



СВІТ

ФІЗИКИ

науково-популярний журнал

№2
2003



*27 серпня 2003 року
Марс перебуватиме
найближче до Землі
за останні 73 тисячі років*





Завідувач кафедри радіофізичного факультету Київського національного університету імені Т. Шевченка, доктор фізико-математичних наук Ігор Анісімов приймає керівництво Всеукраїнською олімпіадою з фізики 2003 року



Завідувач відділу з роботи з обдарованою молоддю Міністерства освіти і науки України Борис Кремінський вітає господарів олімпіади (на світлині методист Запорізького обласного інституту післядипломної освіти Наталія Крамаренко)

ім. І.І. Мечнікова, Харківського національного університету ім. В.М. Каразіна, Дніпропетровського державного університету зустрілися з учасниками олімпіади, розповіли їм про те, яких фахівців готують їхні університети, які наукові напрями в них розвиваються, а також запросили учасників олімпіади на навчання. Учасників Всеукраїнської олімпіади з фізики приймають до університетів України на спеціальності, де профільною дисципліною є фізика, за співбесідою.

Такі заходи роблять Всеукраїнську олімпіаду привабливою для школярів, а її проведення – високофаховим.

Управління освіти і науки України, Управління освіти і науки Запорізької держадміністрації, Запорізький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти доклали багато зусиль, щоб так чудово організувати олімпіаду на легендарному острові Хортиця.

Кожний учасник Всеукраїнської олімпіади з фізики отримав книжку „Всеукраїнські олімпіади з фізики. Задачі і розв’язки” за редакцією Б. Кремінського, яка вийшла у видавництві „Свросвіт”.

Представники Київського національного університету імені Т. Шевченка, Львівського національного університету імені І. Франка, Одеського національного університету



Доцент Одеського національного університету ім. І.І. Мечнікова Павло Віктор демонструє учасникам олімпіади фізичний експеримент

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

Виходить 4 рази на рік

Засновники:

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

Головний редактор

Іван Вакарчук

заступники гол. редактора:

Олександр Гальчинський

Галина Шопа

Редакційна колегія:

О. Білашук

М. Бродин

П. Голод

С. Гончаренко

Я. Довгий

І. Климишин

Ю. Ключковський

Б. Лукіянець

Ю. Ранюк

Й. Стахіра

Р. Федорів

Я. Яцків

Художник **Володимир Гавло**

Літературний редактор

Мирослава Прихода

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

Адреса редакції:

редакція журналу „Світ фізики”

вул. Саксаганського, 1,

м. Львів 79005, Україна

тел. у Львові 380 (0322) 96 46 73

у Києві 380 (044) 416 60 68

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

www.franko.lviv.ua/publish/phworld

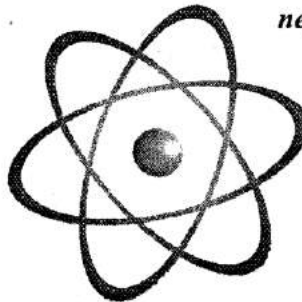
ФІЗИКА – надзвичайно цікава наука. Вона посідає чільне місце серед інших наук. Фізика відрізняється від інших наук тим, що вивчає основні, фундаментальні закони природи не лише якісно, а й кількісно за допомогою математики. Фізичні закони універсальні, вони не змінюються з часом. І через тисячу років будуть діяти ті ж закони. Майбутні відкриття фізиків лише доповнять їх новими, вивчаючи довколишній світ.

Фізичні закони рухають технічним прогресом людства. Кожне нове відкриття у фізиці приводило до технічної революції.

Закони Ньютона дали змогу створити складні механізми; закони термодинаміки – оволодіти тепловою енергією; закони квантової механіки – створити лазери, сучасні комп'ютери, атомну енергетику...

ФІЗИКА – це наука молодих. Займатися нею потрібно з дитинства. Не достатньо лише вивчити фізичні закони, треба навчитися користуватися ними. Оволодіти такою прекрасною наукою, як фізика можна лише завдяки наполегливій і вдумливій праці. Допомогти тут може добрий учитель та добра книжка...

*Не забудьте
передплатити журнал
„Світ фізики”*



Передплатний індекс

22577

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

© СП „Євросвіт”

ЗМІСТ

1. Нові і маловідомі явища фізики

Лесівців Віталій. Таємниці польотів до Червоного сусіда

Капиця Петро. Ядерна енергія

2. Фізики України

Козловська Ірина, Якимович Тетяна. Шляхетна іскра вічного вогню (до 75-річчя С. Гончаренка)

3. Актуальні проблеми

Шопа Галина. Наукове „човникування”

4. Олімпіади, турніри...

Теоретичні завдання IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики 2003 р.

5. В допомогу абітурієнту

Нові перспективи для фізиків майбутнього

6. Олімпіади, турніри...

Розв'язки задач IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики 2003 р.

Ще про паранджу

Конкурсні задачі

7. Реальність і фантастика

Краус Іво. Відповіді на запитання не лише чеських студентів

3

11

22

26

29

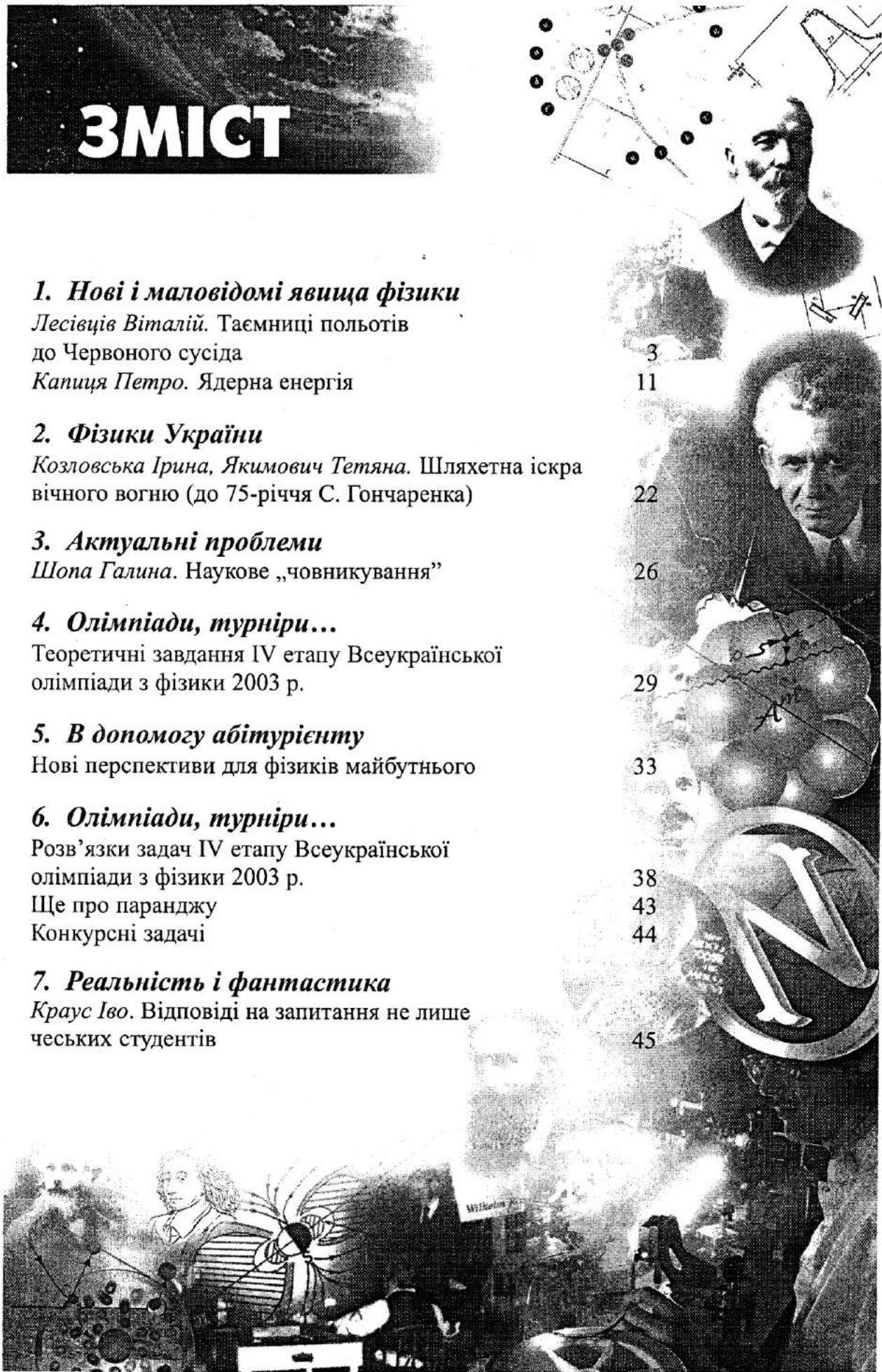
33

38

43

44

45





ТАЄМНИЦІ ПОЛЬОТІВ ДО ЧЕРВОНОГО СУСІДА

Віталій Лесівців

Марс – найближча до Землі (не завжди) планета. Через кожні 780 днів Земля та Марс розташовуються одне від одного на мінімальній віддалі, що коливається від 56 до 101 мільйона кілометрів. Такі наближення планет астрономи називають протистояннями. Якщо ж відстань між планетами менша, ніж 60 мільйонів кілометрів, то протистояння називають великими. Їх спостерігають кожні 15-17 років. За розрахунками астрономів, на ранок 27 серпня 2003 року віддаль від Землі до Марса скоротиться до 55746199 кілометрів, і буде найменшою за останні 73 тисячі років. Зараз відстань до Червоної планети щодня зменшується, а її яскравість та розміри на небосхилі поступово зростають. За яскравістю на земному небі вона поступається лише Венері та Місяцеві.

Незвичність серпня 2003 року пов'язана також і з іншим доволі рідкісним явищем – парадом планет. 28 серпня Марс Земля та Сонце розташуються на прямій лінії. Подібні протистояння відбуваються приблизно кожні 26 місяців. Унікальність цього протистояння полягає в тому, що Марс перебуватиме у перигелії – найближчій до Сонця точці.

Коротка довідка про планету

Віддаль до Сонця	207–250 млн. км
Екваторіальний діаметр	6788 км
Період обертання навколо осі	24 год. 39 хв. 36 с
Період обертання навколо Сонця	687 діб
Швидкість руху по орбіті	24 км/с
Температура на поверхні від	–136 до 0° С
Маса порівняно до маси Землі	0,11
Середня густина	$3,89 \cdot 10^3$ кг/м ³
Прискорення вільного падіння	3,73 м/с ²
Кількість супутників	2

Орбіти Марса та Землі лежать майже в одній площині (кут між ними 2°). Вісь обертання нахилена на кут 25,2° від перпендикуляра до площини орбіти та напрямлена до сузір'я Лебедя. На Марсі, як і на Землі, змінюються пори року. Через еліптичну орбіту пори року у північній та південній півкулях мають різну тривалість: літо на півночі 177 марсіанських днів, а на півдні – 156 днів, але на півдні тепліше в середньому на 20°С. Через велику віддаль до Сонця Марс отримує лише 43% тієї енергії, яку отримує Земля, тому середня річна температура на Марсі –60°С. На поверхні впродовж доби перепади температур становлять до 50°С, однак вже на глибині 25 см під поверхнею, температура майже постійна (–60°С) і не залежить від пори року. Це пояснюють тим, що атмосфера Марса, яка містить 95% вуглекислого газу, дуже розріджена і парниковий ефект майже відсутній. В атмосфері ще є 2,5% азоту, 1,6% аргону, 0,4% кисню. Середній тиск – 4,75 мм рт ст.

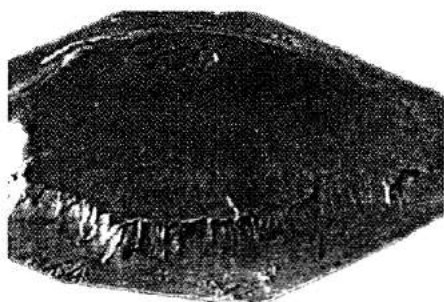
Маючи добрий телескоп, на поверхні Марса можна розрізнити великі темні та світлі ділянки, які впоперек сягають кількох тисяч кілометрів. Добре видно білі полярні шапки Марса, які влітку випаровуються і їхні розміри зменшуються, причому водночас з полярних ділянок до помірних поширюється „хвиля потемніння” поверхні.

Полярні шапки є багатошаровими. Нижній шар – кілька кілометрів звичайного водяного льоду, перемішаного з пилюкою. Він зберігається навіть влітку. А завдяки верхньому шарові завтовшки менше від 1 метра, що складається з твердого вуглекислого газу, й відбуваються спостережувані сезонні зміни. Цей шар швидко розширюється у зимовий період, досягаючи паралелі 50°, а деколи й далі. Навесні він випаровується і залишається лише водяний лід. „Хвилю потемніння” ділянок поверхні, що спостерігають зі зміною сезонів, пояснюють зміною напрямку вітрів, які постійно дмуть від одного полюса до іншого. Вітер переносить верхній шар сипкого матеріалу – світлий пил, оголюючи ділянки темніших порід. Коли Марс проходить перигелій, нагрівання поверхні та атмосфери посилюється і порушується рівновага його середовища. Швидкість вітру зростає до 70 км/год, починаються буревії, які тривають до 50 діб. За цей час понад мільярд тонн пилюки піднімається й утримується в підвішеному стані, виникає так званий „антипарниковий ефект”. Хмари пилюки не пропускають сонячного тепла до поверхні, але пропускають те, яке йде від планети, тому поверхня дуже охолоджується, а атмосфера – розігрівається.



На сучасних картах Марса поряд з новими назвами, які мають форми рельєфу, що виявлені завдяки космічним знімкам, використовують й давні географічні та міфологічні назви. Найбільше підвищення, заввишки майже 9 км одержало назву Фарсида (на давніх картах – Іран) і має діаметр приблизно 6000 км, а величезна кільцева впадина на півдні діаметром понад 2000 км називається Елладаю (Греція). Дуже кратеровані ділянки мають назви земель: Земля Ноя, Земля Прометея та ін. Долинам дають назви Марса, які використовували різні народи. Великі кратери називають іменами науковців, а малі – назвами міст Землі.

Чотири величезних згаслих вулкани піднімаються до 26 км над довколишньою місцевістю. Найбільший – гора Олімп на заході Фарсида, має основу з діаметром 600 км та кальдеру на вершині діаметром 60 км. А три інші: гора Аскрійська, гора Павліна і гора Арсія, розташовані на одній прямій на вершині гір Фарсида. Ще на Марсі виявлено понад 70 згаслих вулканів, які істотно менші і за займаною площею, і за висотою.



Гора Олімп – найбільший вулкан серед усіх відомих досі на планетах Сонячної системи.

Чому Марс?

Головна мета – створення наукової теорії утворення й еволюції тіл Сонячної системи (планет, супутників, комет й астероїдів). Особливо варто виокремити проблему побудови теорії утворення й еволюції Землі, здатної дати прогноз подальшого розвитку нашої планети. Це можна зробити тільки у межах порівняльної планетології.

Марс із такого погляду – винятковий. Не дивно, що в дослідженнях Сонячної системи космічними апаратами йому приділяли велику увагу. Перелік марсіанських місій виглядає дуже переконливо: пролітні апарати „Марінер-4” (1965), „Марінер-6”, „Марінер-7” (1969), „Марс-4” (1974); штучні супутники та посадкові апарати „Марінер-9” (1971), „Марс-2” і „Марс-3” (1971), „Марс-4”, „Марс-

5” (1974), „Вікінг-1” і „Вікінг-2” (1976), „Фобос-2” (1989), „Марс-Обсервер” (1992), „Марс-96”, „Марс-Глобал-Сервейер” (1997), „Марс-Патфайндер” з марсоходом „Соджорнер” (1997), „Нодзомі” (1998), „Марс-Клайміт-Орбітер” (1998), „Марс-Полар-Лендер” (1999), „Марс-Одісей” (2001). Їхні результати становлять основу сучасних уявлень про поверхню, внутрішню будівлю й атмосферу Марса.

Наступне, що приваблює вивчення Марса: чи доведена біологічна активність на Червоній планеті? Передбачають, що відносно теплий клімат на Землі та Марсі в ранні епохи забезпечували парникові ефекти у їхніх атмосферах, які створював вуглекислий газ при невеликій домішці водяної пари.

Марс – планета земної групи. За масою він у 10 разів менший від маси Землі, але за оцінкою розподілу в Сонячній системі нелетких компонент (силікатів, сплавів заліза і нікелю) має бути більшим від Землі приблизно вдвічі. Малу масу Марса пов’язують з ефектом Юпітера, який утворився раніше і своїм потужним гравітаційним полем зменшив зону „живлення” під час утворення Марса, зупинивши його подальший ріст.

Сьогодні інформаційне забезпечення науки про Марс ґрунтується на даних про поверхню планети та її атмосферу. Геофізичні зондування (сейсмічні, електромагнетні) планетних надр додадуть третій вимір. Кульмінацією досліджень Марса за допомогою автоматів стане експедиція за участю людини, яка проведе експерименти з активною й пасивною сейсмікою. Буріння і вимірювання теплового потоку дадуть змогу почати побудову речовинних моделей зовнішніх шарів планети і реальної гідрогеологічної моделі криолітосфери.

Несподіване відкриття зробив „Марс-Глобал-Сервейер”, воно стосується характеристик магнетного поля планети. Результати попередніх вимірювань (на радянських апаратах „Марс-3” і „Марс-5”, „Фобос-2”) важко інтерпретувались, хоча зроблено висновок про те, що планета має слабе власне магнетне поле. Складнощі пов’язувались з роботою радянських штучних супутників на еліптичних орбітах з високим перицентром. „Марс-Глобал-Сервейер” був виведений на майже колову, і ближчу до поверхні, орбіту. Проведені вимірювання підтвердили, що магнетне поле в Марса є, але воно не дипольне і складається з локальних центрів. Найдужчі з них з індукцією до $1,5 \cdot 10^{-2}$ Гаусів розташовані у Південній півкулі.



У 1996 р. опубліковано сенсаційне повідомлення про знахідку в одному з SNC метеоритів – ALH84001 можливих свідчень біологічної активності в далекому минулому. Ця звістка викликала величезне зацікавлення не лише науковців, а й широкої громадськості. Останні три роки здійснено великі роботи з вивчення SNC метеоритів, різних аспектів марсіанської палеобіосфери, а також можливості життя в екстремальних умовах на Землі. Проте питання не розв'язане. Можливо, переконливіші свідчення отримають згодом (2008), коли доставлять зразок марсіанського ґрунту на Землю. Або ж розв'язання проблеми буде відкладено до польоту людини на Марс, коли буде змога свідомо провести добір речовини з осадових шарів з докладним описом місця добору.

Гіпотеза про життя на Марсі пережила довгу і драматичну історію, у якій можна виокремити кілька етапів:

- відкриття „каналів” і сезонних змін (кінець XIX – початок XX ст.);
- спроби ідентифікувати смуги поглинання органічних речовин у спектрі Марса (1950–1960);
- проведення на примарсовуваних апаратах „Вікінг-1” і „Вікінг-2” експериментів з виявлення слідів життєдіяльності мікроорганізмів, а також складних органічних молекул (1976);
- згадані вище дослідження метеорита ALH84001.

Канали виявилися оптичною оманю. Сезонні зміни пояснюють зараз переміщенням пилу. Смуги поглинання, як з'ясувалося, не стосувались Марса. Нарешті, результати біологічних експериментів на „Вікінгах” були негативні (хоча іноді їх трактують і як невизначені). Про ситуацію навколо ALH84001 вже згадано. Проте пошуки тривають. Виявлення марсіанської біосфери, сучасної чи вимерлої, буде одним з найбільших відкриттів в історії науки.

Польоти до Марса

Дослідження Марса дається землянам дорогою ціною. Перші три радянських „Марси” (два серії 1М і один 2МВ) загинули через аварії ракетноносіїв. У першого, що стартував 10 жовтня 1960 року на 309-й секундні відмовила система керування. Другий (14.10.1960) на 290-й секундні, через замерзання гасу, не зміг ввімкнути третій ступінь. Третій апарат („Супутник-22”) стартував 24 жовтня 1962 р. Він вийшов на орбіту, але на 17-й секундні вибухнув його розгінний двигун.

Радянський „Марс-1” (успішний запуск 1 листопада 1962, серія 2МВ) фактично був четвертим апаратом, відправленим у гості до цієї планети. У ньому, через неповне закриття клапана, відбувся витік азоту з балонів системи орієнтації апарата, що унеможливило корекцію орбіти, а відповідно, й використання гостронаправленої антени. Тому зв'язок з „Марсом-1” втратили 21 березня 1963 р. на відстані 106 млн. км. За балістичними розрахунками, апарат пролетів 197000 км від Марса 19 червня 1963 р. Але і це стало сенсацією: апарат пройшов біля Червоної планети на відстані, майже вдвічі меншій, ніж від Землі до Місяця!

Наступну станцію серії 2МВ („Супутник-24”), оснащену спусковим апаратом запустили 4 листопада 1962 р. Однак і її очікувала невдача. Через передчасне випадання штатива програмного запам'ятовувального пристрою на 33 секундні роботи відбулося передчасне вимкнення розгінного двигуна. Причиною цього стала недостатня віб्रोустійкість штатива другої ступені ракетноносія. Станція залишилася на орбіті ШСЗ.

До Марса 1964 р. стартувало два космічних апарати, призначені для польоту повз Марс. 5 листопада 1964 р. – „Марінер-3”, але оболонка апарата не відокремилася, і його не вдалося вивести на марсіанську траєкторію. Згодом 28 листопада того ж року стартував „Марінер-4”. Цей виконав перший підтверджений проліт біля Марса 14 липня 1965 і передав 21 повну і 1 незавершену фотографію впродовж 10 днів. Це були перші фотознімки іншої планети з близької відстані (~10000 км), які одержало людство.

У Радянському Союзі перший апарат 3-го „марсіанського покоління” (3МВ) запустили 30 листопада 1964 р, офіційне позначення – „Зонд-2”. Однак після виходу станції на траєкторію польоту до Марса на ній не повністю розкрилися сонячні батареї, через що порушився нормальний режим роботи системи електроживлення.

Сонячні батареї вдалося відкрити лише 15 грудня 1964 р. у результаті низки динамічних операцій. Однак проблеми зі станцією це вже розв'язати не могло. Минули терміни першого коригування траєкторії перельоту до Марса. Не скоригована траєкторія польоту дуже відрізнялася від розрахункової. Повернути апарат на „шлях істинний” було вже неможливо, тому виконати головне завдання – фотографувати з близької відстані Марс – станція вже не могла. У ході подальшого польоту відбулися ще ціла низка неполадок (як



показав досвід станцій цієї серії, які літали до Венери – основний внесок давала невдала система терморегулювання), у результаті радіоконтакт зі станцією був втрачений 4–5 травня 1965 р. Розрахункова дата прольоту Марса та його фотографування – 6 серпня 1965 р.

США 24 лютого 1969 запустили „Марінер-6”, а 27 березня 1969 – „Марінер-7”. Обидва апарати виконали успішний проліт біля Марса, передавши на Землю 201 телевізійне зображення планети. „Марінер-6” узагалі підійшов до Марса майже впритул (3400 км). Тоді й отримано перші посправжньому якісні фотографії з розділенням до 300 м, розраховано температуру південної полярної шапки -125°C .

У травні 1971 р. запустили відразу кілька космічних апаратів, а 8 травня 1971 р. США запустили „Марінер-8”, призначений для виведення на орбіту Марса. Через збій у роботі другого ступеня ракетноносія апарат упав в Атлантичний океан приблизно в 900 милях від мису Канаверал.

У Радянському Союзі перший апарат запустили 10 травня 1971 р. Ракета-носій успішно вивела його на орбіту штучного супутника Землі, однак на траєкторію польоту до Марса станція не перейшла. Як з’ясувалося згодом, у бортову ЕОМ ввели помилкове значення часу запуску двигуна розгінного блоку. Через помилку в розряді двигун мав запуснитися не через кілька десятків хвилин, як передбачала програма польоту, а через півтори сотні годин. За два дні після запуску, 12 травня 1971 р. апарат увійшов у щільні шари земної атмосфери і згорів.

Згодом, 19 травня 1971 р., запустили „Марс-2”, однак перед відділенням спускового апарата бортова ЕОМ, через програмну помилку, спрацювала неправильно, і в апарат було введено помилкові установки, що передбачали нерозраховану орієнтацію станції перед відділенням. Через 15 хв після відділення на спусковому апараті ввімкнувся твердопаливний рушій. Він забезпечив переведення спускового апарата на траєкторію потрапляння на Марс. Однак кут входу в атмосферу виявився більшим від розрахункового. Парашутна система вже нічого не змогла зробити.

„Марс-3” запустили 28 травня 1971 р. Його спусковий апарат зробив першу в історії м’яку посадку на поверхню Марса 2 грудня 1971 р., у точці з координатами 45° пд. ш. і 158° з. д. (недалеко від північного краю кратера Птоломей у Землі Сирен) о 16 год 47 хв за московським ча-

сом. У 16:50:35 почалася передача відеосигналу з телекамери. Передача тривала 20 секунд і раптово припинилася. Розшифрувати інформацію не вдалося. Утім у перші секунди роботи телекамери її приймальна частина мала ще тільки виходити через захисну шторку. Тому за 20 секунд передачі не можна було щось побачити на поверхні планети. Але більше ніяких сигналів із спускового апарата до станції „Марс-3” не надходило.

Хоча спускові апарати майже не дали ніяких результатів, орбітальні блоки „Марс-2”, „Марс-3” вели дослідження з орбіт штучних супутників, передаючи дані про атмосферу і поверхню Марса за характером випромінювання у видимому, інфрачервоному й ультрафіолетовому діапазонах спектра, а також у діапазоні радіохвиль. Було виміряно температуру північної полярної шапки (нижча за -110°C), визначено товщину, склад, температуру атмосфери, температуру поверхні планети, отримані дані про висоту пилових хмар, слабке магнетне поле, а також кольорові зображення Марса. Під час цих досліджень (грудень 1971 р.) пилова буря підняла в атмосферу стільки пилу, що планета виглядала мутним червонуватим диском. Однак низьку якість зображень Марсів пояснювали не тільки пиловою бурею. З американського „Марінер-9”, який стартував 30 травня 1971 р. і був одночасно з „Марсом-2” і „Марсом-3” на орбіті, зображення були чіткіші. Причина виявилася не в бурях, а у фототелевізійному пристрої (ФТП) „Марсів”. Їхні розроблювачі використовували неправильну модель Червоної планети. Через це обрали неправильні витримки ФТП, фотографії виходили пересвітленими. Зробили кілька серій знімків (кожний по 12 кадрів) і, переконавшись в їхній повній непридатності, від використання ФТП на апаратах відмовилися. Апарати функціонували на орбіті Марса більш, ніж 8 місяців і припинили роботу майже одночасно, витративши бортовий запас азоту в системі орієнтації.

Апарат „Марінер-9” успішно вийшов на орбіту планети 13 листопада 1971 р. Він працював на орбіті до 27 жовтня 1972 р. Коли сліди пилової бурі зникли наприкінці січня 1972 р., почалося фотографування поверхні, що продовжувалося десять місяців. На Землю передали 7329 знімків Марса з розділенням до 100 м, а також фотографії його супутників Фобоса і Деймоса.

21 липня стартувала ракета-носій з орбітальною станцією М-73 (ЗМС) – „Марс-4”, 25 липня



до Марса відправилася друга орбітальна „Марс-5”, 5 серпня спусковий апарат „Марс-6” (ЗМП) і 9 серпня спусковий апарат „Марс-7”.

Варто зазначити, що ймовірність відмови цих апаратів була виявлена ще під час комплексних електричних випробовувань на космодромі станції „Марс-7”, але старту відбулися.

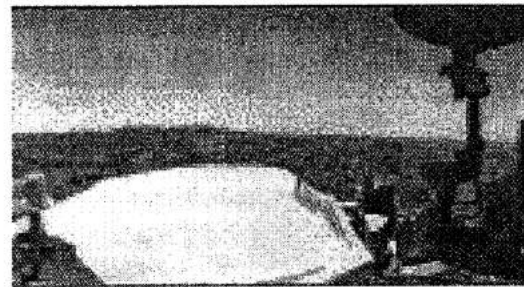
Песимістичний прогноз цілком виправдався на станції „Марс-4”. Під час польоту станції відмовили два з трьох каналів бортової ЕОМ. Через те друге коригування під час підльоту до Червоної планети провести вже не вдалося, 10 лютого 1974 р. станція підійшла до Марса, однак коригувальна рухова установка не ввімкнулася. Тому апарат пролетів на висоті 1844 км над середнім радіусом Червоної планети (5238 км від центра). Єдине, що він встиг зробити, це за командою з Землі ввімкнути свою фототелевізійну установку з короткофокусним об’єктивом „Вега-ЗМСА”. Був проведений один 12-кадровий цикл зйомки Марса на віддалях 1900–2100 км у масштабі 1:5000000. Однорядкові оптико-механічні сканери (ОМС) передали також дві панорами планети (у жовточервоному і червоно-інфрачервоному діапазонах).

„Марс-5” виявився щасливішим і вийшов на навколomarсіанську орбіту. Однак відразу після цього за телеметричними даними була виявлена негерметичність приладового відсіку орбітального блоку, де розташовувалися електронні блоки службових систем і наукової апаратури. Розроблювальники апарата припустили, що на етапі гальмування, чи відразу після нього, відбулося зіткнення апарата з мікрочастинкою. Приблизно було визначене місце пробою (приладовий відсік чи радіатор терморегулювання). Розрахунок показав, що за такого темпу витоку атмосфери (азот) термін життя становитиме майже три тижні. Тому спішно почалося виконання наукової програми. Зі станції отримали фототелевізійні зображення Марса з розділенням до 100 м, провели серії досліджень поверхні й атмосфери планети. Усього витрачено 108 кадрів при загальному запасі 960 кадрів (по 480 у кожному із ФТП). Однак не всі кадри вдавалися. Зі станції „Марс-5” отримано понад 40 добрих знімків. За допомогою сканерів ОМС 21, 23, 24 (два) і 28 вдалося одержати 5 телепанорам. Останній сеанс зв’язку, у якому була передана телепанорама Марса, відбувся 28 лютого 1974 р. Після цього через падіння тиску нижче від допустимого рівня жодної нової наукової інформації зі станції „Марс-5” не отримали.

Ще наприкінці серпня 1973 р. на „Марсі-6” відмовив науковий радіокомплекс, однак телеметрична система і ЕОМ справилися зі своїм завданням, і 12 березня 1974 р. „Марс-6” здійснив м’яку посадку в південній півкулі. Безпосередньо перед посадкою зв’язок був загублений. Останнє, що було передано – команда на увімкнення двигуна м’якої посадки.

Ще під час польоту у „Марсі-7” залишився працездатним лише один комплект радіосистеми. Апарат підійшов до Марса 9 березня 1974 р. Бортова ЕОМ станції дала команди спусковому апаратові, однак він їх не сприйняв, хоч і відокремився від головного блоку, але через 15 хв після відокремлення рушійна установка переведення на правильну траєкторію, не ввімкнулася.

Найрезультативнішими були польоти космічних апаратів „Вікінг-1”, „Вікінг-2”, які стартували 20 серпня і 9 вересня 1975 р. На відміну від ра-



дянського методу, коли спускальний апарат відокремлювався від несучого апарату до виходу на орбіту, тут вони виходили на орбіту Марса, а потім відбувалося відокремлення для здійснення м’якої посадки. „Вікінг-1” вийшов на орбіту Марса 19 червня 1976. Посадковий модуль „Вікінг-1” успішно здійснив м’яку посадку на Рівнині Хрися 20 липня 1976. „Вікінг-2” вийшов на орбіту Марса 7 серпня 1976, його модуль здійснив м’яку посадку на Рівнині Утопія 3 вересня 1976 р.

Поряд з вивченням атмосфери, метеорологічних умов, властивостей ґрунту в місцях посадок проведено унікальні експерименти за допомогою спеціальних лабораторій для виявлення незначних ознак життя в ґрунті. Висувний пристрій захоплював зразок марсіанського ґрунту і поміщав його в один з контейнерів, що містили запас води чи живильних речовин. Оскільки будь-які живі організми змінюють середовище свого перебування, прилади мали б зафіксувати ці зміни. Хоча вони й спостерігалися в щільно закритому контейнері, до таких же результатів міг привести сильний окислювач у ґрунті, тому не можна упевнено



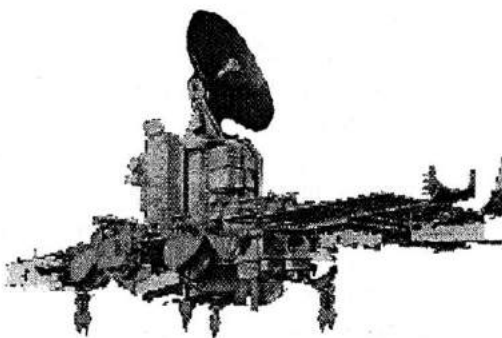
віднести ці зміни на діяльність бактерій. Загалом питання про ідентифікацію слідів життя не однозначне, прилад, аналогічний приладові встановленому на Вікінгу, за результатами тестів у пустелі, видав інформацію про те, що на Землі життя немає.

Робота спускального апарата „Вікінг-1” тривала чотири роки, а „Вікінг-2” – понад шість. З орбітальних станцій виконано докладне фотографування поверхні Марса і його супутників. За даними „Вікінг-1”, „Вікінг-2”, складено докладні карти поверхні Марса, геологічні, теплові й інші спеціальні карти.

На знімках добре видно гігантські згаслі вулкани, безліч великих і дрібних каньйонів і долин, схожих на висохлі русла, кратери, подібні до місячних, але такі, що відрізняються від них своїми викидами, зі слідами водяної ерозії і вітрової активності. Повна безжиттєвість. Розчарування було настільки сильним, що питання про життя на Марсі стало нецікавим.

Незабаром оптимізм прихильникам існування життя на Марсі вселили... ті ж фотознімки, що так недавно поховали їхні мрії. Широку популярність одержав лише один з них – „фотопортрет” дивного марсіанського утворення, що дуже нагадує жіноче обличчя. Однак, якщо на зображення жіночого обличчя відразу звернули увагу, то споруди, що за 7 км від сфінкса, зауважили згодом.

Реалізація проекту Фобос розпочалася 1988 р. Завданням станцій „Фобос-1”, „Фобос-2” (старт 7 і 12 липня 1988 р.) було дослідження Марса і його супутника Фобоса. Після неправильної команди із Землі „Фобос-1” втратив орієнтацію і зв'язку з ним не вдалося відновити. „Фобос-2” вийшов на орбіту штучного супутника Марса в січні 1989 р. і зробив низку орбітальних маневрів зближення з Фобосом. Отримано 38 зображень



Фобоса з розділенням до 40 м, виміряна температура поверхні Фобоса, що у найгарячіших точ-

ках становить 30°C. На жаль, здійснити основну програму з дослідження Фобоса не вдалося. Зв'язок з апаратом було загублено 27 березня 1989 р.

„Марс-Обсервер” був запущений 25 вересня 1992 р. Це був складний апарат, призначений до проведення тривалих наукових спостережень з орбіти Марса. Контакт із „Марс-Обсервером” було втрачено 21 серпня 1993 р., коли йому залишалося всього три дні до виходу на орбіту. Припускають, що він вибухнув від підвищення тиску в паливних баках, готуючись до виходу на орбіту.

Не вдалося вивести на траєкторію польоту до Марса і станцію „Марс-96”. Через неполадки в розгінному блоці 17 листопада 1996 р. вона впала у води Тихого океану.

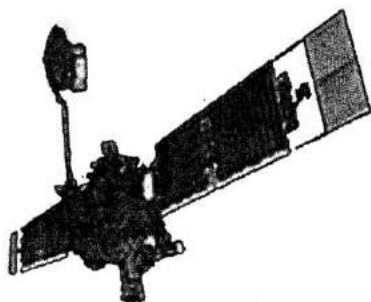
7 листопада 1996 р. США запустили „Марс-Глобал-Сервейер”. Він вийшов на орбіту Марса 12 вересня 1997 р. і почав наукові спостереження, включаючи докладне картографування, у березні 1998 р. Однією з перших сенсацій стало виявлення в Марса магнетного поля. Без магнетного поля, здатного захистити поверхню від жорсткого випромінювання з космосу, нема чого й думати про можливість існування життя на Марсі. І от слабе поле нарешті виявили, раніше, можливо, воно було більшим.

„Марс-Глобал-Сервейер” 31 січня 2001 р. закінчив свою картографічну фазу місії, виконавши всі наукові завдання упродовж повного марсіанського року (687 днів).

Під час основної наукової місії апарат вивчав клімат, топографію поверхні й підземних ресурсів і виконав картографування всієї планети. Розширена місія до квітня 2002 р., використовувала переваги картографування для вибору місць посадок майбутніх місій.

От деякі з найбільших досягнень експедиції:

- ознаки недавнього існування рідкої води на марсіанській поверхні;
- докладніше свідчення шаруватих порід, що вказують на поширення водяних резервуарів чи озер на Марсі в його ранній історії;
- достовірніша оцінка кількості води, що зберігається сьогодні в обох марсіанських полярних шапках – приблизно в півтора раза більше, ніж кількість льоду в Гренландії;
- топографічні дані про нахил поверхні в напрямку від південного до північного полюса, що визначає переміщення води й осадових порід, а також дані про пласку північну півкулю, що, можливо, була місцем розташування давнього океану;



– дивне відкриття сильно намагненої кори в південній півкулі, що вказує на швидке охолодження Марса на початку його історії, що, можливо, означає, що ранній клімат був тепліший;

– перші надійні моделі структури кори Марса, що містять ідентифікацію давніх ударних басейнів і можливих каналів, схованих під північними рівнинами;

– виявлення червоного залізняку, яке вказує на те, що гідротермальне середовище на поверхні в минулому можливо було аналогічне до тих областей, у яких розвивалося раннє життя на Землі.

– розуміння динаміки атмосфери, включаючи спостереження циклонів і денної і сезонної поведінки хмар вуглекислого газу і водяного льоду.

– багаті свідчення ролі пилу у вигляді пилових смерчів, пилових бур, дюнів і піщаних „покривал” у недавньому формуванні марсіанського ландшафту.

Однак найбільшу увагу залучив інший апарат, запущений у США 4 грудня 1996 р. „Марс-Патфайндер”. Він містив посадковий модуль і встановлений на ньому марсохід, що зробили м’яку посадку на Марс 4 липня 1997 р.

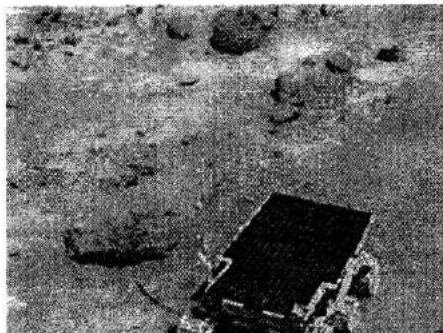
Радощі й розчарування чекали на всіх небайдужих до науки людей за перші дні цієї акції. З’ясувався район примарсування, долина Арес – звивиста приекваторіальна долина, точно в трикутнику, утвореному трьома точками: місцями посадки американського „Вікінг-1”, радянського „Марса-6” і... От ця третя точка і є найвідомішою і жаданою метою на поверхні Марса. Це „марсіанське давнє зруйноване місто Кидонія”. Здавалося б, кращого місця для підтвердження (чи спростування) гіпотези існування життя на Червоній планеті не придумати. Говорили також, що не найлакоміший шматок було обрано винятково „заради обману марсіанської протиповітряної оборони”, для того, щоб над містом Кидонія земний апарат не знищив вогонь марсіанських протиракет. Жарт, звичайно, але в цьому є частка неприхованої радості.

Розчарування чекало дослідників, коли з’ясувалося, що марсохід міцно застряг на платформі і не може з’їхати на поверхню. На знімках, переданих на Землю і поміщених в мережі Інтернет, було видно, що дорогу перепинив зморщений і наполовину спушений повітряний балон, один з тих, що зм’якшували удар під час падіння. Радість настала, коли поворухнулася захисна пелюстка корпусу, скинула і прим’яла кулю, а марсохід, поїздивши узад-вперед, зумів сповзти і торкнутися колесами Марса!

Відтоді і почався автопробіг марсохода бездоріжжям на планеті. Розміри самого апарата (60х30х45 см, вага менша ніж 10 кг) скромні, він більше схожий на мініскейтборд. Не здивують і довжина автопробігу – за увесь час роботи (планували тиждень, вийшло набагато довше) авто віддалялося від платформи не більше, ніж на десятки метрів. Порівняно з радянськими „Луноходами” (10,5 і 37 км місячного бездоріжжя) цей автопробіг не вражаючий, уся надія була лише на його наукову віддачу.

Головний подив, мабуть, був від картини ерозії навколишньої кам’яної поверхні, що могла бути зумовлена тільки могутнім водяним потоком. За однотайною думкою фахівців, раніше на місці примарсування апарата був могутній потік, порівняльний з морською течією в Гібралтарській протоці. Отже, клімат був значно м’якший!.. Камера на апараті зняла з висоти людського зросту чудові пейзажі, завдяки яким зрозуміло, наприклад, що марсіанські заходи і ранкові зорі яскравіші й мальовничіші, ніж на нашій рідній планеті, та й тривають сутінки на Марсі значно довше (небо відсвічується завдяки дуже запиленому повітрю). За час „ралі” всюдихід також сфотографував у всіх ракурсах кілька великих каменів, виміряв і передав на Землю їхній хемічний склад... Здавалося, що удача буде на боці американців і далі, але... 7 жовтня радіозв’язок з експедицією припинився. Можливою причиною відмовлення радіозв’язку був суворий марсіанський мороз (прихід марсіанської осені). Ще майже місяць намагалися відновити контакт з Марсом...

Певно, марсохід і апарат, так і стоять неподалік одне від одного, застигли в прямому і переносному сенсі надовго. Якщо вони перебуватимуть разом, то з великою ймовірністю їх через десятиріччя відшукає який-небудь космонавт-аматор. Майбутні археологи Марса не посміють зрушити апарата, хоча б з тієї причини, що він



уже одержав назву „Меморіальна станція ім. Карла Сагана”, науковця, який присвятив багато праці створенню цих апаратів, але передчасно пішов з життя. Отже, найдорожчий у світі пам’ятник популяризаторові науки і науковцеві, що шукав ознаки неземного життя, стоїть на Марсі. Це – перший пам’ятник на Марсі і другий поза Землею (плита з іменами загиблих космонавтів й астронавтів була залишена на Місяці 1969 р.). Але, напевно, не останній пам’ятник...

Улітку 1998 р. до Марса пішов перший японський автоматичний посилаєць „Нодзомі”, однак, „за вже усталеною традицією” і на нього чекали неприємності. Корабель неправильно виконав гравітаційний розгінний маневр біля Місяця та Землі, і щоб повернути його на трасу, використали дорогоцінний запас пального. Підсумок: швидкість виявилася нижчою від розрахункової, замість запланованої дати прибуття в жовтні 1999 р. тепер треба чекати перших результатів у кращому разі в грудні 2003 р...

Вже 11 грудня 1998 р. у космос з метою точного картографування поверхні Марса полетів наступний автоматичний зонд, „Марс-Клайміт-Орбітер”. Однак, знов-таки за традицією, зв’язок з ним було втрачено. 23 вересня 1999 р. апарат наблизився до Марса й облетів його на висоті 60 км замість запланованих 150 км. Помилку в балістичних розрахунках американці помітили занадто пізно, і, ймовірно, зонд просто згорів у верхніх шарах атмосфери Марса...

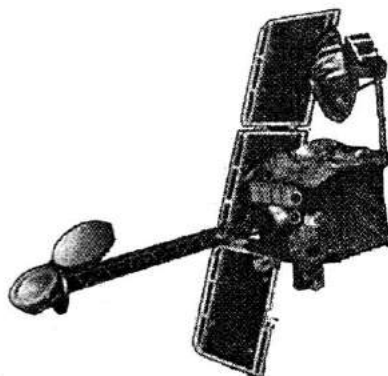
На трасу польоту до Марса 3 січня 1999 р. вийшов і американський автоматичний корабель Марс-Полар-Лендер/Deer Space-2, що містив апарат для здійснення м’якої посадки і два зонди. До останнього моменту усе йшло добре, 3 грудня він пішов на посадку і... на зв’язок не вийшов – ні апарат, ні зонди. Фахівці скерували у бік Марса могутній радіотелескоп з надією виявити слабкі сигнали апарата. За тиждень зникла остання на-

дія на те, що апарат, у бортовий комп’ютер якого було закладено безліч неймовірних нештатних ситуацій, усе-таки знайде вихід і зв’яжеться із Землею. Найрозумніший апарат мовчить...

7 квітня 2001 р. відбувся запуск наступної безпілотної експедиції до Марса – американського космічного апарата 2001 р. „Марс-Одісей”. 24 жовтня 2001 р. його успішно вивели на витягнуту еліптичну орбіту навколо Марса з періодом обертання приблизно 20 годин. Апарат схожий за конструкцією до станції „Марс-Клайміт-Орбітер”, але майже на 100 кг важчий.

Основні завдання дворічної місії:

- глобальне картографування елементного складу поверхні Марса;
- визначення кількості водню (лід, вода) у тонкому поверхневому шарі;
- дослідження мінералогії поверхні з високим просторовим і спектральним розділенням;
- вивчення морфології поверхні Марса і геологічних процесів, що її сформували;
- одержання даних для планування місць посадки наступних апаратів;



– опис радіаційної обстановки поблизу Марса для оцінення ризику пілотованої експедиції.

Одісея триває...

Про цьогорічні події навколо Марса та плани польотів читайте в наступних числах журналу.

Використані джерела

1. <http://fomalhaut.metastock.ru/hdcs/cal.php>
2. <http://www.bellabs.ru/RS/Articles/Compulenta.html>
3. <http://www.sunsys.nm.ru/mars.htm>
4. <http://www.ufolog.nm.ru>
5. http://vivovoco.nns.ru/vv/jornal/nature/06_00/mars/mars.htm
6. <http://www.novosti-kosmonavtiki.ru/content/numbers/235/01.shtml>



Оскільки рукописи не горять, то через багато років ми маємо змогу ознайомитись з ненадрукованими творами відомих письменників, музикантів та працями науковців. Нещодавно в архівах віднайшли невідому широкому загалові науково-популярну працю Нобелівського лауреата з фізики Петра Капиці. Науковець написав її 1955 року, однак цензура заборонила її друкувати.

Пропонуємо Читачеві цю статтю та матеріали про неї.*

ЯДЕРНА ЕНЕРГІЯ

академік

Петро Капиця

У 1791 р. Гальвані відкрив електричний струм, спостерігаючи, як під його впливом скорочуються м'язи жаб'ячої лапки. Відтоді минуло понад 150 років. З того часу потужність, яку можна переносити електричним струмом, все зростає. В минулому сторіччі електричним струмом, переважно, користувалися для передачі сигналів зв'язку, в нашому сторіччі ним передають на сотні кілометрів енергію наймогутніших річок і водоспадів.

Коли подружжя Кюрі, півсторіччя тому, уперше виділило частинку радію, то ця частинка дала не більше ядерної енергії, ніж електричний струм, що примушував скорочуватися жаб'ячі лапки в досліді Гальвані. Ядерна енергія, що виділяється під час вибуху водневої бомби, сьогодні може знищити велике місто і все довкола нього в радіусі десятків кілометрів. Крок не менший, ніж від дослідів Гальвані до електростанцій на Волзі. Впадає в око і велика відмінність. Без електрики ми не можемо культурно існувати. Уявіть собі, що чарівним жезлом ми зупинимо протікання електрики по дротах; тоді життя будь-якого великого міста завмре. Але те, що нині людство освоїло ядерну енергію й створило атомну та водневу бомби не лише допомагає людям жити, а й обіцяє їм загибель.

Невже вперше в історії людства відкриття нових сил природи послужило йому на шкоду?

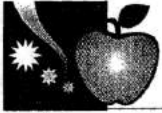
Треба поставити запитання: що зараз заважає ядерній енергії служити мирному, культурному життю людства? Природно, що насамперед відповідь на це запитання має дати науковець. Адже, як не як, це науковці випустили на волю цю дику тварину й вони мусять допомогти її приручити й примусити працювати на благо людства.

Не важко бачити, в чому корінь зла. З одного боку, застосування ядерної енергії для руйнівної мети, тобто атомна бомба, відкрило зовсім нові можливості в техніці війни. З іншого – застосування ядерної енергії для мирних цілей, як, наприклад, генерація електроенергії, поки що не може конкурувати із звичайними тепловими електростанціями. Але чи завжди це так буде? Я думаю, що більшість науковців, так само, як і я, вважають, що це не нормально, і, поза сумнівом, з часом воно мусить докорінно змінитися. Щоб ця зміна відбулася швидше, треба, щоб широкий загал людей зрозумів справжню суть створеного нині ненормального положення. Це допоможе скерувати використання ядерної енергії правильним шляхом.

Я хочу зупинитися на питанні, як відкриття і пізнання ядерної енергії впливає на нашу культуру і відповіді на запитання, чи стане з часом ядерна енергія також невід'ємною від життя людства, як нині стала електрика.

Спробую охарактеризувати ядерну енергію, як руйнівного агента, а далі розгляну питання про її мирне застосування. Можливість переходу речовини в енергію стало зрозуміле науковцям з кінця минулого сторіччя, але основний кількісний закон, який зв'язує енергію й масу, сформулював Айнштайн, 50 років тому, коли він створив „Теорію відносності”. Тоді ще всіх вразив той факт, що перехід речовини в енергію, якщо його вдасться здійснити у великих масштабах, дає в руки людям двигун величезної потужності.

Довгим і складним шляхом наука отримала змогу здійснити на практиці перетворення речовини в енергію. Після низки фундаментальних



відкриттів, зроблених у різних країнах, стало зрозуміло, що є реальна змога на практиці реалізувати велику ядерну енергію, створивши ланцюгову ядерну реакцію. Першим вказав на реальність цієї можливості наш радянський науковець академік М. Семенов. Перші опубліковані кількісні розрахунки в цьому напрямі зробили його співпрацівники Я. Зельдович і Ю. Харитон. Шлях, яким треба було йти, щоб здійснити ланцюгову ядерну реакцію, був уже відомий науковцям деяких країн. Але трапилося так, що цей момент збігся з початком Другої світової війни. Під час війни тільки в США були відповідні матеріальні умови для розвитку цих робіт, оскільки з усіх країн лише територія США не була охоплена війною, і нормальний спосіб життя її університетів і наукових інститутів не був порушений. Використавши ці сприятливі умови, за участю провідних науковців деяких країн, в Америці розпочали роботу із здійснення ланцюгових ядерних реакцій. Переважно завдяки працям видатного італійського фізика Енріко Фермі, при університеті Чикаго був створений і запущений наприкінці 1942 року перший урановий реактор. Цей знаменний науковий успіх відкрив дорогу до здійснення ланцюгової реакції. У Нью-Мексико 16 липня 1945 року вперше зірвали атомну бомбу. Результат цього випробування показав величезну силу ядерного вибуху, передбачену теорією цього явища. Справді, зірвана бомба в тисячу разів перевищувала вибухову силу найбільших звичайних бомб. Зважаючи на виняткове військове значення атомної бомби, всі роботи, пов'язані з нею, в США були засекречені, що, зазвичай, було прийнято в оборонній техніці. З погляду науковця, від самого початку, таку засекреченість, поширену на науку, різко критикували. Вона тільки гальмувала розвиток світової науки, але, по суті, не була реальною і нагадувала секрет Полішинеля.

Наука неминуче розвивається одним шляхом, й науковці у різних країнах, навіть якщо їхні праці повністю засекречені один від одного, все ж таки, неминуче, підуть одним і тим же шляхом. Різниця може бути лише в зигзагоподібних шуканнях і в темпах, які, переважно, визначаються талановитістю залучених науковців, моральними умовами їхньої роботи і тими матеріальними можливостями, які вони мають. Так і сталося. Як тільки після війни в Європі відновилося нормальне

життя, спершу науковці та інженери СРСР, а згодом Англії самостійно створили атомну бомбу.

Якщо для науковців абсолютно зрозумілі шляхи і закони розвитку ядерної фізики, то, на жаль, для деяких політиків і дипломатів вони досі не зрозумілі. Лише цим можна пояснити виникнення так званої „атомної дипломатії”. Як відомо, ця дипломатія виходить з того, що США, шляхом засекречення, зможуть незмінно зберігати свою первинну тактичну перевагу у володінні атомною зброєю і, використовуючи страх перед руйнівною силою атомної бомби, творили міжнародну політику згідно зі своїм бажанням. Життя швидко показало хибність такої концепції, але, на жаль, навіть і зараз цієї помилки до кінця не врахували.

Недавно в англійському журналі „The New Statesman and Nation” було опубліковано декілька цікавих праць професора П.М.С. Блекетта про військове застосування ядерної енергії. У цих працях добре показано, як поступово танула атомна перевага США, і Блекетт вважає, що від цієї переваги нині ніщо не залишилося. Блекетт справедливо зазначає, що, незважаючи на велику засекреченість ядерно фізичних досліджень у всьому світі, для науковця-фізика, навіть за зовсім мізерними відомостями про наукові праці, які просячуються в пресу, не становить особливих труднощів відновити, звичайно, у загальних рисах, основні етапи та основні досягнення в розвитку ядерної техніки і фізики. Як науковець, який не бере участі в ядерних дослідженнях, я можу робити свої висновки також, як і Блекетт, спираючись лише на опубліковані матеріали. Здебільшого я згідний з аналізом Блекетта сучасних досягнень ядерної фізики, але мої висновки дещо відрізняються від його.

Природно, що основні зусилля з розвитку робіт над атомною бомбою, після її створення, були спрямовані на збільшення її вибухової сили. Напевно, можна вважати, що після першого вибуху у Нью-Мексико, шляхом технічних удосконалень методів збудження ланцюгової реакції, вдалося збільшити вибухову силу бомби ще у 10–20 разів. Але найоригінальніші й найважливіші наукові роботи велися в іншому напрямі.

Перша атомна бомба, як і всі радіоактивні речовини, що існують досі в природі, одержувала свою енергію завдяки розщепленню ядер важких атомів на легші. Але давно вже відомий інший



шлях одержання енергії: завдяки синтезу важких ядер з легких. Вважають, що синтез ядер відбувається у надрах зір і Сонця, і він є джерелом енергії, що підтримує їх високу температуру. Не важко бачити, що аналогічні процеси, якщо їх здійснювати штучно, можуть призвести до раптового виділення великої кількості енергії, тобто до вибуху. Якщо процес розпаду найефективніше здійснюється з найважчими елементами, такими як уран, то синтез треба здійснювати з ядрами найлегших елементів, таких як водень. Тому природно виникло питання про створення бомби із синтезуючим процесом, її називали водневою бомбою.

Щоб ініціювати процес синтезу з водневих ядер, потрібна дуже висока температура, яку поки що вдається здійснити лише шляхом атомного вибуху, хоча можливо, що з часом її вдасться здійснити шляхом інтенсивних кумулятивних вибухів. У початковому варіанті, схема водневої бомби виглядала як звичайна атомна бомба, але оточена оболонкою, заповненою воднем. Ініціюючий атомний вибух створює високу температуру в десятки мільйонів градусів, після чого відбувається синтез ядер водню в ядра гелію. Енергія вибуху визначається кількістю водню, що перетворюється на гелій.

Прості обчислення показують, що під час такої ядерної реакції цілком реально на практиці отримати потужність вибуху, що перевершує первинний вибух атомної бомби у 1000 разів. Здавалося б усе йде дуже просто, але коли почали вивчати ці процеси кількісно, виникли значні труднощі, які примусили сумніватися в реальній можливості здійснення водневої бомби, навіть творця першої атомної бомби, професора Опенгаймера.

Річ у тому, що ядра водню існують у трьох видах. Найпоширеніші ядра з атомною вагою 1, потім з атомною вагою 2, так званий дейтерій; його в природі значно менше; і нарешті з атомною вагою 3, це ядра тритію. Ці ядра радіоактивні і час їхнього розпаду майже 12 років. У природі їх майже не існує, їх можна одержати лише штучно, наприклад, в ядерних реакторах. Докладніше вивчення водневої реакції показало, що водневу бомбу можна створити лише за участю достатньої кількості тритію. Оскільки технічне виготовлення тритію дуже дороге і складне, воднева бомба, на думку деяких науковців, дуже дорога. Блекетт у своїй праці зазначає, що американські науковці

оцінюють вартість кілограма тритію в мільярд доларів, хоча він вважає, що ця сума перебільшена.

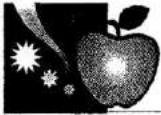
Були й інші технічні труднощі під час виготовлення водневої бомби, наприклад, пов'язані з потребою застосовувати дейтерій і тритій у рідкому вигляді. Це призвело до того, що вага водневої бомби досягала десятків тонн. Як відомо, в Америці думки науковців розділилися, оцінюючи доцільність здійснення такої дорогої і, по суті, не транспортабельної водневої бомби. Та все ж уряд США вирішив її створити, щоб це не коштувало і лише для того, щоб знову захопити „атомне лідерство”, яке було, очевидно, втрачене після вибуху нашої атомної бомби 1949 р.

Витрачали мільярди, і в Савана Рівер був збудований перший завод з виготовлення тритію. Нарешті, 1952 р., американці підірвали першу водневу бомбу та отримали вибух значно більший, ніж від звичайної атомної бомби. Серйозного військового значення така дорога і важка воднева бомба не мала, але наукова вага була величезна, оскільки було доведено на досвіді здійсненності синтезу ядерної реакції. За рік, у серпні 1953 року, уперше підірвали водневу бомбу в СРСР.

Далі побачимо, що відтоді і починається новий етап в історії військового застосування ядерних бомб.

Американці не приховують, що вони систематично ведуть спостереження за складом атмосфери, яка оточує СРСР. Як відомо, радіоактивність атмосфери, що виникає після атомного вибуху, переносить далеко повітряні течії. Це дає змогу американцям шляхом аналізу повітря за радянським кордоном, не лише стверджувати те, що у нашій країні відбувся атомний вибух, а й оцінити його силу і характер. Блекетт у своїх працях зазначає, що після нашого вибуху термоядерної бомби в серпні 1953 р. американцями був у такий спосіб знайдений в атмосфері легкий ізотоп літію. Цього факту було достатньо, щоб фізик-науковець зрозумів у чому тут річ. А річ була ось у чому.

Радянським науковцям першим спала на думку геніальна ідея: процес утворення тритію з літію здійснювали спочатку не у реакторах, як це робили американці, а під час самого вибуху, завдяки нейтронам, які утворювалися у процесі ініціюючого ядерного вибуху. Відтак відпадала потреба



мати у великих кількостях дуже дорогий тритій. Крім того, оскільки існує хемічна сполука водню з літієм (гідрид літію), то відпадає потреба застосовувати рідкий водень.

Здійснення на досвіді цієї чудової ідеї призвело до того, що воднева бомба або, як правильніше називати цей тип бомби – термоядерна, виявилася не дуже дорожча і не важча від звичайної атомної бомби. Сила її вибуху може в тисячі разів перевищувати силу вибуху атомної бомби.

Після одержання даних аналізу повітря, що розкривало суть радянської термоядерної бомби, американським науковцям й інженерам вдалося відтворити її лише через сім місяців. Як відомо, така термоядерна бомба в США була зірвана в березні 1954 року. Я думаю, що для відновлення об'єктивної історії гонки атомного озброєння треба зупинитися на ситуації, яка склалася тоді докладніше.

Після успішного здійснення термоядерного вибуху в СРСР, кожна збережена у нас атомна бомба перетворювалася на термоядерну. Це не було дуже важко зробити, оскільки для цього треба було мати лише в достатній кількості легкий ізотоп літію. Добре відомо, що для сучасної техніки виділити достатньо поширений легкий ізотоп літію не важко. Отже, вибухова сила запасів атомних бомб у СРСР майже відразу збільшувалася в тисячу разів, водночас, як в Америці вона залишалася на тому ж рівні. Якщо навіть припустити, що американські запаси активного продукту для бомб у цей час були у декілька разів більші, ніж у СРСР, то все ж таки поза сумнівом, що при тому, помноживши на 1000 „атомну потужність” СРСР у сотні разів перевищувала „атомну потужність” США. Можна впевнено сказати, що такої вирішальної військової переваги за масштабом однієї країни над іншою не знала історія (звичайно не рахуючи колоніальних воєн).

Така ситуація тривала сім місяців. Поза сумнівом, що це було добре відоме Радянському урядові. Тому природно задати запитання – як те коло людей, яке за кордоном лякає свій народ агресивними намірами Радянського Союзу, пояснить, чому сім місяців беззаперечної й очевидної „атомної переваги” Радянський Союз не використав для горезвісної агресивної мети? Адже термін сім місяців перевершує ті декілька днів, якщо не годин, яких, на думку тих же американських експертів,

цілком достатньо, щоб декількома десятками цих радянських термоядерних бомб стерти з лиця землі будь-яку з країн земної кулі? Поставимо ще інше, простіше запитання. Чому радянська дипломатія за ці сім місяців повної „атомної переваги” не діяла з „позиції сили”, тобто з тієї позиції, в яку всі післявоєнні роки англо-американські дипломати намагаються ставати, щоб нав'язати світові свої пропозиції?

Тут можлива лише одна очевидна і проста відповідь: агресія і диктат не є політикою соціалістичної і демократичної держави, якою, поза сумнівом, є Радянський Союз. Навіть, якщо така держава і має змогу явно диктувати свою волю іншим країнам, вона все ж таки до цього не вдається, з тієї ж причини, чому чесна людина не стане красти, навіть, якщо, їй відомо, що це минеться безкарно.

Мене дуже дивує чому про це замовчує навіть передова преса Англії та Америки?

Але повернімося до розповіді про подальший розвиток наукового боку питання ядерного вибуху. Зупинюсь докладно на питанні, яке ще мало усвідомили люди, поки що воно зрозуміле лише науковцям і то не всім.

Щоб собі уявити руйнівну силу термоядерної бомби, слід пригадати руйнування в усій Німеччині під час Другої світової війни. Відомо, що всього на Німеччину було тоді скинуто майже три мільйони тонн бомб. Так ось, одна термоядерна бомба у декілька разів руйнівніша, ніж усі скинені за минулу війну на Німеччину бомби, разом.

Але головний жах термоядерної бомби не в її запаморочливій руйнівній силі, а в радіоактивному отруєнні повітря. Після вибуху будь-якого типу ядерної бомби в повітрі залишається велика кількість радіоактивної речовини, яка неперервно випромінює, що навіть у невеликих дозах, не лише шкідливе для живого організму, а й смертельно для нього. Радіоактивне отруєння атмосфери не є короткочасне явище, від якого можна сховатися; воно триває впродовж років. Наближені розрахунки показують, що повністю отруїти атмосферу земної кулі вже можна запасами накопичених активних продуктів, одержуваних в уранових реакторах, якщо їх перетворити на термоядерні бомби і підірвати.

Виходячи з реальності такої ситуації, уявімо собі схему війни між двома країнами, які назовемо



„x” і „y”. Кожна з них має деяку кількість термоядерних бомб, тобто таку кількість, якої достатньо, щоб отруїти всю земну атмосферу. Припустімо, країна „x”, використовуючи раптовість або свою перевагу в техніці скидання бомб, нападає на країну „y” і за декілька годин стирає її з лиця землі. Звичайно, країна „x” стежить за тим, щоб ця операція була здійснена меншою кількістю бомб, ніж вона має, тобто, яка може призвести до отруєння всієї земної атмосфери.

Навіть, якщо таку операцію країна „x” і проведе „успішно”, а в країні „y” залишаться живими невелика кількість людей, то вони, хоча б з почуття помсти завжди можуть підірвати залишки своїх запасів радіоактивних речовин. Цим вони отрують земну атмосферу, і так знищують і все населення країни „x”. Звичайно, загине не лише та кількість людей країни „y”, а й населення всіх інших країн на Землі, що залишилася, які не брали участі в конфлікті.

Ще років десять тому, така схема могла лягти в основу фантастичного роману Жюль Верна або Вельса. Але сьогодні ця схема лежить не в основі літературної фантастики, а є реальністю, можливість якої, на жаль, поки усвідомлюють лише науковці. У зарубіжній пресі, ще зараз доводиться читати довгі й хитромудрі міркування про те, чи зберігає США свою світову перевагу в кількості запасів активного продукту. Ці міркування показують повне нерозуміння ситуації.

Здавалося б не важко зрозуміти, що якщо після вибуху певної кількості (умовно приймімо її за 1000 термоядерних бомб), існування життя на Землі припиниться, то весь надлишок бомб понад цю кількість ні до чого. Його не можна буде використати для військових цілей без загибелі і самого нападника. Підірвати замість 1000 бомб, 5000, це рівноцінно різниці потонути людині на глибині 1000 чи на 5000 метрів.

Звичайно, важко повірити, що людство піде на таку війну, яка призведе до „самогубства планети”. Самогубство правильно тлумачить, як акт психічної слабкості, отже, воно межує з божевільям. Так не вже ж ворожнеча в політичних, релігійних та інших світоглядах може тепер призвести до використання термоядерної бомби, як до методу доказу своєї слушності і цим до загальної загибелі?

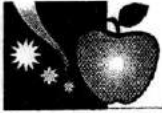
Очевидно, зараз є один вихід з положення, ця категорична заборона будь-якого типу атомної зброї та здійснення найстрогішого суспільного міжнародного контролю за виконанням цієї заборони.

Я повністю поділяю думку мого колеги академіка Д.В.Скобельцина, яку він недавно висловив у листі до редакції журналу „Міжнародне життя”. Немає іншого простого й справжнього виходу із тієї ситуації, окрім, як заборонити атомну зброю. Це вже зрозуміло науковцям, їхній обов’язок – примусити зрозуміти усіх громадян своїх країн, щоб навіть твердолобі політики збагнули безглуздість встановлення взаємостосунків між країнами з „позиції сили” і можливості застосовувати у військовому конфлікті атомну зброю.

Деякі науковці за кордоном виступили, вказавши шкідливу і, зрештою, шкідливу дію на все населення земної кулі радіоактивного отруєння повітря, неминучого після будь-якого атомного вибуху. Загибель японських рибаків, які були далеко від місця вибуху американської термоядерної бомби справедливо наводять, як сумну, але наочну ілюстрацію такого радіоактивного отруєння через повітря. Я, як науковець, вітаю ці виступи також, як авторитетний виступ в Оксфорді 1-го вересня 1954 року відомого фізіолога професора Едріана, президента Королівського Суспільства Англії. Під час з’їзду Британської наукової асоціації, Едріан, як її голова, у вступній промові, присвяченій значною мірою питанням науки та атомної війни, говорив, що завдяки радіоактивному отруєнню „цілком достовірно, що велика атомна війна буде катастрофічна для всього світу.

Для повної картини щодо використання атомної енергії для військової мети слід ще торкнутися проблеми оборони від атомного нападу.

Ці питання теж широко дискутують в іноземній пресі, але оскільки вони, зазвичай, зводяться до обговорення вже відомих методів захисту, які ґрунтуються на застосуванні керованих по радіо ракет і літаків спільно з радарною технікою, то тут думка військового експерта авторитетніша, ніж науковця. Найрізноманітніші за своїм рангом експерти, досить одноставно стверджують, що, при сучасній радіо- і ракетній техніці важко, але



все таки можна сподіватися забезпечити 90% захист від повітряного нападу. Це означає, що з 1000 бомб тільки 100 досягнуть мети. Вартість організації такого захисту, наприклад, для площі США визначається майже 200–300 мільярдів доларів, тобто у багато разів більше від усіх витрат на атомну бомбу. Поза сумнівом, організація такого захисту для всякої країни має велике значення, головне, як чинник, що затримує розв'язання атомної війни. Наприклад, якщо наша умовна кількість 1000 бомб – це межа можливої кількості бомб для повного отруєння повітря, то за організованого захисту, тільки 100 з них матиме руйнівну дію, а цієї кількості може виявитися недостатньо для того, щоб „стерти з лица землі” країну. Зрозуміло, що вже така, навіть не повна система захисту робить для агресора атомну війну менш привабливою.

Очевидно, що повний захист країни, робить атомну війну повністю безглуздою.

Тому ми мусимо всілякими способами вітати розроблення найефективніших методів оборони. Треба поставити перед науковцями проблему шукати принципово нові шляхи захисту, які б здійснювали захист ефективніше і дешевше.

Історія науки постійно нас учиє, що всяка отрута має свою протиотруту. Важко подумати, щоб у невичерпній різноманітності явищ природи не було таких принципово нових можливостей, використання яких не привело б до створення повноцінної протиотрути для захисту людства від атомної напасти.

Але як не страшні термоядерні бомби – і вони мають позитивні аспекти. Усім скоро стане очевидно, що ситуація, яка склалася, явно завела апологетів атомної війни у глухий кут. Поза сумнівом, що незабаром передові державні діячі всіх країн зрозуміють, що єдиний вихід з цього, – це відшукати надійну форму для повної заборони атомної зброї. Крім того, позитивне є ще і в тому, що подальша наукова робота над підвищенням вибухової сили ядерної реакції стає безглуздою.

Очевидно, якщо у країнах „х” і „у” вже накопичена така кількість активного продукту, яка перевищує світову отруйливу норму, то подальше накопичення його безглузде. Отже, наукова робота над ядерною бомбою надалі неминуче має спершу скоротитися, а потім і зовсім припинитися. Оскільки обидві сторони мають у своєму

розпорядженні приблизно однакову кількість знань у цій галузі, природно з'являється можливість розсекретити ці знання і зробити їх надбанням науковців усього світу. Переглядаючи наукову літературу, неважко помітити, що таке поки що боязке розсекречення ядерної фізики вже почалося і можна з упевненістю передбачити, що воно закінчиться через декілька років – термін, який потрібно структурам, відповідальним за державну таємницю, щоб усвідомити і повністю розібратися в становищі, що склалося.

Розсекречення ядерної фізики потрібно вітати, оскільки воно, поза сумнівом, приведе до прогресу в наукових дослідженнях над мирним застосуванням ядерної енергії. Відразу ж буде залучено до цієї роботи широке коло науковців і почнеться їх співпраця. Цього зараз гостро бракує.

Історія науки незмінно показує, що шляхом поєднання різних напрямів наукової роботи і народжуються найпередовіші й чудові наукові відкриття. Тому вільна співпраця науковців різних спеціальностей, поза сумнівом, приведе до відкриття абсолютно нових можливостей застосування ядерних процесів у науці і житті, можливостей яких зараз ще не можна передбачити, але які можуть стати з часом найважливішими. Залишаючи ці проблематичні можливості осторонь, я обмежуся тим, що опишу найефективніші, з очевидних вже нині, напрями мирного застосування ядерних процесів.

Поки що чітко проглядаються два головні напрями в мирному застосуванні атомної енергії. Перший напрям ґрунтується на використанні можливості створити штучні радіоактивні атоми, які за своїми хемічними властивостями можуть бути ідентичними з атомами найпоширеніших елементів, як наприклад, вуглець, фосфор й ін. Як відомо, це широко використовують у біології й хемії де, застосовуючи так звані „мічені атоми”, вдається абсолютно новим методом з'ясувати суть деяких найважливіших біологічних і хемічних процесів. Не зважаючи на те, що ця робота поки обмежена суто науковими результатами, все ж таки їх значення для практики дуже велике, глибше розуміння процесів завжди відкриває можливість направляти їх у правильне русло. Треба пам'ятати, що біологічні процеси лежать в основі сільського господарства, тваринництва, медицини, що відіграють першочергову роль у нашій культурі.



Ми не зупинятимемося докладно на цих напрямках застосування в науці ядерних процесів. Їм достатньо відведено уваги, як у науковій, так і в популярній літературі.

Я хочу насамперед зупинитися на другому напрямі – на використанні ядерних процесів для збільшення енергетичних ресурсів, які має в своєму розпорядженні людство. Перше запитання, на яке тут слід відповісти, таке: яку кількість енергії можна одержати, переробивши в ядерних реакторах всю передбачувану кількість доступного в земній корі урану?

У науковій літературі зазначено, що у випадку, якщо в ядерній реакції використовується весь уран, як це можливо здійснити в реакторах, які називаються „помножувачі”, то можна вважати, що кількість отриманої енергії буде принаймні в 10 разів більша від тієї, яку вважається за можливе отримати від спалювання всіх доступних покладів кам’яного вугілля. Отже, якщо погодитися з поширеним прогнозом геологів, що запасів кам’яного вугілля в земній корі вистачить людству ще на 2000 років, то запасу ядерної енергії від урану вистачить більше, ніж на 20000 років.

Звичайно, ці розрахунки дуже наближені, але все таки вони, поза сумнівом, вказують на ті величезні масштаби, яких може досягти застосування ядерної енергії на службі людства. До того ж слід зазначити, що ці розрахунки ґрунтуються на припущенні, що використовується тільки вже добре відома і вивчена ядерна реакція розпаду урану. Поза сумнівом, що з часом буде відкрито ще й інші, здійсненні у великих масштабах, ядерні реакції. Якщо вважати, що людям вдасться ще використовувати енергію синтезу, то можна сміливо вважати, що енергетика ядерних процесів завжди матиме вдосталь „горючу” сировину.

Якщо це так, то що ж зараз заважає широкому використанню ядерної енергії для мирних цілей? Відповідь проста. Поки запаси кам’яного вугілля, нафти, гідроенергії ще не вичерпані, ядерна енергія може бути успішно використана лише, коли її отримання та застосування буде рентабельніше, ніж отримання енергії під час спалювання вугілля, нафти тощо. Постараюся у загальних рисах дати картину сучасного стану ядерної енергетики.

Як вже згадувалось, коли відбувається ядерна реакція – виділяється винятково велика енергія. Ця енергія на першій стадії полягає в надзвичайно

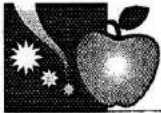
швидкому русі утворених після розпаду електронів, нейтронів і окремих ядер атомів. Якщо порівняти енергію цих частинок з енергією атомів під час теплового руху, то з’ясується, що вона відповідає нагріву в багато мільйонів градусів. Обернути цю енергію швидкого руху елементарних частинок у корисну можна різними шляхами. Розгляньмо три основні.

Перший шлях ґрунтується на тому, що більшість частинок, які утворюються в процесі розпаду, мають електричний заряд. Шляхом гальмування руху цих частинок в електричному полі можна перетворювати їхню енергію безпосередньо в електричну. Це прямий та ефективний спосіб використання ядерної енергії, але найважчий для здійснення. Поки що такий процес був здійснений з радіоактивним стронцієм і лише в дуже маленькому масштабі. При великих масштабах тут виникають труднощі і ще зовсім не зрозуміло, як їх можна буде подолати.

В добре освоєних приладах, як циклотрон або лінійний прискорювач, електрична енергія перетворюється на кінетичну енергію прискорених частинок, у цьому випадку ставиться зворотна задача, як кінетичну енергію перетворити в електричну? Принципово такі процеси цілком можливі, але щоб здійснити їх ефективно, треба виконати велику роботу винахідництва і подолати дуже багато технічних труднощів. Я ще не зустрічав у літературі навіть спроб винайти такі обернуті прискорювачі.

Другий шлях значно простіший. Він полягає в тому, щоб примусити швидкі частинки, отримані при ядерних процесах проводити хемічні реакції і накопичену так хемічну енергію перетворювати, наприклад, в електричну. Ось примітивна схема такого процесу.

Припустимо, що під впливом швидких частинок, одержаних під час ядерної реакції відбувається розпад води на водень і кисень; потім у газовому елементі при їх возз’єднанні виходить електричний струм. Отримання ядерної енергії такими хемічними процесами значно легше, ніж першим шляхом. Мабуть, можна сподіватися отримати непогану ефективність й очікувати, що установки будуть прості й дешеві. Але поки теорія і практика прямого перетворення ядерної енергії в хемічну, а хемічна в електричну у великих масштабах ще не розроблена і потрібно ще провести велику



наукову і технічну роботу, перш ніж ці процеси будуть застосовувати на практиці. Хоча в літературі немає згадок про те, що такі процеси розробляються, але вже є деякі роботи з вивчення впливу радіоактивних випромінювань на хемічні перетворення.

Нарешті третій шлях, він найреальніший. У цьому випадку шляхом поглинання енергії частинок ядерного розпаду перетворюють її на тепло, яке може бути використане для приведення в дію звичайних теплових машин, наприклад, парових або газових турбін. Ніби теплова установка з теплою, що працює на ядерній енергії. Така схема має ту перевагу, що всі елементи, які входять до неї, оснащені сучасною технікою, їх потрібно лише пристосувати до специфічних умов утворення тепла в ядерних реакторах і правильно скомбінувати між собою. Цим шляхом і йдуть нині науковці й інженери, і як видно з багатьох джерел іноземної наукової літератури, вже досягли обнадійливих результатів.

Треба зазначити, що ефективність такого шляху використання ядерної енергії буде завжди обмежена. Оскільки ККД сучасної паросилової установки не перевищує 30–35%, тобто очевидно, що аналогічні ядерні установки не можуть мати вищих ККД. Ядерні установки порівняно з теплосиловими стають складнішими через потребу створювати захист від радіоактивних випромінювань і користуватися дистанційним керуванням.

На практиці ці недоліки мають компенсуватися тим, що до ядерних силових установок не потрібно підвозити ні вугілля, ні нафти, ні іншого пального. Не важко бачити, що ця перевага може бути вирішальною у певних спеціальних випадках, як для генерації електроенергії в арктичних або інших важко доступних ділянках, на судах, літаках і нарешті на міжпланетних ракетах, тобто скрізь, де звичайне паливо є шкідливим мертвим вантажем.

Щодо мирного застосування ядерної енергії у народному енергетичному господарстві, то нині у науковій літературі досить докладно аналізують і вивчають техніко-економічні умови експлуатації різних типів тепло-ядерних електростанцій. Питання ще не зовсім очевидне. Наприклад, розрахунки показують, що капіталовкладення на одиницю потужності в ядерні силові установки дещо

більше, ніж у звичайні, але все таки це не є вирішальним чинником, оскільки у деяких випадках є змога наблизити таку ядерну електростанцію до споживача й заощадити на дорогій електромережі.

У питаннях вартості самої експлуатації передбачаються дві основні проблеми; перша з них – потреба періодично вилучати з реакторів радіоактивні „шлаки”. Цей процес пов’язаний з потребою дорогого хемічного перероблення урану. Деякі автори побоюються, що ці витрати можуть перевершити ту економію, яку дає вартість урану, як пального, порівняно з вугіллям.

Є ще одна велика проблема в експлуатації термоядерних електростанцій, це доля радіоактивних „шлаків”. Якщо їх просто викидати в море або на суходіл, як це зараз і роблять, то прості підрахунки показують, що незабаром отруєння води і повітря радіоактивністю загрожуватиме життю людей. Поки пропонують для виходу з цієї ситуації укладати шлаки в герметичні бетонні блоки й зберігати їх глибоко під землею або на дні океану. Це звичайно теж ускладнює і здорожує експлуатацію термоядерних електростанцій.

Важливу роль під час експлуатації відіграватиме надійність конструкції електростанції, вона має бути дуже висока, оскільки ремонт ядерних реакторів і пов’язаної з ними апаратури дуже ускладнюється радіоактивністю. Тут теж є труднощі. Річ у тому, що при високій температурі, яка є у паросилових реакторах, швидкі частинки, що утворюються при радіоактивних процесах, зумовлюють всілякі хемічні реакції. Ці реакції призводять до корозії навіть найстійкіших з матеріалів. З даних випливає, що найстійкіші з відомих матеріалів, як наприклад, нержавіюча сталь, не витримують у реакторах тривалої роботи. Але є сподівання, що покриття з цирконію розв’яже цю проблему. Проте на розроблення цих питань піде деякий час, оскільки поки що промислове виробництво цирконію не освоєно. Справа ще ускладнюється тим, що в цирконію завжди є домішки гафнію, присутність якого абсолютно не допустима в ядерних реакторах. Потреба ретельного хемічного очищення цирконію від гафнію ускладнює його металургію.

Слід ще вказати на заходи безпеки біля реактора, який працює інтенсивно на збагаченому урані, щоб ланцюгова реакція не призвела до



вибуху, подібно до атомної бомби. У літературі наведено дані, що ці питання надійно контролюють. Оскільки всі описані труднощі не принципові, то можна не сумніватися в тому, що всіх їх згодом науковці та інженери подолають.

Деякі відомі науковці та інженери у своїх виступах зазначають, що через 10–15 років теплоядерні електростанції за своїми техніко-економічними показниками наздоженуть звичайні, які працюють на спалюванні кам'яного вугілля й почнуть їх витісняти.

Щодо достовірних даних про роботу теплоядерних електростанцій, то їх поки що є дуже мало. У США, напевно, існують принаймні чотири реактори для теплосилових установок. Всі вони невеликі, працюють за різними циклами і мають на меті отримати певні показники. Відомо, що вже два роки працює реактор-помножувач. Досить докладно опублікована конструкторська ядерного реактора, який працює на збагаченому урані, в Ок-Ріджі. Від нього приводять у дію турбогенератор 140 кіловатів при ККД 14%. Ця дослідна установка працювала два роки. Вона мала спеціальну мету розробити силовий агрегат до підводних човнів. Те, що наведено в літературі, хоча й достатньо, та докладно технічні й економічні показники обмежені.

Перша справді велика установка теплоядерної електростанції 5000 кіловат, у 35 разів перевершила, побудовану в США, була запущена торік у СРСР. Ця установка має на меті звичайне мирне постачання електроенергією, тому її техніко-економічні показники будуть вельми істотні у розробленні методів мирного застосування ядерної енергії. Варто сподіватися, що колись, після певного терміну неперервної роботи, ці показники будуть отримані й стануть доступні до вивчення. Звичайно, ця перша радянська установка порівняно з майбутніми має все ж таки невелику потужність, так що важко чекати при її експлуатації гранично високих техніко-економічних показників. Але, поза сумнівом, вони мають відіграти важливу роль, як головні у розробленні більших теплоядерних силових агрегатів.

Наведені матеріали, мені здається, вказують, на велике майбутнє ядерної енергетики навіть якщо йти звичайним шляхом, беручи за основу вже відомий термодинамічний цикл, розроблений

і пристосований для спалювання звичайного палива, такого як вугілля, нафта тощо. Але природно передбачати, що далеке майбутнє буде за енергетичними циклами, подібними до тих, про які я говорив на початку і які повніше відповідатимуть специфіці отримання ядерної енергії.

На всьому цьому терені для науковців й інженерів відкривається перспектива найбільшої, найцікавішої і творчої наукової праці. Успішно і швидко вона може бути здійснена лише за дружньої участі науковців усіх країн світу, які працюють у різних галузях, таких як фізика, електроніка, металургія, хемія, електрохемія, теплотехніка тощо.

Поки головним гальмом, що заважає розвиткові цієї спільної праці, є засекреченість, пов'язана з науковою роботою з ядерних процесів. Це заважає об'єднатися в роботі не лише науковцям у міжнародному масштабі, а й як це видно з іноземної преси, навіть науковцям усередині однієї країни.

Я вже зазначав, що зараз, коли гонка атомного озброєння зайшла у глухий кут, є всі підстави передбачати, що вже в найближчі роки в галузі ядерної фізики секретність мусить припинитися і це відразу приведе до розквіту науки. Але не треба забувати, що на шляху до міжнародного спілкування науковців все ж таки залишиться й інша величезна перешкода – це холодна війна та її основа: класова нетерпимість до комуністичного світогляду. Для будь-якої прогресивно мислячої людини в цій нетерпимості, звичайно, не може не відчуватися відродження середньовічних методів боротьби з новими ідеями в науці, подібних до тих, які були колись організовані проти Коперника, Галілея та їхніх послідовників.

Людям вже давно слід було зрозуміти, що ніколи й ніде поліцейськими заходами не можна спростувати передового світогляду і припинити його розвитку. Хотілося б вірити, що в нашому сторіччі, така ситуація триватиме не довго, і дружна міжнародна співпраця науковців знову відродиться, це відразу дасть змогу рухатися вперед за мирне використання ядерної енергії.

Я вірю, що не за горами той час, коли велике відкриття – ядерну енергію, не проклинатиме людство, вона стане невід'ємною частиною нашої культури і добробуту, якою зараз є електрика.

*Матеріали взяті із журналу „Исторический архив”. 1994. № 6.



Лист П.Л. Капиці до М.С. Хрущова

16 січня 1955 р.

„Вельмишановний Микита Сергійович, останнім часом, декілька разів мене просили наші журнали написати статтю про атомну енергію. Я не міг виконати їхнього прохання, оскільки був позбавлений змоги читати іноземну публіцистику. Коли я просив, щоб мені дали іноземні суспільно-політичні журнали, то, зазвичай, відповідали, що це зайве, оскільки мені точно можуть сказати, що слід написати, тобто пропонувалося діяти за відомим рецептом: „Думки наші – підпис ваш”. Нарешті нещодавно, журнал „Новое время” надіслав мені потрібні іноземні журнали, і я отримав змогу написати статтю. У ній я подаю свій погляд на сучасний стан питання про мирне і військове застосування ядерної енергії. Багато що написано в праці було темою розмови з Вами, тому я думаю, що Вам може бути цікаво її прочитати. Але я боюсь, що деякі мої висловлювання, редактор журналу стане „вирізати”. Щоб цього не було, досвідчені товариші порадили мені перед тим, як її посилати в журнал, запитати Вашу думку про доцільність її друкування.

Вже минув місяць, як Ви мені сказали, що я можу розраховувати на допомогу в своїй праці і на добре ставлення до себе. Але ніщо за цей час в умовах моєї праці не змінилося. Давніше прохання Академії наук до ЦК повернути мені Інститут, так і залишається без відповіді. Це мене засмучує, головню тому, що показує, що проблема „Електроніка великих потужностей”, яку я порушив, не має по-справжньому серйозного сприйняття. Напевно, я неправильно зрозумів Вас, що з вирішення поставленого завдання слід поспішати, коли Ви вважали, що мій термін 5 років занадто довгий. А так, як зараз все рухається, він буде ще довшим.

З повагою,
П.Л. Капиця”

Записка Відділу науки і культури ЦК КПРС про статтю академіка П.Л.Капиці „Ядерна енергія”

27 січня 1955 року

Академік Капиця П.Л. просить розглянути його статтю „Ядерна енергія”, призначену для публікації у журналі „Новое время”.

У зазначеній статті популярно проаналізовано сучасний стан питання про мирне і військове застосування ядерної енергії. Автор статті показує неспроможність „атомної дипломатії” уряду США й заявляє про свою солідарність з академіком Скобельциним Д.В., який в листі до редакції журналу „Міжнародне життя” висловився за повну заборону атомної зброї. Акад. Капиця наводить цікаві дані про виступи іноземних науковців проти підготовки атомної війни, зокрема, про статті відомого англійського фізика Блекетта, в яких доводиться, що від минулої переваги США в атомному озброєнні тепер ніщо не залишилося.

Докладно проаналізувавши перспективи мирного використання ядерної енергії, акад. Капиця висловлює впевненість у тому, що недалеко той час, коли ядерну енергію не проклинатиме людство, а вона стане невід’ємною частиною нашої культури. Автор наголошує, що міжнародній співпраці науковців, яка дала б змогу швидше досягти результатів, заважає засекреченість ядернофізичних досліджень і політика холодної війни, заснована на класовій нетерпимості до комуністичного світогляду.

Проте стаття акад. Капиці не об’єктивна щодо висвітлення деяких політично важливих питань, містить відомості, які досі в СРСР не публікувалися, і викликає деякі інші зауваження.

Справедливо критикуючи гонку атомного озброєння, акад. Капиця не підкреслює, що Уряд СРСР першим висловився про заборону атомної зброї й послідовно добивається такого рішення. Не згадуючи про те, що в нашій країні розроблення атомної, а потім і водневої бомби з’явилася як вимушений захід у відповідь на політику уряду США, акад. Капиця намагається „відновити” об’єктивну картину гонки атомного озброєння. Стаття акад. Капиці створює враження, що Радянський Союз бере активну участь у гонці атомного озброєння, а в період з серпня 1953 року до березня 1954 року був навіть лідером цієї гонки.



У статті акад. Капиці об'єктивно розглядається й питання про шкідливий вплив засекречення ядерних досліджень на протрес науки. В статті не згадується про те, що група провідних фізиків США, Англії і деяких інших країн 1939 року ухвалила рішення припинити публікацію праць з фізики атомного ядра. Досі в іноземній літературі публікується лише та частина результатів вивчення ядерно фізичних явищ, яка не розкриває секретів атомної промисловості. Замість того, щоб висвітлити справжню історію засекречення праць у галузі атомної фізики, акад. Капиця закидає докір урядам, які нібито всі рівною мірою заважають науковцям налагодити міжнародну співпрацю.

У радянській відкритій пресі не публікували ніяких подробиць пристрою термоядерної (водневої) бомби, а також даних про те, що в США відтворена винайдена радянськими фахівцями конструкція бомби. Акад. Капиця, не вказуючи джерел інформації, пише:

„Радянським науковцям першим спала на думку геніальна ідея: процес утворення тритію з літію здійснювали спочатку не у реакторах, як це робили американці, а під час самого вибуху, завдяки нейтронам, які утворювалися у процесі ініціюючого ядерного вибуху. Відтак відпадала потреба мати у великих кількостях дуже дорогий тритій. Крім того, оскільки існує хемічна сполука водню з літієм (гідрид літію), то відпадає потреба застосовувати рідкий водень.”

Недоцільно вперше публікувати ці важливі відомості в статті, автор якої спеціально наголошує, що він не бере участі в ядерних роботах.

Акад. Капиця включив до своєї статті деякі міркування про подальший розвиток ядерно фізичних досліджень. Зокрема, він пише про можливість прямого перетворення ядерної енергії в електричну шляхом гальмування заряджених частинок, які утворюються під час розпаду атомних ядер. Автор статті зазначає, що він ще не зустрічав у літературі навіть спроб винайти прилади для здійснення такого процесу. З огляду на те, що деякі з висвітлених акад. Капицею напрямів наукових досліджень можуть мати практичне значення, навряд чи слід про них публічно говорити.

Характеризуючи руйнівну силу термоядерних бомб, акад. Капиця наводить сумнівні вислови американських експертів про те, що декількома десятками таких бомб можна стерти з лиця землі будь-яку країну. Про надмірно яскравий опис жахів атомної війни свідчить, наприклад, така фраза із статті акад. Капиці:

„Але головний жах термоядерної бомби не в її запалюючій руйнівній силі, а в радіоактивному зараженні повітря. Після вибуху будь-якого типу ядерної бомби в повітрі залишається велика кількість радіоактивної речовини, яка навіть у невеликих дозах не лише шкідлива для живого організму, а й смертельна для нього”.

Останнє твердження взагалі не правильне. У невеликих дозах радіоактивне випромінювання не є смертельним.

Акад. Капиця стверджує, що одна термоядерна бомба має у декілька разів більшу руйнівнішу силу, ніж 3 мільйони тонн звичайних бомб, які були скинуті на Німеччину під час Другої світової війни. Навряд чи доцільно наводити такі порівняння, не пояснюючи їх умовного характеру. Насправді ефект термоядерної бомби істотно нижчий, ніж ефект від вибуху такої кількості звичайних бомб, яка відповідає термоядерній бомбі за енергією, що виділяється. Незрозуміло так само, чи варто відкрито у друці намагатися кількісно зіставляти „атомну потужність” США і СРСР.

У праці акад. Капиці згадано, що на можливість звільнення енергії шляхом створення ланцюгової ядерної реакції першим вказав академік Семенов М.М., а перші опубліковані розрахунки в цьому напрямі зробили його співробітники Я.Б. Зельдович і Ю.Б. Харитон. Треба зазначити, що 1944 року, коли в США вже працювали уранові реактори, академік Семенов М. М. у збірці „Радянська хемія за 25 років” писав:

„Як показали розрахунки Зельдовича і Харитона, здійснення лавиноподібної ланцюгової реакції вимагає виконання низки умов, які поки що створити неможливо. Шлях до використання ядерної енергії, що полягає в ланцюговому процесі, ще дуже складний для техніки нинішнього часу”.

Серйозним недоліком статті акад. Капиці є також твердження про можливість перетворювати речовину в енергію. Автор статті ігнорує велику роботу, виконану радянськими фізиками і філософами з критики цього методологічно неправильного формулювання і діалектики – матеріалістичного висвітлення співвідношення між масою та енергією.

Вважаємо, що представлений академіком Капицею П.Л. текст статті „Ядерна енергія” публікувати недоцільно.

Зав. відділом науки і культури ЦК КПРС

О. Румянцев



*До 75-річчя від дня народження
Семена Устимовича Гончаренка*

Недавно виповнилося 75 років відомому майже усім учителям та школярам України Семенові Устимовичу Гончаренку. За його підручниками з фізики навчалося не одне покоління школярів.

Семен Гончаренко народився 9 червня 1928 року в селянській сім'ї у селі Шпаково Кіровоградської області. Навчався у сільській школі, після війни закінчив фізико-математичний факультет Кіровоградського педагогічного інституту. Згодом учителював на селі. З 1954 року – аспірант, а далі – працював у Науково-дослідному інституті педагогіки, 25 років з яких був заступником директора Інституту з наукової роботи.

Семен Гончаренко – доктор педагогічних наук, дійсний член Академії педагогічних наук України, член редколегії журналу „Світ фізики”. Науковець має багато наукових праць, підручників та науково-популярних книжок з фізики. Його доробок розвиває творчі здібності школярів, зацікавлює їх до вивчення фізики. Майже сорок років відомий педагог бере участь в організації та проведенні Всеукраїнських олімпіад з фізики для школярів. Науковець долучався до створення важливих державних документів про освіту в Україні. Брав участь у становленні Академії педагогічних наук України.

Нині Семен Гончаренко плідно працює в Інституті педагогіки та психології АПН України. Його люблять та шанують. Пропонуємо Вам відгуки про Семена Гончаренка учнів та послідовників його наукової педагогічної школи.

**Редакція журналу „Світ фізики” вітає Вас, Семене Устимовичу, з 75-річчям.
Бажаємо Вам міцного здоров'я, творчого натхнення, успіхів у науковій та педагогічній праці на благо України.**



Шляхетна іскра вічного вогню

Непересічна людина нагадує айсберг: лише мала її частина на поверхні, а основна – вкрита товщею океану. І той, хто ризикне зануритися у ці глибини, відкриває для себе частину його величі.

Для мандрівників безмежними просторами фізики таким айсбергом є Семен Устимович Гончаренко. Його ім'я для школярів, абітурієн-

тів та їхніх батьків стало називним („готують за Гончаренком”) та показником якісної підготовки („розв'язав усього Гончаренка”). Загальновідомі підручники з фізики (перекладено польською, румунською, угорською мовами) є лише часткою його творчого доробку. Для того, щоб зробити складне – простим, незрозуміле – доступним, заплутане – логічним і послідовним, потрібний талант фізика і педагога, яким є Семен Устимович.



Ті, кому пощастило долучитись до педагогічної науки, з радістю відкривають для себе Гончаренка-дидакта. Його праці „Методика, як наука”, „Український педагогічний словник” стали настільними книжками студентів, учителів, науковців. Компетентна наукова інформація, викладена у його працях з дидактики, життєво потрібна кожному педагогові. У них вони знаходять шляхи розв’язування педагогічних задач, що за складністю не поступаються фізичним. Незмінними залишаються їх простота, доступність, послідовність.

Наукові та педагогічні здобутки С. Гончаренка відзначено високими званнями доктора педагогічних наук, дійсного члена Академії педагогічних наук України, урядовими нагородами. Але як виміряти широту його душі, щирість стосунків, порядність вчинків? Може такою оцінкою є наукова школа, ідеї якої сягнули далеко за межі України? Або кількість його учнів й послідовників? У людських стосунках, як і у фізиці, загальне найкраще пізнається через конкретне. Тому звернімося до людей, яким пощастило працювати разом із Семеном Устимовичем, продовжувати його наукові ідеї.

Ірина Козловська, доктор педагогічних наук:
„Скоро минає 20 років від того дня, коли я вперше переступила поріг кабінету Семена Гончаренка – міфічної постаті, живого класика педагогіки й методики фізики. За його книжками я вчилася сама. Потім вчила своїх учнів. За цими книжками навчався мій син. І хоча останнім часом з’явилося чимало альтернативних підручників і задачників, все ж книжки Гончаренка – поза конкурсом. Вони не залежать від змін у програмах і педагогічної моди, віянь часу та адміністративних розпоряджень. Вони – фундаментальні, і їхнє життя вимірюється десятиріччями. Хочу нагадати один факт – цикл книжок „Фізика для допитливих” С. Гончаренка був чи не єдиним україномовним виданням науково-популярної літератури з фізики у радянські часи. Усі ці роки надзвичайну повагу до Семена Устимовича викликає його національна толерантність, уміння поєднати глибокий патріотизм із загальнолюдськими цінностями.

Чомусь в юності я уявляла собі Семена Устимовича маленьким, худесеньким чоловіком і була вражена, коли назустріч підвівся атлет з високим

чолом і проникливим поглядом. А я... аспірантка зі стосом наукових напрацювань. Якими наївними і громіздкими здаються тепер мені власні опуси. І як тактовно підтримав мої наукові пориви Семен Устимович, як побачив оті крихітні зернятка здобутків серед нагромаджених сотень сторінок, як допоміг самій зрозуміти себе! Вже потім знала – півгодинна розмова з ним дає матеріал для двох-трьох місяців праці вдома: настільки вагомими, чіткими і стратегічними були поради.

Не секрет, що у нас дуже люблять ідеалізувати минуле і канонізувати історичні постаті. Хочеться побажати українським педагогам мати мудрість бачити і щастя розуміти велич своїх сучасників. Людей, які не колись, а вже сьогодні увійшли до золотого фонду світової педагогічної науки. Вони живуть поруч. Серед них – Семен Гончаренко. І я щиро дякую долі, що дала мені змогу співпрацювати з ним. Відчуті його талант бачити у кожній людині світле, розумне, людяне. Подарувати кожному не лише свої поради й допомогу, а й подарувати людині саму себе, відкрити в ній нові грані і можливості, про які вона й не підозрювала.

Сьогодні до Семена Устимовича приходжу зі своїми учнями й вже їхніми учнями, яких жартома називаємо науковими „внуками”. Нас майже двадцять осіб у творчій групі послідовників Гончаренка на Львівщині, які займаються проблемою інтеграції у педагогічній науці. А скільки їх в Україні! І в кожному з нас, допоки б’ється серце, між побутом і труднощами повсякдення, між рутинними обов’язками і прозаїчними клопотами, палає іскорка, яка об’єднує нас – таких різних – любов і повага до Семена Устимовича.”

Тетяна Якимович кандидат педагогічних наук:

„Я є науковою „правнучкою” Семена Устимовича. І наші стосунки розвивалися, як заведено у таких випадках: спочатку розповіді-легенди про Великого науковця („І я його побачу?”), офіційне представлення („Невже це Він?”), нерішуче очікування біля дверей („А що Він скаже?”), а потім неперевершене бажання поділитися саме з ним своїми успіхами та пожалітися на невдачі („Він зрозуміє і порадить”). Пригадую, як звернулася до нього, щоб розсудив наукову суперечку, чи має право на існування термін „дидактика виробничого навчання” замість традиційного „методика виробни-



чого навчання”. На що отримала коротке і просте пояснення: методика навіть у фізиці стосується не загального курсу, а певних її розділів, бо специфіка змісту кожного з них вимагає своїх методів навчання. Тому і методика виробничого навчання спрямована на конкретну професійну підготовку. А загальні закономірності навчання як фізики, так і виробничого навчання – це галузь дослідження дидактики.

Я ніколи не бачила дверей робочих кабінетів С. Гончаренка замкненими, їх не прикривають неприступні секретарки, і кожен, хто має в тому потребу, може звернутися до нього за порадою. До будь-якої складної ситуації Семен Устимович ставиться трохи з гумором, а це заряджає оптимістом похнюпленого відвідувача. Однак ситуація різко змінюється, коли йдеться про важливі наукові питання. Принциповість та відстоювання ідей – це головна лінія його поведінки на вчених радах. Знову ж таки простота, доступність у людських стосунках і послідовність у наукових – це ті риси, які притаманні справді Великому науковцеві.”

Оксана Вознюк, аспірантка:

„Коли вперше зустрічаєш людину, то завжди звертаєш увагу на її очі. А в очах Семена Устимовича лише лагідність і добро. Спілкуючись з ним, не відчуваєш дистанції між академіком і аспірантом. А навпаки – лише мудрий порадник,

цікавий співрозмовник, який поєднує в собі одночасно велич і простоту.”

Ольга Джулик, кандидат педагогічних наук:

„Семен Гончаренко – відомий у світі науковець, скромна, комунікабельна, приємна в спілкуванні людина, тактовна та делікатна, що з повагою ставиться до чужих поглядів та думок, вміє додати їм чіткості, логічності та системності.

Одним з елементів його високого інтелекту та гострого розуму є надзвичайно розвинуте почуття гумору, витонченого, легкого, влучного і доброго. Він неквапливий і врівноважений, вдумливий і доброзичливий, самодостатня людина з позитивною аурую, для якої – творити добро, допомагати – це спосіб мислення та спосіб життя, а не просто загальні банальні фрази.”

Андрій Литвин, кандидат педагогічних наук:

„Життя Семена Устимовича Гончаренка покладене на вітар педагогічної науки, розв’язання її проблем, сприяння її розквіту, виховання Педагога „своєю поведінкою, знаннями, людяністю, любов’ю, щастям, талантом”. Значною мірою завдяки Семенові Устимовичу зросла кількість досліджень з теорії та методики освіти, зокрема професійної, в Україні. Розуміючи важливість і глибину проблем, що стоять перед нашою освітою, враховуючи їхню практичну значущість і нагальність, С. Гончаренко завжди прагне викликати



Академік Семен Гончаренко (праворуч) зі своїми послідовниками: канд. пед. наук Тетяна Якимович, канд. пед. наук Богдан Камінський, докт. пед. наук Ірина Козловська (10 червня, 1999. Львів, Високий замок)



зацікавлення широкої педагогічної громадськості до педагогічних досліджень. Це, безумовно, принесло користь як розвиткові теоретичних основ національної освіти і виховання, так і їхньому практичному втіленню. Академік опирається на широку джерельну і наукову базу, державні закони, інструкції, нормативні документи, що регламентують освітянську діяльність. Багато уваги він приділяє розвиткові експериментальних педагогічних досліджень, публікаціям у періодичній пресі.

Як громадський діяч і науковець він спрямовує свої зусилля на відтворення інтелектуального потенціалу нації та виведення української освіти на новий, якісно вищий рівень, налагоджує плідні міжнародні зв'язки з освітянами Польщі, Німеччини, інших країн. Це відображено у науковому доробку науковця, захищених під його керівництвом кандидатських і докторських дисертацій, у роботі багатьох навчальних закладів. Численні публікації Семена Устиновича змушують не раз замислитися над тим, чи правильним є наш вибір професії, чи відчуваємо ми її красу, чи здатні виконувати високу місію педагога у суспільстві?"

Лідія Сліпчишин, аспірантка:

„У нашій школі побутував вислів: „З фізики має відмінно той, хто „пройшов” Гончаренка. Я зрозуміла це, коли почала готуватися до Інституту – збірник задач Гончаренка став моєю настільною книжкою. У хвилини відпочинку виходила на балкон, дивилася на вулицю й думала про автора збірника задач, якого уявляла надзвичайно розумною, поважною особою. Промайнули роки, змінилися мої життєві стежки. І коли я вперше зайшла до кабінету Семена Устиновича, згадала студентські роки. Хотілося записати кожне слово. І зараз, з плином часу, кожна зустріч з академіком Гончаренком – це своєрідний етап у науковому пошуку, відкриття нових горизонтів.”

Богдан Камінський, кандидат педагогічних наук, директор ВПУ-59 м. Львова:

„Українська земля була завжди багата прекрасними людьми і вони – гордість нашої історії. До людей, які є окрасою еліти належить доктор педагогічних наук, професор, дійсний член АПН України Семен Гончаренко. З ним мене доля звела декілька років тому під час написання і захисту дисертації. Це воістину великий науковець і людина, якій властиві високі людські цінності. Через його наукову школу пройшли сотні молодих науковців, до цієї школи я хотів би віднести й себе. Семен Гончаренко – надзвичайно душевна людина. Він вмilo поєднує наукову вимогливість і психологічну підтримку в складних ситуаціях. У своїй науково-педагогічній роботі хотів би бути подібний до Семена Устиновича – людини щирої, справедливої, доброзичливої, багатої на всі найкращі риси характеру.

Лариса Джулай, аспірантка:

„У кожній сфері людської діяльності є постаті, фаховий авторитет яких безсумнівний. Ще з часів вивчення фізики у школі прізвище Гончаренко було символом досконалості. Не думала, що судилося нам зустрітися, але, пропрацювавши понад 20 років у медичному коледжі, вирішила узагальнити результати досліджень з проблем контролю знань і вмінь. Якою безмежною була радість, коли мою працю читав С. Гончаренко: „Нехай Ваш контроль матиме людське обличчя”, – сказав академік. Так Семен Устинович увійшов у моє життя вдруге, вже як видатний дидакт. Кожна нова зустріч – нові думки, переосмислення зробленого. Деколи аж дивно – як Семен Устинович встигає все прочитати, зрозуміти, влучно порадити.

*Матеріали підготували
Ірина Козловська,
Тетяна Якимович*

„Велике значення у формуванні науковця-початківця мають наукові школи. Але перш ніж говорити про це, потрібно сформулювати саме поняття. Лабораторія, науково-дослідний колектив переходять у ранг школи тоді, коли в них є оригінальна концепція, зовсім новий напрям у науці. Наукова школа – це традиція мислення, особлива наукова атмосфера”

П. Анохін

Наукове „човникування”

*Якщо хтось каже, що робить достатньо,
то він помиляється. Завжди можна
зробити більше.*

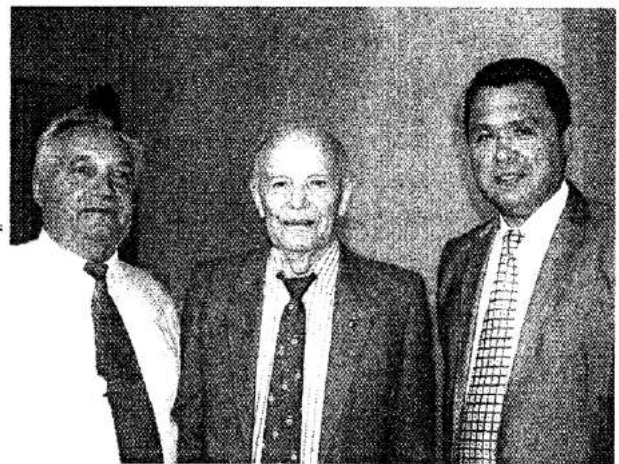
Орест Івасишин

Національна академія наук України – найавторитетніша наукова організація в Україні, яка налічує багато академічних інститутів. У них працюють відомі науковці, які здійснюють цікаві та актуальні дослідження, зокрема й в галузі фізики. Однак відомо, що наука в Україні „старіє”. Середній вік членів академії поважний.

Редакція журналу „Світ фізики” під час проведення Загальних зборів Національної академії наук України у травні 2003 року вивчала питання: як залучити молодь до наукових досліджень в академічних інститутах, що робиться у цьому напрямі, чи існують державні програми, чи достатньо інформації тощо.

Ми спілкувались з президентом НАН України академіком Борисом Патonom, академіком-секретарем Відділення фізики і астрономії Антоном Наумовцем, директором Інституту електронної фізики, академіком Угорської академії наук, членом-кореспондентом НАН України Отто Шпенником, заступником директора Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова, академіком Орестом Івасишином, виконувачем обов’язки завідувача відділу Інституту конденсованих систем НАН України, членом-кореспондентом Мирославом Головком та ін.

На наші запитання Антон Наумовець відповів так: „Це складне питання. Відповідь залежить від багатьох чинників. Насамперед – це невисока зарплата працівників Академії наук. Неподалово було проведено соціологічні опитування серед молоді. Можливо деякі цифри і здивують, але лише 13% опитаних відповіли, що робота в Академії наук їх не приваблює через низьку зарплату, а решта – відповіли, що вони не хочуть йти до Академії тому, що там немає належних умов для їхньої самореалізації. Маючи на увазі, що недостатньо обладнання та укомплектованих бібліотек, зат-



*Президент НАН України Борис Патон (у центрі)
з академіками Павлом Кислим (ліворуч) і
Володимиром Семиноженко (праворуч) під час
проведення загальних зборів НАН України
(м. Київ, травень 2003 р.)*

руднений доступ до сучасних засобів інформації – Інтернету.

Цього в нашій Академії, на жаль, обмаль. Така зв’язка причин впливає на те, що молодь йде працювати до Академії неохоче. Хоча українська держава і робить дещо для того, щоб привабити молодь до Академії: стипендії Президента України; стипендії НАН України; спеціальні гранти для молодих дослідників; державні премії для молоді. Але цього замало.

Друга важлива причина – це житло. Для тих, хто мешкає у великих наукових центрах – це не така гостра проблема. А уявіть собі талановиту людину, яка приїхала з периферії. Які вона має шанси отримати житло? Жодних! Академічної платні, щоб придбати житло, не вистачає.

Тобто це комплекс питань, які має розв’язувати держава загалом.

Яке моє ставлення до того, що молодь виїжджає за кордон? Часто це подають як негативний чинник. Однак це не так. Змога попрацювати у провідних лабораторіях, пройти там стажування, налагодити контакти із закордонними колегами, вивчити мову, позбутись комплексів, які у нас часто є. Це дуже важливо. Але, коли ми говоримо, що ця молодь не повертається, то ми, дорослі „дядьки” візьмімо основну частину провини на себе. Тому що дорослі люди, які стоять біля керма держави, не створюють належних умов, щоб молоді люди хотіли повернутись в Україну. Не всі науковці, що виїхали за кордон – щасливі. Хотілося б, щоб держава мала комплекс заходів, які дали б змогу розв'язати ці питання.

Деякі академічні інститути успішно працюють, поєднуючи можливості, які є в Україні і за кордоном. Нещодавно, виступаючи на „Інтелектуальному форумі України”, я сказав, що саме такі заходи треба передбачити, щоб науковці могли ефективно використовувати закордонний досвід. Те, що зараз відбувається, я називаю науковим „човникуванням”, тобто науковці їдуть за кордон, працюють там, отримують результати, які ми в Україні не можемо отримати на нашому обладнанні, працюють там з відповідними методиками, потім повертаються в Україну з цими результатами і продовжують дослідження. Сьогодні це найоптимальніше.



Академік-секретар Відділення фізики і астрономії НАН України Антон Наумовець (ліворуч) та Учений секретар цього ж Відділення Дмитро Тарасенко (праворуч), (м. Київ, травень 2003 р.)

У багатьох країнах є спільні міжнародні наукові програми. Наприклад, у Німеччині. Вони виділяють кошти під конкретні проекти. Окремі українські академічні інститути мають такі програми, і це добре. Наприклад, у нас є такі програми з Німеччиною, у галузі нанофізики і нанотехнології. Маємо десять спільних проектів, які, на жаль, з нашого боку дуже погано фінансуються. Німецька сторона свої зобов'язання виконує. Але, незважаючи на це, ми маємо добру співпрацю.

Щодо інформованості молоді, то, звичайно, у нас ще недостатньо робиться. При НАН України створено пресклуб, ми намагаємось співпрацювати із засобами масової інформації, у деяких академічних інститутах є спільні кафедри з вищими навчальними закладами.”

Відповідаючи на ці ж питання Отто Шпенік зазначив: „Молодь була, є і буде в науці. Нині це, можливо, не так масово, як у радянські часи. Тоді наукова праця була престижною. Сьогодні вона не є такою, бо фінансована недостатньо та й у молоді є змога заробити гроші в інших сферах. Робиться дуже багато, щоб молодь зацікавилась наукою. Як фізик, можу впевнено сказати, і фізикою, зокрема. Є стипендії Академії наук, підвищені стипендії для аспірантів, є привабливі міжнародні гранти. Наведу приклад з нашого Інституту електронної фізики. Молодь щорічно їздить на міжнародні конференції коштом Європейського товариства, оргкомітетів чи грантів. Багато молодих науковців проходять наукове стажування за кордоном. Масовість, яка була раніше, можливо, й не потрібна. Це були перегини. У радянські часи більше приваблювала фізика, бо там було краще фінансування. Майбутнє, звичайно, є. Хочеться, щоб і підтримка з боку держави була активніша. На науку українська держава витрачає нині менше ніж 1% від валового національного продукту, водночас в європейських країнах – від 1,5 до 3%.

Нині престижно вчитися на юридичних чи економічних факультетах, та за рік-два буде пересичення цими фахівцями, і абітурієнти звернуться до інших напрямів діяльності. Зростатиме зацікавлення технічними науками, зокрема й фізикою.

Чому за кордоном цінують наших фізиків? Бо цей процес у них пройшов раніше. І нині там не вистачає саме таких фахівців. І в Україні ці відхилення будуть відрегульовані.



Директор Інституту магнетизму Національної академії наук та Міністерства освіти і науки, академік Віктор Бар'яhtar (праворуч) та заступник директора Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова, академік Орест Івасишин (ліворуч) під час проведення Загальних зборів НАН України (м. Київ, травень 2003 р.)

Для молоді інформації багато. Студенти вже на 3–4-х курсах університетів добре орієнтовані. Якщо йдеться про середні школи, то тут ще треба багато попрацювати. Колись добре працювали товариства „Знання”, які сьогодні майже забуті. У школах ми майже нічого не робимо. Я є президентом Закарпатської малої академії наук і ми щороку збираємо школярів з 8–11-го класів і бачимо, що школярі цікавляться наукою. А ось науково-популярних видань нині в Україні не вистачає, які, наприклад, колись випускало товариство „Знання”.

Нашу розмову продовжив академік Орест Івасишин: „Відділення фізики і астрономії НАН України за останні роки звертає увагу на те, що робота з молоддю ведеться недостатньо. Ми втрачаємо здібну молодь. Те ставлення до фізики, яке склалося нині у суспільстві, не дає змоги суттєво поліпшити ситуацію...”

Якщо аспірант не інформований, то це поганий аспірант. Інформації зараз достатньо, і людина, яка вирішила присвятити себе науці, має знайти спосіб, як її здобути. Погано інформовані школярі. Тут ми не допомагаємо. Їх треба більше інформувати про те, що робиться у нашій державі і на що їм можна спрямувати свої зусилля. Треба мати більше таких журналів, як „Світ фізики”, який, на мій погляд, є найкращим журналом і не тільки, мабуть, в Україні.

Змусити працювати ефективніше у цьому напрямі державні структури безнадійно. Можна лише переконати відповідних компетентних фахівців у важливості цих проблем. Якщо хтось каже, що робить достатньо, то він помиляється. Завжди можна зробити більше.”

Ознайомившись з міркуваннями відомих українських науковців, ми переконались, що всі вони вірять у майбутнє української науки. Ми впевнені, що в недалекому майбутньому в академічних установах зникне проблема „старіння” науки, а українській талановитій молоді буде престижно працювати у наукових лабораторіях Національної академії наук, і їхні наукові доробки збагачуватимуть насамперед Україну.

Галина Шопа



Дискусія Ландау з Бором.

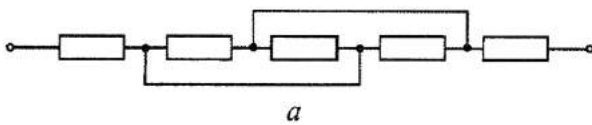
*Бор каже, прив'язаному до крісла,
Ландау: „Зачекайте, зачекайте,
Ландау, дайте і мені хоч слово сказати!”*

Теоретичні завдання IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики Запоріжжя, 2003 р.

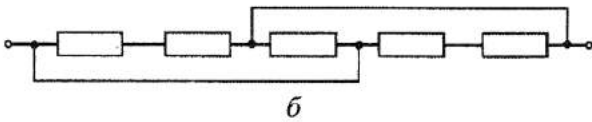
8-й клас

Задача 1.

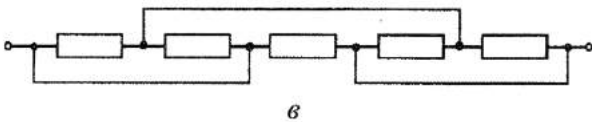
Визначіть опір системи з п'яти резисторів, з'єднаних так, як зображено на рисунках, для випадків а), б) і в), якщо кожен із резисторів має опір R .



а



б



в

Задача 2.

Циліндричну склянку до висоти h заповнили шматочками льоду. Пори між шматочками льоду наскрізні, широкі та в початковому стані заповнені повітрям. Крижинки займають частину об'єму $\alpha = 60\%$. Лід починає танути, причому співвідношення об'ємів крижинок і пор між ними залишається незмінним. Визначіть рівень води в склянці в момент, коли частина льоду $\beta = 70\%$ розтанула. Густина суцільного льоду $\rho_1 = 900 \text{ кг/м}^3$, густина води $\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Задача 3.

Дві сполучені посудини з площами перерізу $S_1 = 100 \text{ см}^2$ і $S_2 = 200 \text{ см}^2$ заповнені водою й закриті легкими поршнями. Система перебуває в рівновазі. У цьому положенні на менший поршень поміщають гирю маси $m = 1 \text{ кг}$. Визначіть, яка кількість теплоти виділиться в системі при переході в нове положення рівноваги.

Задача 4.

Потрібно сконструювати електричну піч, на нагрівальному елементі якої має виділятися потужність $2,1 \text{ кВт}$. Прикладена постійна напруга $U = 220 \text{ В}$, загальний опір підвідних провідників $r = 1 \text{ Ом}$. Яким треба зробити опір нагрівального елемента печі?

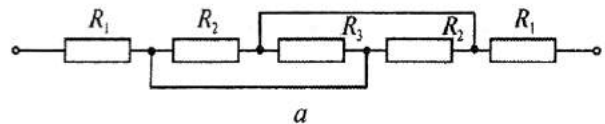
Задача 5.

Через блок перекинута нерозтяжна нитка завдовжки L . Нижній її кінець торкається землі, а верхній – утримується на висоті H від землі. Яку початкову швидкість v_1 , направлену донизу, треба надати верхньому кінцеві нитки, щоб він досяг землі з мінімально можливою швидкістю? Масою блока та тертям знехтуйте.

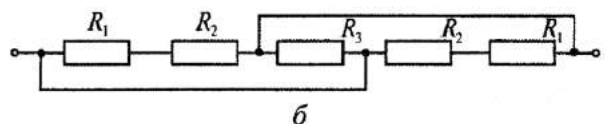
9-й клас

Задача 1.

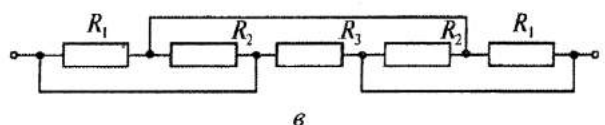
Визначіть опір системи з п'яти резисторів, з'єднаних так, як зображено на рисунках, для випадків а), б) і в) Значення опорів резисторів вказані на рисунку.



а



б



в

Задача 2.

На нитці завдовжки $l = 7,35$ м висить вантаж. У нього стріляють з рушниці. Вантаж починає гойдатися. Щоразу, коли він проходить положення рівноваги, віддаляючись від рушниці, в нього влучає куля, яка летить горизонтально. Швидкість кулі $v = 600$ м/с. Визначіть, на який максимальний кут φ відхилиться вантаж після двадцятого пострілу, якщо всі кулі застрягають у ньому. Початкова маса вантажу в 1880 разів більша від маси кулі. Втратами енергії у процесі коливань знехтуйте.

Задача 3.

Динамометр, який лежить на абсолютно гладенькій горизонтальній поверхні, тягнуть за вільний кінець пружини із силою $F = 4$ Н, прикладеною паралельно до поверхні. Що показує динамометр, якщо маса його корпусу $M = 3$ кг, маса пружини $m = 1$ кг? Динамометр градуйовано при закріпленому корпусі.

Задача 4.

Космічний корабель обертається навколо Місяця по коловій орбіті, радіус якої дорівнює трьом радіусам Місяця ($R = 3R_0$). На скільки потрібно змінити швидкість корабля, щоб він „примісячився” на протилежному боці Місяця? Радіус Місяця $R_0 = 1737$ км, маса Місяця $M_0 = 7,35 \cdot 10^{22}$ кг.

Задача 5.

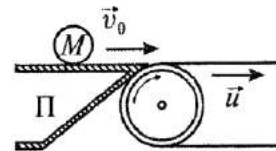
Поясніть з оптичного погляду механізм дії паранджі*.

* Паранджа – це частково прозора тканина (сітка), якою в деяких мусульманських країнах жінки прикривають обличчя.

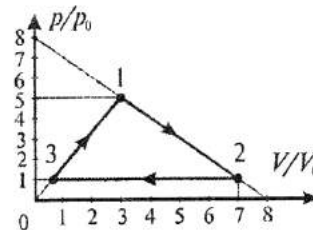
10-й клас
Задача 1.

Циліндрична тонкостінна трубка масою M котиться без ковзання по горизонтальній поверхні нерухомої дошки Π із поступальною швидкістю v_0 і потрапляє на стрічку горизонтального транспортера, яка рухається в тому ж напрямку зі швидкістю u (див. рис.). Коефіцієнт тертя ковзання між трубкою та стрічкою дорівнює k . Через який час t_1 після потрапляння на стрічку трубка почне ко-

титися без проковзування? Знайдіть зміну кінетичної енергії трубки за час t_1 . Знайдіть кількість тепла, що виділиться за час t_1 у результаті тертя між трубкою та стрічкою.


Задача 2.

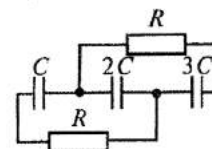
Теплова машина, робочою речовиною якої є ν молів ідеального одноатомного газу, здійснює замкнений цикл: на ділянці 1–2 тиск лінійно спадає зі збільшенням об'єму, на ділянці 2–3 відбувається ізобарний процес, на ділянці 3–1 тиск лінійно зростає зі збільшенням об'єму. Знайдіть об'єм і температуру газу в точці 3; роботу газу за цикл; ККД теплової машини. Величини p_0, V_0 вважайте відомими.


Задача 3.

Як із чотирьох тонких дротяних спіралей із опорами 10, 20, 30 і 40 Ом, розрахованих на виділення потужності не більше 2 Вт на кожній, скласти нагрівник найбільшої можливої потужності, якщо є джерело струму з ЕРС 20 В і внутрішнім опором 20 Ом?

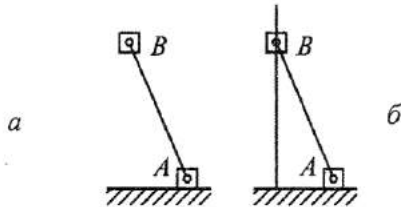
Задача 4.

Три послідовно сполучені конденсатори ємностями $C, 2C$ і $3C$ приєднані до джерела з ЕРС 30 В. Заряджені конденсатори від'єднали від джерела, після чого до конденсаторів підключили два однакових опори R . Яка кількість теплоти виділиться в резисторах, якщо $C = 3$ мкФ?



Задача 5.

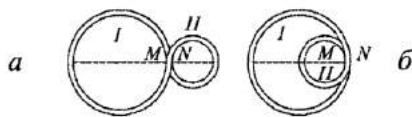
Розгляньмо систему, що складається зі стрижня AB завдовжки l та двох повзунів масами m , шарнірно з'єднаних з кінцями стрижня. Стрижень вважаймо невагомим й абсолютно жорстким, маси повзунів – точковими. Система утримується нерухомо в початковому положенні. Повзун A розміщений на горизонтальній площині, повзун B – на висоті $h = 0,9 \cdot l$ від неї. Зі стану спокою під дією сили тяжіння система падає на горизонтальну поверхню. Тертя відсутнє. У першому випадку повзун B вільний (рис., *a*), а в другому рухається по вертикальній направляючій (рис., *б*). У якому випадку стрижень впаде скоріше й чому? Висновки підтвердіть розрахунками.



11-й клас

Задача 1.

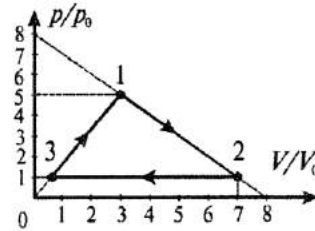
З ізоляваного дроту зроблено замкнуту петлю (рис., *a*). У місці перехрещування розташовані одна над іншою точки M і N дроту. Радіус контуру I дорівнює r_1 , а контуру II – r_2 . Визначіть різницю потенціалів між точками M і N , коли цей контур пронизує магнетне поле, перпендикулярне до площини рисунка, індукція якого змінюється за законом $B(t) = \alpha t$, $\alpha = \text{const}$. Якою буде різниця потенціалів між цими точками, якщо петля має форму, що зображена на (рис., *б*)?



Задача 2.

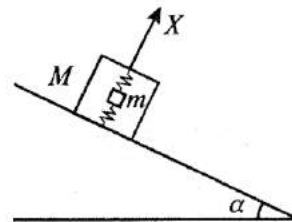
Теплова машина, робочою речовиною якої є ν моль ідеального одноатомного газу, здійснює замкнений цикл: на ділянці 1–2 тиск лінійно спадає зі збільшенням об'єму, на ділянці 2–3 відбувається ізобарний процес, на ділянці 3–1 тиск лінійно зро-

стає зі збільшенням об'єму. Знайдіть об'єм і температуру газу в точці 3; роботу газу за цикл; ККД теплової машини. Величини p_0 , V_0 вважайте відомими.



Задача 3.

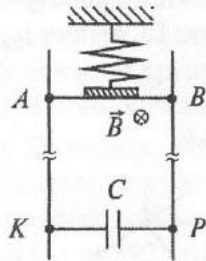
На похилу площину, що утворює кут α з горизонтом, поставили скриньку масою M . Між дном і кришкою скриньки на гладенькому стрижні за допомогою пружин закріпили тягар масою m . Тягар здійснює гармонічні коливання за законом $x = A \sin(2\pi t/T)$, де x – зміщення тягара вздовж осі X , яка перпендикулярна до похилої площини, A – амплітуда коливань, T – їхній період. Коефіцієнт тертя між скринькою і площиною $\mu = \text{tg} \alpha$. Знайдіть середню швидкість руху скриньки за час, набагато більший від T . Вважайте, що весь цей час скринька рухалася по площині поступально і не підстрибує. Знайдіть умову того, що скринька не буде підстрибувати. Масою стрижня та пружин знехтуйте.



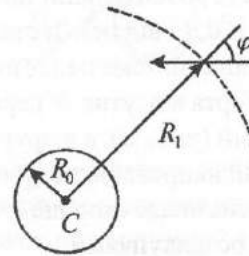
Задача 4.

На пружинці з коефіцієнтом жорсткості k висить тягар. До нього прикріплено мідну планку AB завдовжки l . Планка може ковзати без тертя вздовж нерухомих вертикальних провідних рейок AK і BP , маючи з ними електричний контакт. До рейок приєднаний конденсатор ємністю C . Система перебуває в однорідному магнетному полі, вектор індукції B якого перпендикулярний до планки та рейок. Знайдіть період вертикальних коливань

тягара. Маса тягара з планкою дорівнює m . Знехтуйте опору планки, рейок і провідників.



ширюється в площині, якій належить точка C – центр симетрії середовища. Відомо, що на відстані $R_1 = 80$ см від центра C лазерний промінь утворює з радіусом-вектором, проведеним із цього центра, кут $\varphi = 30^\circ$ (див. рис.). На яку мінімальну відстань до центра симетрії середовища наблизиться лазерний промінь?



Задача 5.

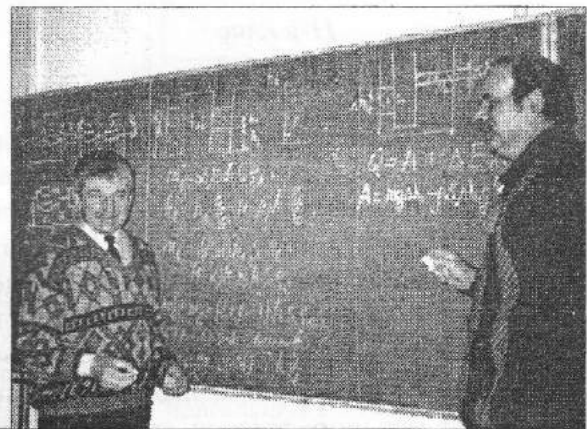
Лазерний промінь поширюється в сферично симетричному середовищі з показником заломлення $n(R) = R/R_0$, де $R_0 = 30$ см, $R_0 \leq R$. Промінь по-



Позитивним у проведенні Всеукраїнських олімпіад є апеляції, де школярі можуть не лише спокійно проаналізувати із членами журі свій розв'язок, а й поспілкуватися з науковцями, відомими учителями, задати їм запитання, що їх хвилюють.

Дуже уважно довелось попрацювати членам журі Всеукраїнської олімпіади з фізики 2003 року. Задачі були підібрані не зовсім вдало: деякі

з них взяли із збірника задач Всеросійської олімпіади з фізики, що вийшов нещодавно в Росії тридцяти-тисячним накладом. У цьому збірнику в умовах та розв'язках задач є чимало помилок.



Під час апеляції на Всеукраїнській олімпіаді з фізики (м. Запоріжжя, березень 2003 р.)



Нові перспективи для фізиків майбутнього

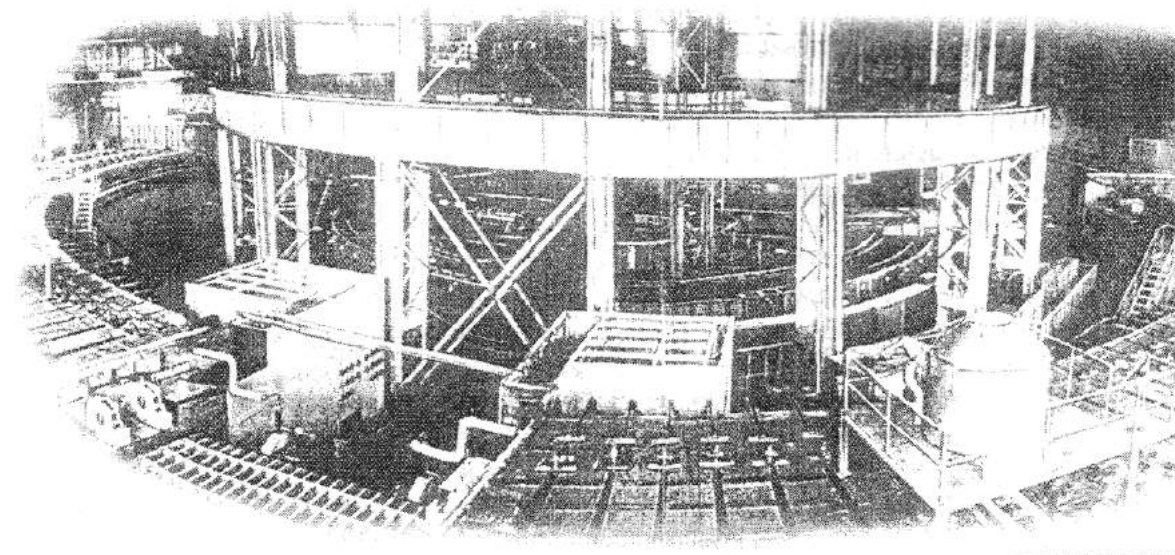
Цього року фізичному факультетові Львівського національного університету імені Івана Франка виповнилось 50 років. Викладання фізики в одному з найстаріших університетів України ведеться вже майже 230 років, а кафедрам теоретичної та експериментальної фізики – майже 130 літ! Багато часу минуло, є уже славні традиції, сформовано відомі наукові школи, виховано чимало відомих фізиків...

І знову перспективи майбутнього... Усвідомлюючи роль фізичної науки як однієї з визначальних у творенні поступу суспільства, розуміючи її виняткове значення для розвитку науково-технічного потенціалу, промисловості та обороноздатності України, беручи до уваги помітний прогрес у розвитку фізичної науки, багаті традиції фізичних досліджень, сьогоdnішній науковий та педа-

гогічний потенціал фізичного факультету, напрями підготовки фахівців, прагнучи стимулювати подальший розвиток прикладних та фундаментальних фізичних досліджень, Учена Рада Львівського національного університету імені Івана Франка 26 лютого 2003 року ухвалила створити факультет електроніки, поділивши фізичний факультет на два: фізичний та електроніки.

Фізичний факультет

Сьогодні на фізичному факультеті функціонує п'ять кафедр: теоретичної фізики, експериментальної фізики, фізики металів, астрофізики та загальної фізики, виходить „Журнал фізичних досліджень”, створений з ініціативи ректора університету проф. І. Вакарчука, який є його головним редактором, Вісник Львівського університету, серія фізич-





*Декан фізичного факультету ЛНУ
ім. Івана Франка професор П. Якібчук*

на, діє спеціалізована рада із захисту кандидатських та докторських дисертацій. Для студентів створено низку навчальних та науково-дослідних лабораторій, науково-технічний центр низькотемпературних досліджень, астрономічна обсерваторія, комп'ютерні класи, локальна комп'ютерна мережа з цілодобовим доступом до інтернету.

Факультет має сучасну спектральну апаратуру, що перекриває область енергій від рентгенівського до інфрачервоного випромінювання і працює в широкому температурному діапазоні аж до температур зрідженого гелію. Освоєно методики вирощування кристалів з розчину і розплаву, реєстрацію мас до 300 а.о.м., вакуумні системи з розрідженням до 10^{-9} Тор, поляризаційні вимірювання та керування експериментом за допомогою ЕОМ.

Напрями наукової роботи пов'язані з теоретичними дослідженнями фундаментальних проблем фізики – суперсиметрія у квантовій механіці, нові математичні методи в теоретичній фізиці; фізики конденсованого стану – теорія квантових рідин, теорія неупорядкованих систем, теорія розсіяння у фізиці конденсованого стану, динамічні властивості твердих тіл, феромагнетизм неупорядкованих магнетиків; фізики плазми – теорія зоряних спектрів, теорія релятивістських систем заряджених частинок.

Експериментальні роботи, пов'язані з дослідженнями електронної будови, зонно-енергетичної структури і фізичних властивостей металів, напівпровідників і діелектриків, швидкозмінних

випромінювальних процесів у сцинтиляційних матеріалах, релаксації електронних збуджень, енергетичної структури дефектів у йонних та йонно-ковалентних кристалах, кореляційних ефектів у металах і надпровідниках, планетології, великомасштабної структури Всесвіту.

Факультет готує фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів бакалавр, спеціаліст, магістр за напрямом підготовки „Фізика” із трьох спеціальностей: фізика, фізика твердого тіла, астрономія. Обсяг державного замовлення на фізичний факультет, починаючи від 2003 року – 90 студентів. Навчально-виховний процес забезпечує висококваліфікований викладацький колектив – 14 професорів, докторів наук, 20 доцентів, кандидатів наук, які читають лекції не лише для студентів фізичного факультету, а й в інших навчальних закладах України та за її межами.

На факультеті виходить чимало навчально-методичної літератури. У цьому велика заслуга ректора Університету професора І. Вакарчука, який сам написав уже три підручники для студентів. За підручником „Квантова механіка” навчаються студенти усієї України. Іван Вакарчук 2001 року отримав за цей підручник Державну премію України з науки і техніки.

Науковці та викладачі факультету підтримують тісні зв'язки з багатьма провідними університетами та науковими центрами нашої країни, а також іноземними, зокрема з Віденським університетом, Вищою педагогічною школою Ченстохови (Польща), Інститутом експериментальної фізики університету м. Гамбург (Німеччина), Московським університетом, Латвійським університетом, Політехнічним університетом м. Санкт-Петербурга, Інститутом фізики в м. Празі, Інститутом фізики м. Тарту, Технічним університетом м. Дельфт, Міжнародним науковим центром DESY м. Гамбурга.

До читання лекцій із загальних і спеціальних курсів залучено провідних фахівців Інституту конденсованих систем НАН України, серед них, член-кореспондент, професор І. Стасюк, професори М. Головка, Ю. Головач, М. Козловський.

Для студентів на факультеті функціонує 12 навчально-наукових лабораторій, істотно зросла матеріальна база обчислювальної техніки. Усі лабораторії обладнані комп'ютерами, на кожній кафедрі діє комп'ютерний клас. У студентів спе-



ціальності „Астрономія” навчальний процес тісно пов’язаний з науково-практичною роботою астрономічної обсерваторії, обладнаної сучасними лазерними приладами, телескопами. Щороку на базі фізичного факультету проводиться Всеукраїнська студентсько-аспірантська конференція „Евріка”, конкурси студентських наукових праць, переможці яких мають змогу публікувати свої результати у наукових журналах і збірниках.

Авдиторні приміщення та науково-дослідні лабораторії факультету розміщені у центральній частині Львова. Поряд на вул. Драгоманова розміщені корпуси наукової бібліотеки Львівського національного університету імені Івана Франка із зручними читальними залами. Фізичний факультет має свою бібліотеку з великим фондом фахової наукової та навчальної літератури.

Заняття фізичною культурою та спортом проводяться на базі спортивного комплексу, неподалік від студмістечка. Працюють секції футболу, баскетболу, бадмінтону, плавання, спортивної гімнастики, східних единоборств тощо.

Навчальний процес з усіх спеціальностей факультету передбачає насамперед глибоке і фахове вивчення фізики, математики, інформатики та прикладної математики, а також гуманітарних дисциплін, зокрема іноземної мови. Студенти проходять виробничі практики на базі підприємств науково-виробничого об’єднання „Львівелектроніка”, Інституту матеріалів науково-виробничого об’єднання „Карат”, Кримської астрофізичної обсерваторії. Найкращі випускники факультету проходять стажування в провідних наукових центрах Європи – міжнародному науковому центрі DESY, де працює літня школа з використання синхротронного випромінювання у фізичних дослідженнях, науково-дослідних лабораторіях університету в Кембриджі, продовжують навчання в аспірантурі на фізичному факультеті Університету та інших установах. Чимало випускників факультету поповнюють педагогічні колективи шкіл, ліцеїв, гімназій, коледжів, науково-дослідних інститутів, та вищих навчальних закладів.

Створюючи сприятливі умови для отримання фундаментальної освіти на факультеті враховують те, що сучасних працевлаштувачів цікавить не лише спеціальність випускника, а й рівень його кваліфікації. Відповідно до цього підготовка випускників ведеться так, щоб кваліфікаційний рівень дав їм

змогу конкурувати на ринку праці з випускниками інших навчальних закладів. Рівень підготовки дає змогу випускникам фізичного факультету влаштуватися на роботи, які безпосередньо не пов’язані з основним фахом: програмістами в банках, податкових адміністраціях, страхових компаніях, менеджерами та системними аналітиками, науково-технічними експертами у фірмах, фахівцями з розроблення та впровадження методів захисту інформації.

Жоден із випускників фізичного факультету не залишився без гідного працевлаштування.

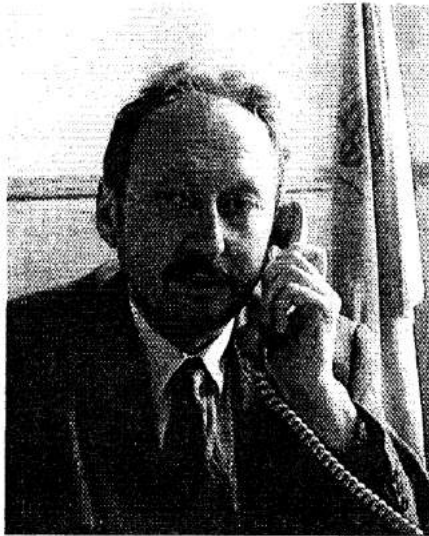
Вступити на фізичний факультет можна на загальних підставах через іспити, якими є тестування з фізики та української мови й літератури, а також через участь у заочно-очній олімпіаді з фізики. Право на пільгове тестування мають школярі, що проживають у сільській місцевості та навчаються у сільських школах і випускники середніх навчальних закладів, які мають угоду про співпрацю з Львівським національним університетом. Навчання на фізичному факультеті – це найдоступніший шлях одержати вищу освіту в одному з провідних університетів нашої країни.

Факультет електроніки

Про цей факультет нам розповідає декан факультету, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри нелінійної оптики Ігор Іванович Половинко.

Кор. У лютому 2003 року з фізичного факультету виокремився новий факультет – факультет електроніки. Чим же зумовлено, яка мета створення двох факультетів.

І. Половинко. Було багато причин: об’єктивні й суб’єктивні. Об’єктивні причини полягали в тому, що ми стали перед викликом часу, який показав, що треба розвивати інженерні науки. Ці науки розвивались і раніше на фізичному факультеті, але треба було створити відповідну структуру, яка такими питаннями могла б займатись ефективно. На фізичному факультеті уже зроблено багато. Були нові ідеї, які треба було реалізувати, але сама структура фізичного факультету обмежувала їх здійснення. Завданням фізичного факультету було – навчати студентів, з одного боку, а з іншого – продукувати нові ідеї. Зросло зацікавлення студентів наукою, зокрема електронікою. На факультеті електроніки плануємо ці ідеї реалізувати. Сьогодні ми вже маємо такі спеціальності: радіо-



Декан факультету електроніки ЛНУ ім. Івана Франка професор І. Половинко

фізика, прикладна фізика, фізична і біомедична електроніка. Плануємо відкрити спеціальність „Комп'ютерні науки”.

Потреба у таких фахівцях велика. Після закінчення університету, вони працюватимуть в установах НАН України, університетах, державних установах, на приватних фірмах. Студенти, які закінчують спеціалізацію „Радіоекологія”, працюють на атомних станціях, в установах, які займаються екологією. Тобто випускники без роботи не залишаються і, здебільшого, вона добре оплачувана. Нині, щоб влаштуватись на роботу, треба пройти конкурс, де вимагають насамперед добре підготовлених фахівців, які вже вміють щось робити. Саме таких конкурентноспроможних фахівців випускає наш факультет. Для цього розроблена система курсів і спецкурсів, які ґрунтуються на останніх досягненнях науки і техніки. Викладачі – це високоосвічені фахівці. На факультеті працює 10 професорів, докторів наук. Серед них є лавреати Державної премії, заслужені діячі науки і техніки.

Кор. *В Україні є багато технічних університетів, які готують фахівців інженерного профілю. Багато великих підприємств майже не працюють. Чи доцільно в Університеті відкрити факультет прикладного напрямку?*

І. Половинко. Це складне питання. Так, промисловість не працює. Однак виникає запитання: „Скільки вона ще може не працювати?” Якщо така ситуація збережеться ще декілька років, то Україна перетвориться в аграрну державу. Кожна країна

визначається тим, наскільки в ній розвивається технологія, розвинуті інженерні науки. Це питання вже гостро ставить керівництво нашої держави. Вони розуміють, що потрібно збільшити кількість студентів на технічних спеціальностях.

Якщо ж розвиватиметься промисловість, то виникне потреба у відповідних фахівцях. Вони генеруватимуть нові ідеї, на яких ґрунтуватимуться нові технології. Наприклад, візьмімо розвиток комп'ютерів. Нині нам вони здаються чудом техніки, а буквально за рік вже старіють, з'являються нові. Кожне нове покоління комп'ютерів – це втілення нових ідей. Випускники університету відрізняються від випускників інших навчальних установ широтою знань, вмінням вписатися в ті чи інші об'єктивні умови, вмінням швидко перекваліфікуватися і, найважливіше, вони є тими генераторами ідей, на яких ґрунтуються інженерні та технологічні науки. Потреба у таких випускниках велика.

Кор. *Це правда, що випускники фізичних факультетів працевлаштовані, але багато з них працюють не за фахом. Чи маєте якісь плани, щодо того, щоб випускники працювали в Україні за фахом?*

І. Половинко. Тут потрібно дивитись ширше. Діти, які вступають на перший курс, мають різну схильність. Наприклад, школяр, який вступає на факультет електроніки, має схильність до бізнесу і він рано чи пізно стає бізнесменом, або до політичної діяльності – він стає політиком. Але мислення, яке в ньому закладено, на основі логіки, аналізу тих чи інших подій, йому завжди допомагає у його діяльності. А щодо роботи за фахом, то ситуація щороку поліпшується. З'являється багато фірм, які займаються комп'ютерними, електронними технологіями. Вони прокладають комп'ютерні, оптоволоконні мережі, те, що нині актуальне, і справді розвивається і розвиватиметься. Навіть, якщо хтось з випускників займається комерцією, то й вона ґрунтується на електронній апаратурі. А це вимагає фахового підходу.

Кор. *Як Ви збираєтесь конкурувати з іншими університетами, які мають подібні спеціальності?*

І. Половинко. У світі є певні традиції щодо цього: є випускники Кембриджського університету і якогось провінційного університету, то очевидно, що на роботу швидше візьмуть випускника першого. Так само склалися традиції фізичного факультету і нині факультету електроніки. Звичайно, є багато вищих навчальних закладів, які якісно зросли в плані їхньої акредитації, стали універ-



ситетами, але якщо йдеться про підготовку фахівців, то очевидно, що вона ґрунтується не на одноденному виді діяльності, а це є діяльність років, часом – десятків років.

Фізичний факультет має давню традицію підготовки фахівців, починаючи відтоді, як була створена кафедра фізики в Університеті, коли працював М. Смолуховський, згодом її продовжили В. Міліянчук, І. Юхновський та інші науковці, що створили потужну школу, зокрема, й електроніки, яка відома нині в усьому світі. Вихованців нашого факультету радо приймають на роботу в університетах інших країн. Це університети Польщі, Франції, Англії, США.

Можна було б настворювати багато спеціальностей та спеціалізацій, але традиції наукової порядності змушують нас дуже виважено підходити до цього. Ми вже давно могли б відкрити спеціалізації, що пов'язані з комп'ютерами, медичною електронікою, екологією, тощо. Перед тим, як відкривати ту чи іншу спеціалізацію, йде дуже кропітка і ретельна робота: це створення відповідних лабораторій, підготовка курсів, спецкурсів, підготовка фахівців, їх навчання, налагодження зв'язків з іншими організаціями. Наприклад, перед тим, як відкрити спеціальність з медико-біологічної електроніки, ми тривалий час налагоджували співпрацю з Львівським та Тернопільським медичними університетами, діагностичним центром. Був заснований семінар, який займався медико-біологічними питаннями. Це робимо для того, щоб наш випускник здобув добрі знання, які даватимуть йому змогу в майбутньому успішно працювати.

Кор. *Нас цікавить молодь, яка підростає. Ви добре готуєте фахівців, це – позитивно. Ви ґрунтовно готуєте нові спеціальності. Як Ви інформуйте школярів, які живуть далеко від Львова? І ще. Що зробити, щоб на фізичні факультети йшли вчитися талановиті школярі, адже не секрет, що нині на ці факультети йдуть не найкращі школярі? Випускники з фізико-математичних ліцеїв чи коледжів України (які дають школярам добру підготовку з фізики та й створені переважно при університетах) також не йдуть на фізичні факультети, які мали б у майбутньому займатися наукою. Що плануєте робити у цьому напрямі?*

І. Половинко. Я думаю, що інформація у журналі „Світ фізики” буде доброю рекламою нашої факультетові, адже це видання широко відоме

не лише в Україні, а й за кордоном. Журнал цікавий, перспективний і для студентів, абітурієнтів, і для школярів. Найкращою популяризацією є наші випускники. Вважаю, що потрібно насамперед змінити систему набору студентів. Ми проводимо очно-заочну олімпіаду з фізики, але інформація до школярів з віддалених міст і сіл, або зовсім не доходить, або доходить до них із запізненням. Плануємо проводити інтернет-олімпіади, щоб на наш факультет йшли вчитися школярі інших регіонів України, а також з інших країн. Запрошуватимемо на навчання англомовних студентів, бо не секрет, що викладання фізичних наук в українських університетах на високому рівні. Багато іноземних студентів знають Львівський національний університет імені Івана Франка і з охотою у ньому навчалися б. Плануємо до 2007 року створити англомовну групу студентів. Відповідно будуть підготовлені для цього викладачі. Щодо реклами, то ще недостатньо зроблено, мусимо більше публікувати інформації в газетах, журналах, виступати на радіо, телебаченні, зустрічатися зі школярами, ліцеїстами.

Кор. *Які наукові напрями розвиватиме Ваш факультет?*

І. Половинко. У кожному науковому закладі діють наукові школи. У нас це школа фізики напівпровідників і діелектриків, яку очолює Лавреат державної премії з науки і техніки, професор Й. Стахіра, є школа сегнетоелектрики, плануємо створити школу наноструктур. Це новий напрям, який відіграватиме важливу роль у створенні комп'ютерів наступного покоління. Плануємо розвивати школу біомедичної електроніки, яка також вже має вагомий здобутки.

Звичайно, ми намагатимемось втілити наші напрацювання у конкретні прилади. Нещодавно відбулася регіональна виставка, де єдиний наш факультет з університету представив експонати, що стосувалися радіоекології, біомедичної електроніки, зокрема прилади, які покликані вивчати склад крові, за частотою пульсу вивчати стан здоров'я пацієнта. Розробляємо прилади з радіоекології, зокрема давачі радіоіонізуючого випромінювання, які дають змогу вимірювати склад випромінювання, його інтенсивність, енергію у різних ділянках спектра, краще оцінити радіологічний стан у різних регіонах, насамперед Чорнобильській зоні. Ці та інші експонати плануємо представити 2005 року на виставці в Японії.

Розв'язки задач IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики Загоріжжя, 2003 р.

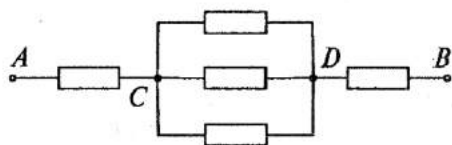
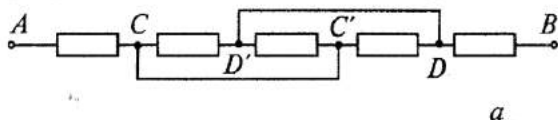
(Умови задач IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики 2003 року
дівіться у журналі „Світ фізики”, 2003. № 2. С. 29–32.)

8-й клас

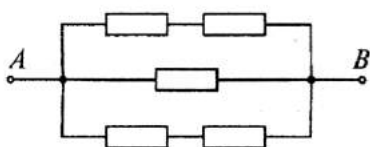
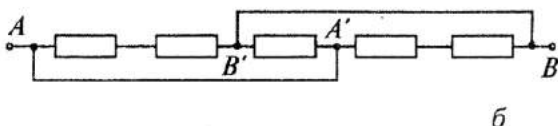
Задача 1.

Намалюймо еквівалентні схеми та розрахуймо опір, використавши закони послідовного та паралельного з'єднань.

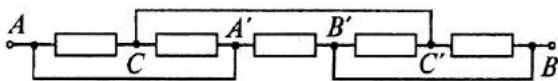
Враховувши, що $C = C'$ і $D = D'$ отримаємо:



$$R_1 = 2R + \frac{R}{3} = \frac{7}{3}R.$$



$$R_2 = \frac{R}{2}.$$



$$R_3 = \frac{R}{2}.$$

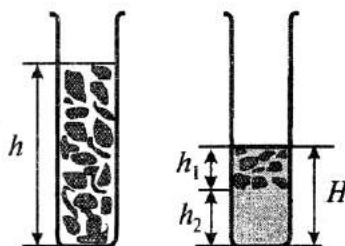
Задача 2.

Після того як частина льоду розтанула, товщина шару пористого льоду, який залишився, дорівнює $(1 - \beta)h$. Шар вод, який проникне у пори льоду, має товщину

$$h_1 = (1 - \beta)h \frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}}$$

(рис. 1), і масу

$$m_{\text{в}} = (1 - \alpha)\rho_{\text{в}}S h_1 = (1 - \alpha)(1 - \beta)\rho_{\text{в}}S h.$$



Маса всієї води, яка утворилася внаслідок танення льоду, дорівнює $m'_{\text{в}} = \alpha\beta\rho_{\text{л}}S h$. Якщо $m'_{\text{в}} - m_{\text{в}} > 0$ (що можливе за умовою задачі, оскільки $\alpha + \beta = 1,3 > 1$), то лід спливає. Висота рівня води під шаром льоду дорівнює

$$h_2 = \frac{m'_{\text{в}} - m_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}S} = (\alpha + \beta - 1)h \frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}},$$

а шукана висота рівня води в склянці дорівнює

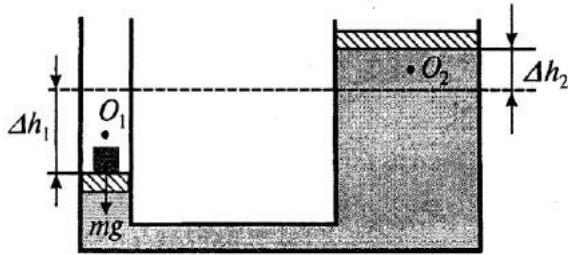
$$H = h_1 + h_2 = \alpha h \frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}} = 0,54h.$$

Цей результат можна одержати простіше. Справді, якщо лід плавиться, то від його танення рівень води в склянці не змінюється. Плаваючи, він витісняє воду, яка має таку ж саму масу. Під час танення утвориться стільки води, скільки витіснилось. Тому умовно розплавимо увесь лід і знайдемо шукану висоту рівня води з рівності

$$\alpha h \rho_{\text{л}} S = H \rho_{\text{в}} S.$$

Задача 3.

Робота, виконана силою тяжіння під час опускання гирі, призвела до зміни потенціальної енергії води масою $m = \rho S_1 \Delta h_1 = \rho S_2 \Delta h_2$, завдяки підняттю центра мас цієї частини води з точки O_1 у точку O_2 .



Тому кількість теплоти, що виділиться:

$$Q = A - \Delta E_n. \quad (1)$$

де $A = mg\Delta h_1$; $\Delta E_n = \rho S_2 \Delta h_2 \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2}{2} g$.

З умови рівноваги:

$$\frac{mg}{S_1} = \rho g (\Delta h_1 + \Delta h_2),$$

і рівності об'ємів води, що перетекла з посудини з меншим об'ємом до посудини з більшим об'ємом:

$$S_1 \Delta h_1 = S_2 \Delta h_2,$$

знайдемо

$$\Delta h_1 + \Delta h_2 = \frac{m}{S_1 \rho},$$

$$\Delta h_1 = \Delta h_2 \frac{S_2}{S_1},$$

$$\Delta h_1 = \frac{m S_2}{\rho (S_2 + S_1) S_1}.$$

Підставивши Δh_1 та Δh_2 у рівняння (1), отримаємо:

$$Q = \frac{m^2 g S_2}{2 \rho (S_2 + S_1) S_1} = 0,33 \text{ Дж.}$$

Задача 4.

Оскільки опір навантаження (нагрівального елемента) R і підвідних провідників $r = 1 \text{ Ом}$ з'єднано послідовно, то

$$U = I(R + r). \quad (1)$$

На навантаженні виділятиметься теплова потужність

$$P = I^2 R. \quad (2)$$

Із рівнянь (1) та (2):

$$PR^2 + R(2rP - U^2) + Pr^2 = 0.$$

З цього рівняння:

$$R_1 \approx 21 \text{ Ом}, \quad R_2 \approx 0,05 \text{ Ом}.$$

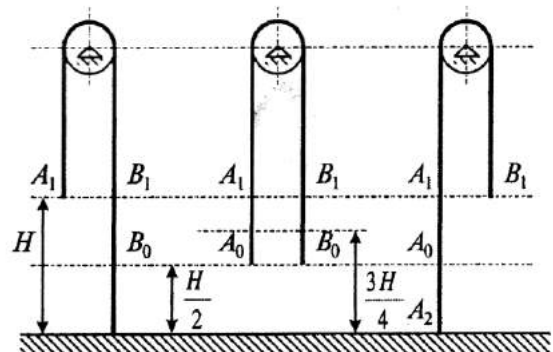
При обох значеннях R на навантаженні виділятиметься потужність 2,1 кВт, але при $R = 0,05 \text{ Ом}$ на підвідних провідниках виділиться потужність у $\frac{I^2 r}{I^2 R} = \frac{1}{0,05} = 20$ разів більша, ніж

на навантаженні. Зрозуміло, що це не припустимо.

Отже, треба взяти опір нагрівального елемента $R = 21 \text{ Ом}$.

Задача 5.

Зобразімо нитку в трьох характерних положеннях: початковому (випадок *a*), у положенні нестійкої рівноваги (випадок *б*), та в кінцевому (випадок *в*).



У початковому та кінцевому положеннях нитка має однакові потенціальні енергії: $\Pi_1 = \Pi_2$, а оскільки втрата механічної енергії відсутня, то рівні її кінетичні енергії: $T_1 = T_2$, а, отже, і швид-

кості $v_1 = v_2$. Але нитка має пройти положення байдужої рівноваги, в якому її потенціальна енергія Π_0 – максимальна. За рисунком:

$$\Pi_1 = \Pi_{A_1B_1} + mg \frac{H}{L} \frac{H}{2},$$

$$\Pi_0 = \Pi_{A_0B_0} + mg \frac{H}{L} \frac{3H}{4},$$

де m – маса нитки, $\Pi_{A_1B_1}$ – потенціальна енергія тієї частини нитки, що розташована вище від висоти H . Виходячи з умови, що $T_1 - T_0 = -(\Pi_1 - \Pi_0)$, отримаємо рівняння:

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = -mg \frac{H^2}{4L},$$

звідси

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 - \frac{gH^2}{2L}}.$$

Щоб нитка пройшла через положення нестійкої рівноваги, треба виконати умову $v_0 > 0$. Швидкість v_1 буде мінімальною при мінімальному значенні v_0 , тому граничне значення мінімальної швидкості v_1 буде при

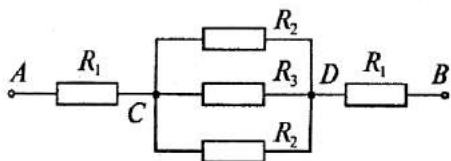
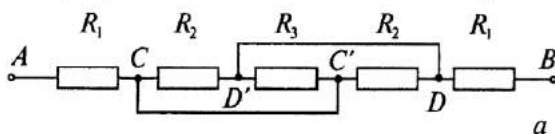
$$v_{1\min} = H \sqrt{\frac{g}{2L}}.$$

9-й клас

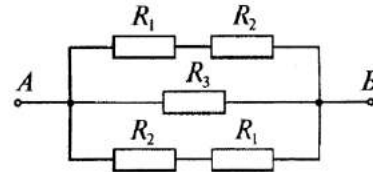
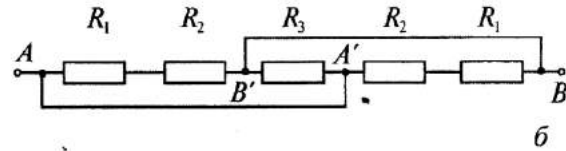
Задача 1.

Намалюймо еквівалентні схеми та розрахуймо опір, використавши закони послідовного та паралельного з'єднань.

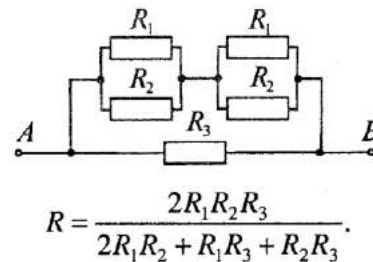
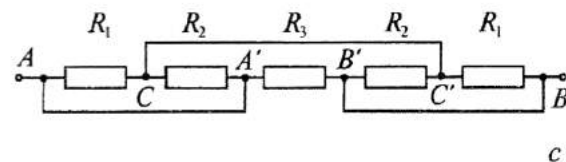
Враховувачи, що $C = C'$ і $D = D'$ отримаємо:



$$R = 2R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + 2R_3}.$$



$$R = \frac{(R_1 + R_2)R_3}{R_1 + R_2 + 2R_3}.$$



$$R = \frac{2R_1 R_2 R_3}{2R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}.$$

Задача 2.

Щоб знайти швидкість вантажу після влучання в нього кулі, скористаємось умовою збереження горизонтальної частини імпульсу. Після першого влучання:

$$mv = (m + M)v_1 \text{ та } v_1 = \frac{m}{m + M}v,$$

де M – маса вантажу, m – маса кулі, v – швидкість кулі і v_1 – швидкість вантажу разом з кулею, яка в нього влучила.

У момент другого влучання кулі швидкість вантажу вже не дорівнює нулеві, а дорівнює v_1 . Визначимо швидкість вантажу після другого пострілу:

$$(M + m)v_1 + mv = (M + 2m)v_2, \text{ звідси}$$

$$v_2 = \frac{2mv}{M + 2m}.$$

Після n -го пострілу:

$$v_2 = \frac{nmv}{M + nm}$$

Вантаж з кулями, які застрягли в ньому, під час проходження положення рівноваги матиме кінетичну енергію

$$E_k = \frac{1}{2}(M + nm)v_n^2$$

Це дасть йому змогу піднятися на висоту h , яка визначається рівнянням

$$(M + nm)gh = E_n = E_k, \text{ де } h = l(1 - \cos\varphi).$$

Звідси

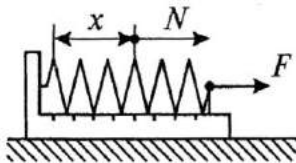
$$(M + nm)gl(1 - \cos\varphi) = \frac{1}{2}(M + nm)\left(\frac{nm}{M + nm}\right)^2 v^2;$$

$$\cos\varphi = 1 - \frac{1}{2}\left(\frac{nm}{M + nm}\right)^2 \frac{v^2}{gl} \approx \frac{1}{2}.$$

Отже, $\varphi = 60^\circ$.

Задача 3.

Оскільки під час градування корпус було закріплено, то покази динамометра дорівнюватимуть $T = k\Delta l$. Знайдемо тепер повне видовження пружини Δl .



Якби маса пружини була мізерно малою, то будь-які рівні елементи пружини видовжувалися б на однакову величину (оскільки в цьому випадку напруга σ постійна) і динамометр показував би силу F . При $m \neq 0$ це не так. Визначимо напругу $\sigma = N/S$ у перерізі, який містить на відстані x від лівого кінця пружини. Силу N , що діє в цьому перерізі, знайдемо з другого закону Ньютона:

$$\left(M + m\frac{x}{l_0}\right)a = N.$$

Отже, напруга

$$\sigma = \frac{N}{S} = \frac{F}{S(M + m)}\left(M + m\frac{x}{l_0}\right).$$

змінюється від координати x . У цьому випадку різні елементи Δx_i спочатку недеформованої пружини видовжуються на різну довжину залежно від положення Δx_i -го елемента. За законом Гука, відносна деформація Δx_i -го елемента буде:

$$\frac{\Delta d_i}{\Delta x_i} = \frac{\sigma}{E},$$

де E – модуль Юнга, Δx_i – абсолютне видовження елемента Δx_i .

$$\Delta x_i (x_0 = 0, x_n = l_0, l_0 = \sum_{i=0}^n \Delta x_i).$$

$$\Delta d_i = \frac{F}{SE(M + m)}\left(M + m\frac{x_i}{l_0}\right)\Delta x_i$$

Повне видовження Δl дорівнює

$$\Delta l = \sum_{i=0}^n \Delta d_i = \frac{F}{SE(M + m)}\left(Ml_0 + \frac{m}{l_0} \sum_{i=0}^n x_i \Delta x_i\right).$$

Неважко бачити, що ця сума в дужках дорівнює площі трикутника з основою l_0 і висотою l_0 . Тому

$$\Delta l = \frac{Fl_0(2M + m)}{2SE(M + m)}.$$

Врахувавши, що

$$k = \frac{ES}{l_0},$$

отримаємо показ динамометра

$$T = \frac{2M + m}{2(M + m)}F = 3,5 \text{ Н.}$$

Задача 4.

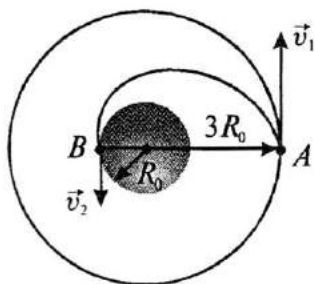
Початкову швидкість v_0 космічного корабля на коловій орбіті визначимо, скориставшись другим законом Ньютона:

$$\gamma \frac{mM_M}{9R_0^2} = \frac{mv_0^2}{3R_0},$$

де M_M – маса Місяця, m – маса космічного корабля. Звідси:

$$v_0^2 = \sqrt{\frac{\gamma M_M}{3R_0}} = \sqrt{\frac{\gamma M_M}{3R_0}}.$$

Корабель при спуску має рухатись по еліптичній орбіті, яка дотикається до поверхні Місяця в точці B (див. рис.). При русі по цій траєкторії виконуються закони збереження енергії й моменту імпульсу:



$$\begin{cases} \frac{1}{2}mv_1^2 - \gamma \frac{mM_M}{3R_0} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \gamma \frac{mM_M}{R_0} \\ mv_1 \cdot 3R_0 \sin \varphi_A = mv_2 R_0 \sin \varphi_B, \end{cases}$$

де φ_A, φ_B – відповідні кути між векторами швидкості й радіусом орбіти.

Оскільки $\varphi_A = 90^\circ, \varphi_B = 90^\circ$ то $v_1 \cdot 3R_0 = v_2 R_0$. Розв'язавши отриману систему рівнянь, отримуємо:

$$\begin{aligned} v_2^2 - v_1^2 &= 2\gamma M_M \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{3R_0} \right), v_1 = \sqrt{\frac{\gamma M_M}{6R_0}}, \\ v_2 &= 3v_1. \end{aligned}$$

Порівнявши вирази для v_0 та v_1 , бачимо, що $v_1 < v_0$. Отже, модуль швидкості корабля в точці A треба зменшити на величину

$$\Delta v = v_0 - v_1 = \sqrt{\frac{\gamma M_M}{R_0}} \left(\sqrt{\frac{1}{3}} - \sqrt{\frac{1}{6}} \right) \approx 284 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Задача 5.

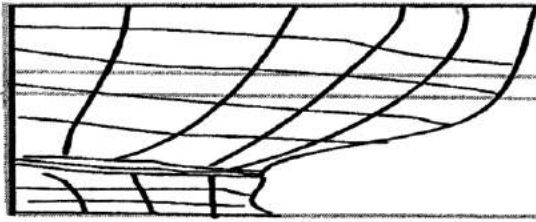
Варто розглянути два суттєві чинники. По-перше, обличчя людини під паранджею освітлене значно гірше, ніж сама паранджа, та предмети, які її оточують. Тому світло, яке відбивається від обличчя людини, дуже слабе порівняно зі світлом, яке йде від тканини та предметів. Це і є причиною того, чому обличчя під паранджею майже непомітне. Сама ж людина, яка носить паранджу, навпаки, добре бачить яскраво освітлені предмети навколо себе на тлі слабого світла, відбитого внутрішнім боком тканини. До того ж зображення паранджі в очах людини під паранджею є розмите (несфокусоване), оскільки тканина паранджі розташована дуже близько до очей.

По-друге, оскільки тканина паранджі розташована близько до обличчя людини, то вона закриває для інших доволі велику його частину, тоді як самій людині вона не заважає.

Розв'язки підготував
Віталій Лесівців

Перелік переможців Всеукраїнських олімпіад з фізики за 1997–2003 роки дивіться у книжці: Всеукраїнські олімпіади з фізики. Задачі та розв'язки. /За ред. Б. Кремінського. – Львів: Євросвіт, 2003. – 232 с.





ЩЕ ПРО ПАРАНДЖУ

На Всеукраїнській олімпіаді юних фізиків 2003 року школярам 9-го класу запропонували задачу, в якій треба було пояснити принцип дії паранджі (паранджа – тканина, якою у деяких мусульманських країнах жінки закривають обличчя). Було б цікаво розглянути фізичний бік такої задачі, тим паче, що з використанням такого явища, ми зустрічаємось у повсякденному житті (марлеві фіранки на вікнах, маски фехтувальників, темні вікна будинків удень і світлі ввечері тощо).

Оцінімо параметри сітчастої тканини, через яку, наприклад, удень з вулиці не видно, що відбувається всередині кімнати.

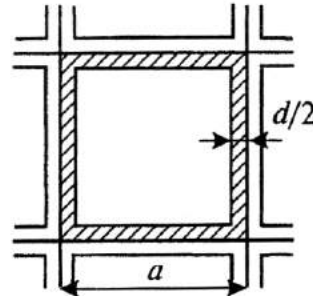
Часто бачимо, що навіть доволі прозора фіранка вдень „маскує” кімнату і ззовні не видно нічого – якщо не підходити до вікна впритул. Дзеркальні окуляри дають змогу людині бачити те, що відбувається, але не дають змоги визначити, куди ж дивиться сама людина. Натомість увечері, коли надворі темно, а у кімнаті ввімкнене світло – все навпаки, з подвір'я все видно, а з кімнати – нічого. І описані окуляри допомагають тільки при яскравому освітленні, а в сутінках стають майже прозорими. Річ тут у тому, що на тлі відбитого світла (окуляри) чи розсіяного (фіранка) зовнішнього світлового потоку майже не видно слабого потоку, який йде зі середини. Окуляри треба зробити достатньо великими (заслонити від зовнішнього світла очі), а коефіцієнта відбиття достатньо зовсім невеликого – 5–10%.

Зробімо грубу оцінку для фіранки. Нехай нитки перекривають частину світлового потоку ззовні й всередину потрапляє $1/n$ частина падаючого на вікно потоку ($n > 1$). Якщо освітленість прямими сонячними променями E_0 , то освітленість предмета, який розміщений близько до вікна $E = E_0/n$, з урахуванням поглинання світла на зворотному шляху $E_{\text{звор}} = E_0/n^2$. Освітленість фіранки $E_{\text{фір}} = E_0(1 - 1/n)$. Вважаймо, що маскування відбувається при $E_{\text{звор}} = E_{\text{фір}}$. Тоді отримаємо рівняння

$$n^2 - n - 1 = 0.$$

При такому n всередину проходить приблизно 0,62 від зовнішнього потоку, а отже, сумарна площа, яка перекривається нитками, дорівнюватиме 0,38 від загальної площі вікна.

Оцінімо, тепер, якими мають бути розміри квадратних клітинок штори, якщо її виготовлено з ниток діаметром 0,8 мм, для того, щоб удень через таку фіранку не було видно кімнати всередині.



Площа, яку перекривають нитки $S_{\text{фір}} \approx (1/2)d \cdot 4a$, має дорівнювати $0,38 \cdot S_{\text{в}}$, де $S_{\text{в}}$ – площа частини вікна, що є під коміркою фіранки, d – діаметр нитки, a – сторона квадрата клітинки.

Легко перерахувати й отримати $a = 4,2$ мм. Такий результат добре узгоджується з практикою.

Пропонуємо Читачеві самостійно провести кількісне оцінювання висоти берега, з якого буде видно рибу на дні у погожий сонячний день, або відстані до людини, що в дзеркальних окулярах, з якої буде видно її очі.

1. Слободецкий И.Ш., Асламазов Л.Г. Задачи по физике. Библиотечка „Квант”. М.: Наука, 1981. Вып. 5.
2. Буздин А.И., Зильберман А.Р., Кротов С.С. Раз задача, два задача... Библиотечка „Квант”. М.: Наука, 1990. Вып. 81.



Конкурсні задачі

Пропонуємо Читачам взяти участь у конкурсі „Конкурсні задачі”. Умови задач взято з відомих задач Петра Капиці та інших збірників задач. Просимо розв’язки задач надсилати на адресу редакції журналу „Світ фізики”. Оригінальні розв’язки ми публікуватимемо на сторінках журналу. Переможців чекають несподіванки.

Задача 1.

Еквілібрист вагою P стоїть на кулі радіусом R і масою M . Куля знаходиться на горизонтальній площині і катається по ній без ковзання. Проаналізуйте, як має еквілібрист переступати по кулі, щоб котитися, і як зв’язаний коефіцієнт тертя підосв еквілібриста з прискоренням кочення.

Задача 2.

На дні склянки, що стоїть на терезах, сидить муха. Муха злітає. У який момент терези почнуть „відчувати”, що муха відлетіла?

Задача 3.

Вільна мильна бульбашка наелектризована до максимального можливого потенціалу, обмеженого пробивною міцністю довколишнього повітря. Як і на скільки зміниться його радіус?

Задача 4.

Пропонуємо магнетну гармату, яка працює за таким принципом. Поблизу соленоїда, по його осі, розміщено циліндр (снаряд). Раптом по соленоїду пропускають струм. Коли, втягуючись, циліндр досягає середини соленоїда, струм автоматично вимикається. Оцініть насправді здійсненню в такій гарматі початкову швидкість снаряду. Оцініть потрібну потужність генератора.

Задача 5.

Скільки крапельок води знаходиться у кубічному сантиметрі туману, якщо видимість дорівнює 100 м і туман зберігається майже годину?

Задача 6.

Як за площею руйнувань чи за розмірами ями, яка залишилась після метеорита, оцінити його масу, якщо вважати, що метеорит складався з антиречовини?

Задача 7.

Яку потужність треба затратити для того, щоб розмагнетити земну кулю струмом від кабеля, який прокладено по екватору? Розгляньте, який зв’язок існує між отриманим результатом та природою земного магнетизму. Визначіть площу перерізу кабеля, якщо він надпровідний.

Задача 8.

Візьміть дві однакові склянки води. В одну налейте кип’яток, у другу – такий самий об’єм води кімнатної температури і помістіть їх у морозильну камеру холодильника. Дослідіть, у якій склянці вода замерзне швидше. Результати досліджень поясніть і обґрунтуйте кількісними розрахунками.





Відповіді на запитання не лише чеських студентів

Іво Краус, Галина Госманова

Чеський технічний університет у Празі, Чеська Республіка

Спробуємо відповісти на запитання тих студентів, які зацікавляться не лише проблемами обраної ними спеціальності.

Для чого вивчати історію науки?

Проілюструймо роль вивчення історії науки на деяких прикладах.

Про значення освіти. Грецькі закони зобов'язували усіх дітей піклуватись про своїх батьків. Проте атенські закони наділяли цим обов'язком лише тих синів, чії батьки піклувались про їхню освіту. Важко уявити, якою була б дія цих законів у сучасному суспільстві.

У часи, коли інформатика стала самостійною науковою дисципліною, усебічність ренесансу може бути тільки мрією. Утім тривожно бачити, як лекції, які викладає телеекран, формують культурний образ статистичної більшості суспільства. Ані на йоту не втратили актуальності слова А. Айнштейна 1930 року: „Соромитись вартувало б тим, хто безглуздо приймає чудеса науки й техніки без духовного захоплення ними, так само, як корові байдужа ботаніка рослин, які вона пережовує.”

Про призначення долі. Життєві шляхи геніїв дають змогу кожному з нас сподіватись, що можна успішно перестрибнути власну тінь. Що це: примха чи бунт долі, коли успішний лікар пише прекрасну прозу? Чи маємо ми право заперечувати випадковість, коли непомітний французький митник Анрі Руссо перетворюється у відомого художника з поетичною уявою? Чи справдилося призначення долі, коли любитель відкрив те, що було предметом зусиль багатьох поколінь?

Терміном *ірреверсивний* позначають процеси, що протікають лише в одному напрямку. До них відносять і раптову появу талантів. Технік може

стати популярним співаком чи телевізійним диктором, математик – письменником, філософом чи економістом. Упевнено можна стверджувати, що лікар може бути неординарним політиком і навпаки, не варто очікувати від нього більшого, ніж просто лікаря.

Про помилки геніїв. Наука – це пошук. Помилки не уникають навіть геніям. Американець Томас Альва Едісон, автор понад декілька сотень винаходів у галузі електротехніки, 1889 року продекламував: „Немає жодного доказу – ані наукового, ані економічного, щодо застосування змінних струмів високої напруги”.

Геніїв вирізняє з-поміж схожих на них працелюбних колег їхня універсальна творча фантазія і передбачення. Здебільшого такий феномен стосується вузької галузі науки. У політиці чи економіці навпаки. Вони бувають вкрай довірливими, з браком вродженого інстинкту, який вчасно б запобігав зловживанням своїм іменем.

Дещо інакше помилявся (чи, можливо, поставив на неправильну карту) відомий фізик-теоретик Вернер Карл Гайзенберг (1901–1976). Німецький уряд 1941 року доручив йому керувати атомним проєктом. Лояльність Гайзенберга у тогочасних нацистів не викликала сумнівів. Своєї позиції він згодом захищав словами: „Диктатурі активно протистояти можуть лише ті люди, які, на перший погляд, співпрацюють з режимом. Ті, хто відкрито виступає проти, втрачає змогу будь-якого дійового опору”. Чи бажав він цим сказати, що завдяки йому до закінчення війни не було реалізовано німецьку атомну програму? Важко



відповісти. Видатні діяння на користь гуманізму історія оцінює врешті-решт незалежно від перемоги чи поразки ідеології.

Про випадок. Випадок – це збіг обставин без взаємного зв'язку, що *виникають внаслідок дії неочікуваних чинників*. Хто перестав вірити у лотерею, казкового чарівника чи золоту рибку, може мріяти про те, як би змогла змінити його життя нагорода за відкриття чудотворних ліків або ж за патент на технічний винахід. Тут, однак, потрібна прихильність долі.

Чи здатен, наприклад, фізик у своїй праці сподіватись на випадок? Систематично опрацювати дані – це рутина. Але зрозуміти з них, що природа бажає оповісти про себе, аж ніяк не *ремісницьке завдання*. Ті, хто з *покликаних* ще не стали *вибраними*, не обійдуться й без краплини удачі. Потрібно зважати на те, що ідеї приходять без попередження; час і місце зустрічі неможливо ні призначити, ні передбачити.

Великі відкриття часто приписують декільком авторам. Трапляється так, що затуманені гіпотези визрівають у точні формулювання загальних наукових законів майже водночас і, зовсім незалежно, будь-де, де виникли сприятливі обставини. Чис ім'я врешті-решт присвоюють відкриттю, вирішують, на жаль, не лише суто наукові аргументи, а й доволі часто інтереси, які надають перевагу певній політичній системі чи релігії, що стверджують видатні якості представників тих чи інших народів чи навіть рас. Інший шлях до авторства відкриття чи винаходу – систематичне збирання та постійне уточнення різнобічних відомостей про досліджуване явище. Усю глибину таємниці вдається пізнати лише одному щасливцеві із начебто хаотичного сплетіння фактів, зібраних його попередниками

Про відповідальність. Між відкриттям і винаходом існує суттєва різниця. Науковець перед відкриттям, зазвичай, нічого не знає щодо можливості його застосування. Шлях до практичної реалізації відкриття буває таким віддаленим, що неможливе жодне передбачення. Гальвані без сумніву не мав жодного уявлення щодо майбутньої електроніки і, відповідно, не може відповідати за наслідки її подальшого розвитку.

Винахідник, навпаки, свідомо переслідує практичну мету. Він змушений бути упевненим у

тому, що його досягнення мають практичну цінність, і саме на ньому лежить тягар відповідальності за винахід. Водночас слід усвідомити, що ані окрема особистість, ані суспільство, не в змозі уявити, чи навіть відкинути, усі можливі негативні наслідки винаходу. Наприклад, згадаймо пестициди, які, охороняючи землеробські культури, здатні винищити численні види флори й фауни у зоні їхнього застосування. Отже, ми вправі вимагати від винахідників широкого світогляду та усвідомлення взаємозв'язків, щоб задля інтересів вузького кола людей під загрозою не опинилось значно більше людей.

Розщеплення атомного ядра було відкриттям, розроблення атомної бомби – винаходом. Фізики, які сконструювали в Америці атомну бомбу, діяли не як окремі особи, а за завданням держави (міністерства оборони). Ми можемо, проте, апелювати до їхньої совісті за те, що незважаючи на окремі спроби, вони не доклали зусиль, щоб здобути політичний вплив і занадто швидко випустили страшну зброю зі своїх рук.

Те значення, яке має науково-технічний прогрес для суспільства, мусило б зумовлювати більший вплив на суспільне життя творців цього прогресу. Звісно, не для того, щоб науковці й винахідники розв'язували проблеми замість політиків, а для того, щоб навчити їх бачити майбутнє, точно логічно мислити, і бути невідкупним, навчити робити висновки на ґрунті об'єктивного аналізу фактів.

Ви думаєте, що це здійснимо?

Усебічність чи спеціалізація?

Люди освічені, із широким світоглядом, яких не стосується старе чеське прислів'я: „Дев'ять ремесел – десята біда”, часто породжують у нас почуття неприхованого захоплення. На запитання, хто з універсальних гігантів духу заслуговує найбільшої шани, можна назвати ім'я Аристотеля (384–322 рр. до н. е.). У давні часи підрахували, що свої помисли й думки він записав у 445 270 рядках. Величезний літературний спадок короля філософів, наприклад, можна розділити на шість тематичних ділянок: трактати природничі, метафізичні, етичні, політичні, про літературу, логіку і риторику.

Римляни теж можуть похвалитись особистостями, які знали значно більше від інших. Одним



з них був Пліній Старший (20–79). Багато чого він пізнав на власному досвіді упродовж своїх „службових” подорожей Римською імперією, натомість значно більше відомостей отримав він, вивчаючи літературу. Коли Пліній писав „Природничу історію”, він передусім прочитав 2000 манускриптів 474 різних авторів. Усе прочитане він супроводжував записами і помітками. На його думку, жодна книжка не є настільки поганою, щоб із неї неможливо було почерпнути щось корисне. Він належав до тих смертних, яких стосується антична цитата: „Щасливі ті, кому боги доручили виконати те, що запису достойне, або ж записати те, що достойне читання, найщасливіші ж ті, суджено яким було і те, й інше”.

Свого „Аристотеля” мали й середні віки. Звали його Авіценна, жив він у XI ст. (980–1037). Хоча за все життя йому не доводилось бувати за межами Азії, важко уявити собі європейське просвітництво без нього. Відомо, що він є автором 160 книжок, написаних арабською та персидською мовами, інші наводять кількість праць утричі більше. Універсальним генієм теж притаманною була градація зацікавлень. У Леонардо да Вінчі надзацікавленням технікою домінувало художнє, у Гете – поет над природодослідником. Авіценна, схожим до Аристотеля і Канта, був ближче до філософа, який шукав узагальнених висновків, ніж до дослідника, спрямованого на конкретну проблему. Завдяки талантові й наполегливості, він оволодів більшістю середньовічних знань, розширив їх і впорядкував у цілісну систему. Варто зазначити, що найбільшу славу він здобув як лікар, проте сам себе вважав філософом. З його слів, медицина була для нього лишень засобом до існування.

Філософія – це любов до мудрості. Науковці мають бути філософами за професією. І в третьому тисячолітті вони зобов’язані опиратись на досвід і розум так само, як їхні античні предки. Це зовсім непросто. Недостатньо пам’ятати визначення законів, слід розуміти їхній зміст і значення.

Ким бути? Високооплачуваним фахівцем, який задовольняє потреби ринкової економіки, чи всебічно освіченою людиною на зразок класиків? Відповідь уже понад сто сорок років не є дилемою: останній всесвітньо визнаний енциклопедист – німецький науковець Олександр фон Гумбольдт (Alexander von Humboldt) помер 1859 року.

Спеціалізація проникла сьогодні в усі сфери життя. Ймовірність професійного успіху більша, що вужчим є напрям обраного фаху. Прагнення до найбільшої продуктивності мавпує конвеєрне виробництво навіть там, де праця мала б мати творче забарвлення.

Антична наука, як і наука ренесансу, прагнула до пізнання світу. Наука останніх десятиріч відмовилась від цього ідеалу, натомість зорієнтована на економічні показники продуктивності процесу пізнання. Наприклад, фізика, з якою ми пов’язали своє професійне життя, вже не є частиною загальної освіти. Ще сто років тому вона була однією з природничих наук, сьогодні вона – виробнича сила, яка складається з десятків самостійних напрямів. Давно вже недостатньо класифікувати галузі на теоретичні, експериментальні й прикладні, як і розподілення за ознакою стану матерії на фізику газів, рідин, твердого тіла і плазми. Виникла фізика металів, напівпровідників і діелектриків, поряд з класичною фізикою закріпилась на своєму щаблі квантова фізика, автономію здобула астрофізика, фізика кристалів і біофізика; з атрибутом фізична розвинулись електроніка, хемія, статистика, металургія, оптика й акустика. Фізики різних фахів перестають розуміти один одного, специфіка знань розмежовує їх. Мова фізики елементарних частинок майже незрозуміла для геофізика, термінологія ядерної чи атомної фізики звучить для фізиків, які досліджують властивості керамічних матеріалів, як мова іншого світу. Монотематичні конференції з кожним роком розбивають на ще вужчі за тематикою секції та підсекції. Нелегко серед сотень учасників знайти слухачів із однаковими зацікавленнями. Читачі наукових і технічних журналів часто марно шукають в усьому тому одну-єдину працю, для розуміння якої їм би не знадобився тлумачний словник.

Незважаючи на те, що спеціалізація є *неодмінною* умовою професійного успіху, вона не може бути умовою *достатньою*. Що вищого рівня бажає досягнути випускник вищого навчального закладу, то ширшим світоглядом він *мусить* володіти у фундаментальних науках і суміжних галузях. Не можливо плідно працювати без постійного *оновлення загального уявлення* про взаємозв’язки світу. Фізика й техніка уже знайомі з першими наслідками такої *обмеженості*: для ре-



тельного розгляду дисертацій чи грантових заявок на проекти з оригінальною (тобто *вузькоспеціалізованою*) тематикою, зазвичай, в усій країні неможливо відшукати потрібної кількості кваліфікованих рецензентів. Якщо, звичайно, враховувати тих фахівців, які хоч зрідка виявляють мужність визнати, що вони в чомусь не орієнтуються.

Війна чи мир?

Народи ведуть між собою війни з незапам'ятних часів. Так само давно линуть голоси, які закликають до мирного розв'язання конфліктів. *Qui desiderat pacem, praeparat bellum* – хто хоче миру, нехай готується до війни. Цю пораду можна знайти у творах Цицерона у I ст. до н. е. Однак уже в Старому Завіті було сказано: „Неубивай! Енцикліка „*Pacem in terris*” від 1963 року містить прозоре послання папи Йоанна XXIII: „Вважати війну

засобом до оновлення порушених прав у нашому сторіччі, яке гордиться назвою атомне, суперечить здоровому глуздові. Будь-який військовий конфлікт мусить бути засуджений як злочин проти Бога і людини”. Та не лишень церква подає свій голос. Ось думка першого лавреата Нобелівської премії за мир Берти Суттнер (1843–1914): „У русі за мир виявляються не фантазії мрійників, а інстинкт самозбереження цивілізації”. У силу слова вірили не лише велетні духу всіх часів, а й безліч простих людей. Свідченням цього є масові стихійні демонстрації по всьому світові, спрямовані проти силових рішень, які приймає влада. На жаль, і досі актуальні слова німецького філософа Артура Шопенгауера (1788–1860), який стверджував, що „прогресу немає, символом діяння є круг; мудреці всіх часів говорили одне й те ж, а дурні робили також те саме, власне – зовсім навпаки”.

„...Найновіша наука визначається тим, що вона ні від кого не жадає і ні від кого не терпить віри на слово...”

Наука не признає нікому привілеїв, що ті мають до її „святая святих”, а інші не мають; до найглибших тайників науки має вільний доступ кождий чоловік, у кого у серці горить чисте і святе бажання – пізнати правду, і в кого розум настільки вироблений, щоб зрозуміти й оцінити її”

Іван Франко



Софія Турса-Цвик.
Боротьба.
Акварель (1979,
Німеччина).



Ващенко В., Літинський В., Перій С. Геодезичні прилади та приладдя. Навчальний посібник. – Львів: Євросвіт, 2003. – 160 с.: іл.

Навчальний посібник містить інформацію про геодезичні прилади, які використовують для створення геодезичної знімальної основи, виконання контурного і тахеометричного знімання, нівелювання та топографічного знімання. Особливу увагу приділено перевірці цих приладів. Розглянуто прилади та приладдя, які використовують до вимірювання площ, створення та викреслювання топографічних карт і профілів.

Для студентів, які вивчають загальний курс геодезії або топографії, фахівців у цій галузі.

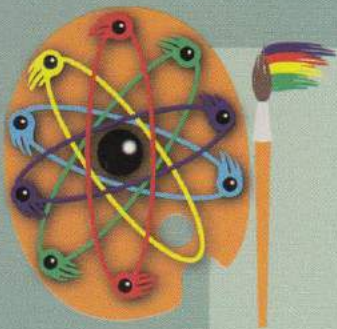
ВИДАВНИЦТВО „ЄВРОСВІТ” ПРОПОНУЄ:

НАУКОВУ ТА НАВЧАЛЬНУ ЛІТЕРАТУРУ:

1. Іван Вакарчук. Теорія зоряних спектрів. Навчальний посібник. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2002. – 359 с.
2. Іван Вакарчук. Вступ до проблеми багатьох тіл. Посібник. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 1999. – 220 с.
3. Анісімов І.О. Коливання та хвилі. Навчальний посібник. – К.: Академпрес, 2003. – 280 с.
4. Іван Болеста. Фізика твердого тіла. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2003. – 480 с.
5. Краус Іво. Вільгельм Конрад Рентген. Нашадок щасливої випадковості/ Пер. з чеської В. Іванової-Станкевич. – Львів: Євросвіт, 2002. – 84 с.: іл.
6. Біланюк Олекса. Тахіони. – Львів: Євросвіт, 2002. – 160 с.: іл.
7. Алексійчук В., Гальчинський О., Шопа Г. Обласні олімпіади з фізики. Задачі та розв'язки. – Львів: Євросвіт, 2000. – 168 с.
8. Всеукраїнські олімпіади з фізики. Задачі та розв'язки. За ред. Б. Кременського. – Львів: Євросвіт, 2003. – 232 с.
9. Довгий Ярослав. Чарівне явище надпровідність. – Львів: Євросвіт, 2000. – 440 с.
10. Поп С., Шароді І. Фізична електроніка. – Львів: Євросвіт, 2001. – 240 с.: іл.
11. Зербіно Д. Наукова школа: лідер і учні. – Львів: Євросвіт, 2001. – 208 с.: іл.
12. Геодезичний енциклопедичний словник /За ред. В. Літинського. – Львів: Євросвіт, 2001. – 668 с.
13. Гайда Р., Пляцко Р. Іван Пулюй – загадка універсального таланту. (нім. мовою). – Львів: Євросвіт, 2001. – 264 с.
14. Максимчук В., Городиський Ю, Кузнецова В. Динаміка аномального поля Землі. – Львів: Євросвіт, 2001. – 308 с.



Приймаємо замовлення за адресою:
„Євросвіт”, а/с 6700, м. Львів, 79005



МИСТЕЦЬКА
СТОРІНКА
ЖУРНАЛУ
"СВІТ ФІЗИКИ"



**Олекса Новаківський (1872–1935).
Наука. 1916. Полотно, олія.**

Чотири панно "Наука", "Музика", "Виховання", "Мистецтво" написані Олексою Новаківським для оздоблення музичного інституту ім. Лисенка на початку ХХ ст. Вони стали віхою в його творчості, яку важко переоцінити. Панно не тільки ідейно запрограмували його мистецтво, а й дали початок свідомо-національній темі та героїко-епічним образам.