

$$\rho = \frac{5,55 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 1,25} \approx 2,22 \cdot 10^{-7} \text{ рад} \approx 0,046''.$$

Знайдімо радіус просторової когерентності $r_{\text{пк}}$ для зір подвійної системи на відстані L від системи. З теорії маємо:

$$r_{\text{пк}} \approx \frac{\lambda}{\psi}, \quad (7)$$

де ψ – кутовий поперечник зорі при її спостереженнях із Землі (кут, під яким видно зорю із Землі).

Зрозуміло, що

$$\psi < \frac{\rho}{2},$$

тому маємо таку оцінку $r_{\text{пк}}$:

$$r_{\text{пк}} \approx \frac{2\lambda}{\rho}. \quad (8)$$

Із формули (8) одержимо:

$$r_{\text{пк}} \approx \frac{2 \cdot 5,55 \cdot 10^{-7}}{\pi \cdot 0,05} \approx 5,7 \text{ м} < d.$$

Отже, наше припущення, що промені (1) та (2) когерентні, правильне.

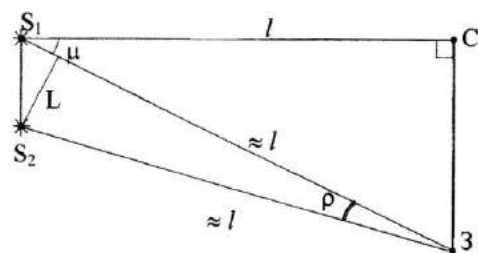


Рис. 2. До визначення відстані до зір та відстані між компонентами подвійної системи: C – Сонце, З – Земля, S_1, S_2 – зорі

Знайдімо відстань від Землі до подвійної зорі:

$$r[\text{парсек}] = \frac{1}{\mu} ['']. \quad (9)$$

Із формул (6) та (9) знайдемо відстань між компонентами зоряної пари:

$$L = \frac{\lambda R}{2d\mu}. \quad (10)$$

Із (10) та умови задачі маємо:

$$L \approx 8,6 \cdot 10^7 \text{ км}.$$

(враховано, що

$$1 \text{ парсек} = 206265 \text{ а. о.} = 3,1 \cdot 10^{13} \text{ км}).$$

Отже,

$$\rho \approx 0,046'', L \approx 8,6 \cdot 10^7 \text{ км}.$$

1. Доведемо, що φ мале (рис. 1). Із рис. 1

$$\text{СД} = d \sin \varphi = k\lambda \leq k_{\max} \lambda. \quad (11)$$

Але k_{\max} можна знайти, використовуючи той факт, що коли різниця ходу променів досягає значень порядку довжини когерентності $l_{\text{ког}}$, смуги стають нерозрізнюваними.

Отже,

$$k_{\max} \lambda \approx l_{\text{ког}} \approx \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda},$$

звідси

$$k_{\max} \approx \frac{\lambda}{\Delta\lambda}. \quad (12)$$

Враховуючи (11) та (12), маємо

$$k_{\max} \approx \frac{5,6 \cdot 10^{-7}}{5 \cdot 10^{-9}} \approx 100$$

$$\text{СД} \approx \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda} \quad (13)$$

(в астрофізиці $\Delta\lambda \approx 5 \cdot 10^{-9} \text{ м}$).

Тому $\sin \varphi$ мале і $\sin \varphi \approx \varphi$.

2. Із умови задачі та формули (13)

$$\text{СД} \approx k_{\max} \lambda \approx 100 \cdot 5,55 \cdot 10^{-7} \approx 5,6 \cdot 10^{-5} \text{ м},$$

що значно менше ніж відстань між діафрагмою та об'єктивом (СЛ $\sim 10 \text{ см}$).

Задача 5.

Відомо, що період малих коливань математичного маятника

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (1)$$

а період малих коливань фізичного маятника

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}}, \quad (2)$$

де J – момент інерції кульки щодо осі обертання, m – маса кульки, l – відстань від центра кульки до точки підвісу.

За теоремою Штайнера

$$J = J_0 + ml^2, \quad (3)$$

де

$$J_0 = \frac{2}{5} mR^2. \quad (4)$$

Підставивши (3–4) у (2), одержимо:

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g} \left[1 + \frac{2}{5} \left(\frac{R}{l} \right)^2 \right]}, \quad (5)$$

Звідси,

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{1 + \frac{2}{5} \left(\frac{R}{l} \right)^2}. \quad (6)$$

Похибку δ , яку ми маємо, припустивши, що підвішена на нитці кулька є математичним маятником, можна визначити так:

$$\delta = \frac{T_2}{T_1} - 1 = \sqrt{1 + \frac{2}{5} \left(\frac{R}{l} \right)^2} - 1, \quad (7)$$

Звідси,

$$\frac{R}{l} = \sqrt{\frac{5}{2} [(1 + \delta)^2 - 1]} \approx \sqrt{5\delta}. \quad (8)$$

За умовою $\delta \leq 0,005$, тоді з рівняння (8) знаходимо, що $R/l \leq 0,158$.

Оскільки $R = 0,03 \text{ м}$, то гранична відстань від центра кульки до точки підвісу $l \geq 0,19 \text{ м}$, а гранична довжина нитки буде:

$$L = l - R = 0,16 \text{ м} = 16 \text{ см}.$$



Умови задач

XVI Всеукраїнського відкритого турніру юних фізиків 2007/08 навчального року

*Наука витончує розум,
навчання загострює пам'ять.*

*Кузьма Прутков,
афоризм № 7*

1. "Вигадай сам"

Із поліетиленового мішечка і джерела тепла виготовте модель монгольф'єра. Дослідіть та опишіть його рух. За яких умов ваш монгольф'єр матиме максимальну швидкість підйому, максимальну вантажопідйомність? Продемонструйте свою модель.

2. "Томограф"

Чи можна за записом звуку грому, який виник від блискавки, відновити форму блискавки? Якщо так, то з якою точністю?

3. "Поліетиленова гравітація"

Натягніть на обруч поліетиленову плівку. Помістіть у центр яке-небудь тіло. Під вагою цього тіла плівка прогнеться. Якщо тепер помістити на плівку легку маленьку кульку, то вона буде скочуватися в ямку. Спостерігачеві зверху здаватиметься, що кулька притягається до тіла. Виразіть гравітаційну сталу для такого "світу" через параметри плівки.

4. "Екраноплан"

Аркуш паперу, розташований на горизонтальній площині, спирається одним кінцем на нерухому стіну та плавно зігнутий (рис. 1). Аркуш відпускають. Визначіть максимальну швидкість, що набуває центр мас аркуша. Як далеко летітиме цей "літальний апарат"?

5. "Тепловий двигун"

Виготовте тепловий двигун, що працює завдяки різниці денної й нічної температури повітря без використання прямих сонячних променів. Визначіть його ККД.

6. "Паперовий міст"

Виготовте і продемонструйте паперову конструкцію зі звичайного аркуша паперу формату А4 і щільністю 80 г/м^2 , який витримує найбільшу вагу тіла, що прикладена до його середини при фіксованій відстані між опорами моста 10 см . Теоретично обґрунтуйте, чим визначається жорсткість вашої конструкції.

7. "Незвичайна помпа"

Дослідіть й опишіть, як впливає електричне поле на ефект "втягування" рідини в дуже вузькі капіляри і тріщини.

8. "Магнетні маятники"

Система складатиметься з двох котушок індуктивності, підвішених на гнучких нитках. Через одну з котушок пропускають струм і відхиляють її від положення рівноваги на фіксовану відстань. За яких параметрів системи відхилення другої котушки буде максимальним? Які характеристики системи можна визначити за рухом котушок, що спостерігається?

9. “Тіні зникають опівдні”.

У хмарну, але сонячну погоду, можна спостерігати на землі чітку тінь від хмар. Водночас, на висоті (наприклад, з вікна літака) можна бачити, як крізь хмари пробиваються окремі промені (фото на сайта www.gl.odessa.ua). Дослідіть, як окремі промені “перетворюються” на “суцільні” області світла й тіні залежно від товщини хмарного покриву.



10. “Тверда рідина”

Кажуть, що скло – це рідина, що має величезну в’язкість. За якої в’язкості речовина починає поводитись подібно до твердого тіла? Як поводитиметься тонкий струмінь в’язкої рідини?

11. “Повітряна яма”

Якщо дуети через соломинку на поверхню води в склянці, то на ній можна зробити “заглибину”. Як потрібно розташувати соломинку для коктейлю, щоб, дмучи в неї, створити якнайглибшу ямку? Ямку найбільшого об’єму?

12. “Паперовий елемент”

Виготовте гальванічний елемент, використовуючи фільтрувальний папір як “посудину” з електролітом. Дослідіть і поясніть залежність ЕРС і внутрішнього опору такої батареї від часу при фіксованому навантаженні.

13. “Рідка пляма”

Коли крапля рідини, наприклад кави, висихає на гладкій поверхні, слід звичайно залишається на краю краплі. Поясніть, чому слід залишається саме на краю та які фактори впливають на характеристики плями.

14. “Астробластер”

Якщо велику кульку кидають одночасно з розташованою над нею маленькою кулькою, то часто буває так, що маленька підстрибує набагато вище, ніж коли кидають тільки її на ту саму поверхню, тоді як більша кулька ледь підстрибує. Дослідіть це явище і запропонуйте модель для більшої кількості кульок, використовуючи до 4 кульок, у якій верхня кулька буде підстрибувати найвище.

15. “Обертовий лід”

Налийте в чашку дуже гарячу воду й розмішайте її так, щоб вода повільно оберталася. Помістіть маленький кубик льоду в центр води, що обертається. Кубик льоду буде обертатися швидше, ніж вода, що оточує його. Дослідіть параметри, які впливають на обертання льоду.

16. “Чорне срібло”

Закоптіть ложку в полум’ї свічки. Якщо занурити цю ложку у воду, то вона здаватиметься блискучою. Дослідіть це явище та визначіть оптичні властивості такого “дзеркала”.

17. “А чи не заспівати мені пісню...”

“Тепер була черга за самоваром:

він повинен був співати.

Але самовар відмовлявся тим,

що може співати лише тоді,

коли всередині в ньому кипить вода, –

він просто пишався

й не хотів співати інакше,

як стоячи на столі в панів.”

Г. Андерсен

Як за “співом” самовара визначити його температуру і ступінь заповнення водою?

Задачі запропонували:

Г. Андерсен (Данія), О. Орлянський (Дніпропетровськ), М. Анісімов, Б. Кремінський, О. Хоменко (Київ), О. Л. Камін, О. О. Камін (Луганськ), О. Шевчук (Ніжин), К. Главацький (Норвегія), П. Віктор, В. Колебошин, С. Колебошин, В. Кулінський, О. Майтвейчук, О. Філатова, (Одеса), І. Казачек (Севастополь), І. Гельфгат, Ю. Гребенюк, О. Зарицький (Харків), А. Шарий (Чернігівська обл.)



Поліціанти вдячні Доплерові

Крістіан Йоган Доплер (1803–1853), надзвичайно здібний австрійський фізик, не став би всесвітньо відомим, якби не одне його відкриття. Доплер 1942 року зауважив, що частота хвилі, яку реєструє спостерігач, змінюється від того, що рухається джерело хвилі. Наприклад, якщо джерело хвилі наближається до спостерігача, то частота зростає. З віддаленням джерела спостерігач реєструватиме хвилі нижчої частоти.

У найпростішому вигляді ефект Доплера з'явився в давньому математичному збірнику про кур'єрів, яких висилав полководець через регулярні інтервали до свого володаря з новинами бою. Якщо військо просувалося вперед, інтервали між приходами кур'єрів подовжуються, якщо військо відступає інтервали скорочуються. Зміст цієї простої задачі і є підґрунтям ефекту Доплера.

Доплер не мав для свого винаходу жодного експериментального доказу і допомагав собі астрономічними фантазіями. Він, передусім, опирався на твердження, що подвійні зорі сяють різними кольорами.

Думка, що зорі мали б змінювати колір з наближенням чи віддаленням від Землі, з'явилась лише наприкінці XVIII сторіччя. Мекленбурзький шляхтич і аматор астрономії Фрідріх фон Ган опублікував цю ідею в астрономічному альманасі берлінської обсерваторії в Потсдамі 1795 року, а геттінгенський фізик та сатирик Георг Ліхтенберг (1742–1799) її записав вже навіть 1792 року. Обидва ці твердження були все ж лише якісними, без математичного обґрунтування. Допускають, що Доплер мав у Празі в розпорядженні згаданий астрономічний альманас.

Ще за життя Доплера його принцип винайшов незалежно фізик Армад Фізо (1819–1896). Уже 1848 року його формулював для звукових хвиль та апелював до експериментів з локомотивами, які його підтверджували. Оскільки йдеться про світло зір Фізо вказував на те, що під час радіального руху зір відносно Землі ми не можемо чекати зміни кольору світла, а лише зміщення спектра-



Крістіан Йоган Доплер
(1803–1853)

льних ліній. Потрібно собі усвідомити, що праця Кірхгофа і Бунзена, яка поклала основу хемічного спектрального аналізу, відноситься до 1859 року. Зважаючи на те, що Доплер опублікував свій винахід в менш відомому часописі, правдоподібно, що Фізо його праць не знав, тож для Доплера є щастям, що світова наукова громадськість пов'язала це явище з його іменем. У Франції його називають явищем Фізо-Доплера.

У добу кінного транспорту швидкості були малими і лише з появою залізниці з'явились можливості для експериментування. Тоді досить курйозним способом взяли за експериментальну перевірку акустичного ефекту Доплера. Знаменитий нідерландський метеоролог Христоф Бусс-Баллот (1817–1890) 1845 року помістив трубача на локомотив на одній із перших залізничних ліній між Утрехтом і Маарсеном, і музиканти з гострим слухом визначали, як змінюється тон труби, коли локомотив віддаляється та наближається. Подібні експерименти проводив Чарльз Монтігні (1819–1890) у Бельгії і Джон Скотт Рассел (1808–1882) у Шотландії. Рассел, винахідник нового фізичного явища – поодиноких хвиль, які ми сьогодні називаємо солітонами, спостерігав акустич-

* Докладніше про К. Доплера, його життя та науковий доробок читайте в книжці чеського професора Івана Штоля "Крістіан Доплер" (Євросвіт, 2004), яка вийшла у серії "Бібліотека "Світ фізики" у перекладі українською мовою.



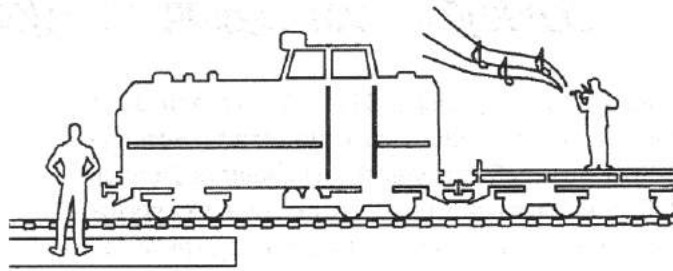
не Доплерове явище 1848 року, коли звук паровоза відбивався від стін тунелю.

Сьогодні легко переконатись у цьому можна на автомобільних перегонах, спостерігаючи, наприклад, за автомобілем, який рухається зліва направо. Автомобіль спочатку наближається до спостерігача, а тоді віддаляється від нього. Слідкуючи за автомобілем поглядом, рухаючи голову зліва на право, прислухайтесь до звуку двигуна. Слухаючи звук роботи двигуна автомобіля, ми чутиremo звук подібний до: "ііііі-ууу". Тобто, коли автомобіль наближатиметься до нас ми чутиremo високий звук, а з віддаленням від нас – нижчий. Різниця у висоті тону цих звуків тим більша, чим швидше рухається автомобіль. Перевірте свої спостереження декілька разів.

Нині ефект Доплера є підґрунтям визначення швидкості віддалення галактик, швидкості обертання подвійних зір. Цей прецизійний метод вимірювання дав змогу виміряти швидкість обертання Сонця. Завдяки явищу Доплера сьогодні здійснюється т. зв. лазерне охолодження атомів: атоми, що рухаються проти пучка лазерного випромінення, поглинають фотони з доплерівським зміщенням частоти і так гальмуються. Оскільки макросвіт і мікросвіт перебувають у постійному русі і це зовнішньо виявляється випромінюванням хвиль, то завдяки цьому уся природа поводитьсь по-доплерівськи.

Явище Доплера знайшло величезну кількість технічних застосувань. Під час відбивання хвилі від перешкоди, яка рухається, ця перешкода стає вторинним джерелом хвиль, і відтак реалізується явище Доплера. У щоденній практиці ми зіштовхуємось з ним на дорогах; коли міліція вимірює швидкість автомобілів за відбиванням електромагнетних хвиль, які випромінює мікрохвильовий радар. На цьому явищі заснована і вся сучасна морська, повітряна й космічна навігація. У промисловості доплерівським методом вимірюється швидкість витоку газів із сопел, обтічність профілів крил літаків, швидкість деталей машин, що обертаються, тощо.

Акустичний ефект Доплера від 50-х років ХХ сторіччя застосовується в медицині, завдяки йому ультразвукова діагностика стала набагато інфор-



мативнішою. Стало можливим досліджувати рухи людського плоду, вимірювати швидкість руху крові в судинах, серцебиття, шлункові скорочення. Початківцями у цій галузі були японські медики Зіро Канеко, Шігео Сатомура та англійський медик Алек Еден. Одним із найсуттєвіших показників є відслідковування притоку крові до мозку залежно від зміни внутрішньочерепного тиску. З цієї проблемою зіштовхуються до речі й астронавти у стані невагомості. Швидкість протікання крові можна встановити за відбиванням ультразвуку від червоних кров'яних тілець, наприклад, у сонних артеріях. Явище Доплера може нам показати, якими судинами кров протікає швидше, а якими повільніше. Потім за рівняння Бернуллі ми можемо встановити місце звуження судин і так передбачити небезпеку судинних захворювань.

Перелік застосування явища Доплера в усіх галузях науки, техніки і медицини можна було б ще продовжувати. Але ці декілька ілюстрацій переконують нас у тому, що винахід Доплера став не лише великим науковим досягненням, а й благом для людства. Власне цього Доплер і прагнув.

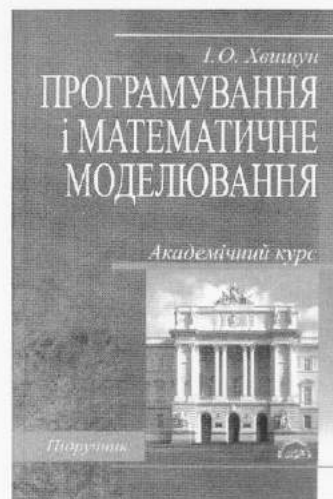
Якщо ви хочете продемонструвати своїм друзям ефект Доплера, проведіть такий експеримент удома. У пластиковому горнятку зробіть дуже маленьку дірку так, щоб вода витікала з неї краплями рівномірно. Таке горня переміщайте над спокійною поверхнею води у великій посудині чи ванні. Ви зауважите, що утворені на поверхні води хвилі матимуть меншу довжину у напрямку руху горнятка, і більшу довжину в протилежному напрямку.

Положіть на воду маленькі шматочки паперу (поплавочки). Під дією хвиль вони будуть коливатися – одні з частотою більшою, а інші – з меншою, ніж та, з якою крапає вода з горнятка. Переконайтесь в цьому самі.

Хвищун І. О. Програмування і математичне моделювання. Підручник.
 – Київ: Видавничий Дім “Ін Юре”, 2007. – 544 с.

У підручнику викладено основи програмування мовою *Borland Pascal*. Наведено численні методи, алгоритми і приклади програм для розв’язання фізичних і науково-технічних задач, зокрема – методи розв’язання нелінійних рівнянь, методи розв’язання системи лінійних, нелінійних і диференціальних рівнянь, методи чисельного диференціювання та інтегрування, методи опрацювання експериментальних результатів та їхньої графічної візуалізації, а також математичного моделювання динамічних режимів фізичних систем.

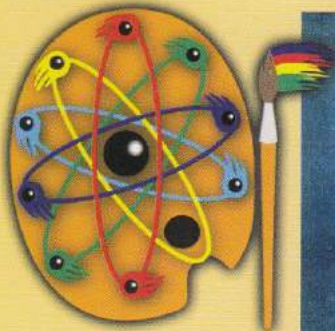
Для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямками “Фізика”, “Комп’ютеризовані системи, автоматика та управління”, а також студентів природничих і технічних коледжів.



Серія книжок “Бібліотека “Світ фізики”



Приймаємо замовлення за адресою:
 “Євросвіт”, м. Львів, 79005, а/с 6700;
Phworld@franko.lviv.ua



В. Орловський
(1805–1878)
Жнива, 1882

Видатним майстром українського пейзажу був В. Орловський, у творчості якого ще помітні традиції академічного романтизму. На обдарованість В. Орловського звернув увагу І. Сошенко. Тарас Шевченко допоміг йому вступити до Петербурзької Академії мистецтв. Потім В. Орловський удосконалював свою майстерність за кордоном — у Франції, Німеччині, Швейцарії та Італії, де вивчав твори видатних західноєвропейських живописців і багато працював з природою.

Року 1872, повернувшись після трирічного перебування за кордоном на батьківщину, В. Орловський поїхав мандрувати Росією. Він побував в Україні, в Криму та на Кавказі, де зібрав багатий етюдний матеріал, на основі якого писав великі пейзажні картини. Оселившись у Києві, він ще міцніше пов'язав свою творчу діяльність з рідною Україною, багато їй захоплювало малював ставки, села, українські степові далі («Село Кокос у Криму», «Грозові хмари», «Перед грозою», «Хутір у Малоросії», «Ранок у лісі», «Вечірні тіні»).

Особливу увагу В. Орловський зосереджував на змалюванні життя та праці селян, рибалок, чумаків. Він любив і вмів передавати багате сонячне освітлення, був майстром сонячного пейзажу. Недаремно серед художників його називали «шукачем сонця».

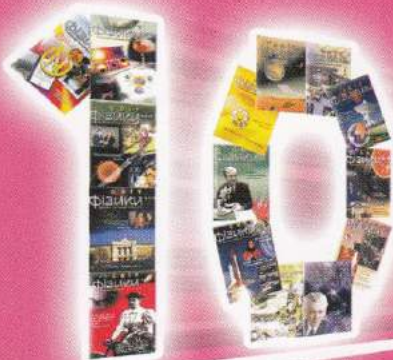
На картині «Жнива» зображено золотаві ниви достиглих хлібів. На першому плані дві жінки з серпами за роботою, їхні постаті освітлює яскраве сонячне проміння, що пробивається крізь важкі сині хмари на небосхилі. Насувається гроза... Ліворуч, у глиб степу, пролягає шлях, на якому видно самотню постать селянина. Глибока тінь від грозових хмар нависла над полем. Твір відзначається вдалою композиційною будовою, мажорним колоритом, ефективним сонячним освітленням. Це справді видатний здобуток українського пейзажного малярства.

В. Орловський був одним із зачинателів нового українського реалістичного пейзажу.

Його доробок багато дав таким майстрам пейзажу, як С. Васильківський, М. Сергєєв та інші.

В. Орловський постійно брав діяльну участь у художньому житті Києва, вагомо допомагав малювальній школі М. Мурашка, був незмінним членом її художньої ради.

**2007 – ювілейний для журналу "Світ фізики".
Рік цікавих несподіванок для читачів!**



10 РОКІВ

**Не забудьте передплатити журнал "Світ фізики"
Передплатний індекс 22577**

