

ФІЗИЧНИЙ
ЕКСПРЕС

С В І Т

№ 2 '97

ФІЗИКА

науково-популярний журнал

“Я належу до тих,
хто переконаний
у великій красі
науки”

Марія Кюрі

“Найціннішими скарбами людства
є його інтелектуальні і духовні
надбання. Причинитися до цих
надбань є найшляхетнішим
стремлінням людини”

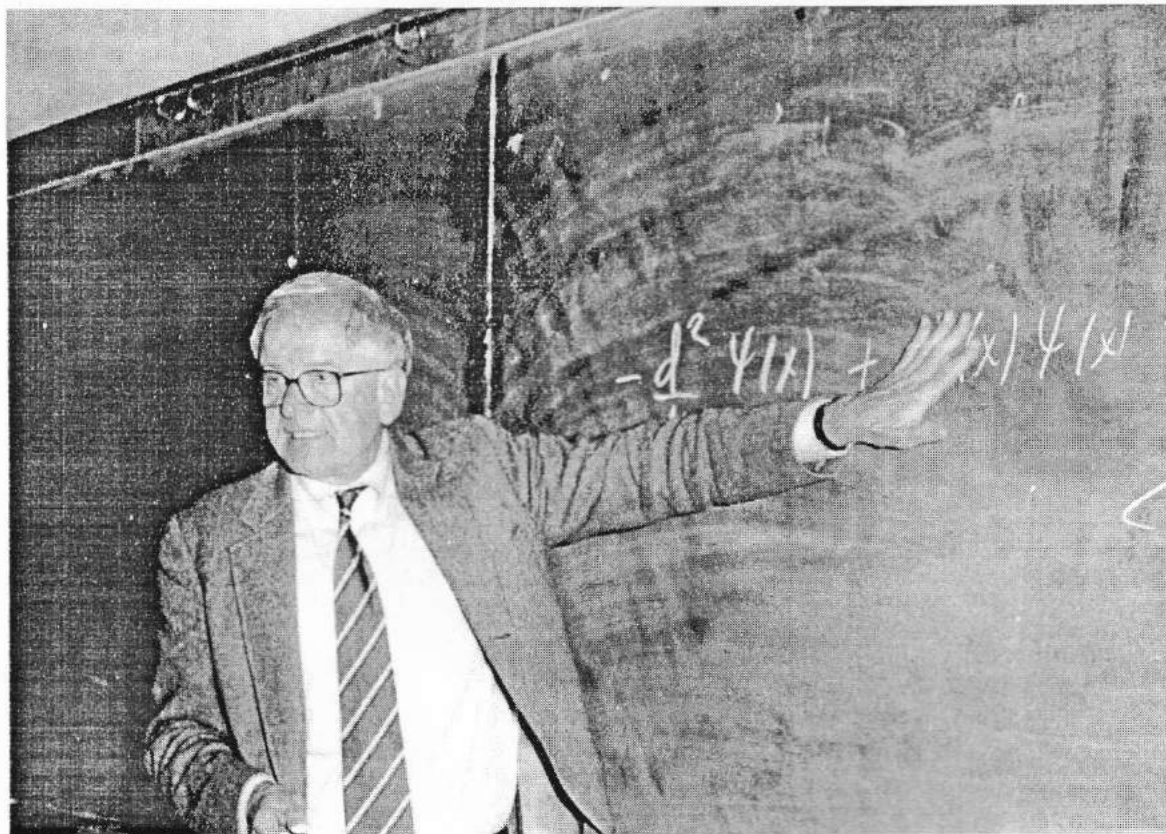
Олекса Біланюк



6 червня 1997 року у Львівському державному університеті ім. І.Франка відбувся черговий з'їзд Західно-українського фізичного товариства (ЗУФТ), яке об'єднує фізиків Волинської, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської, Рівненської, Тернопільської та Чернівецької областей. На з'їзд прибули представники вищих навчальних закладів названого регіону. В його роботі взяв участь віце-президент Українського фізичного товариства, ректор Львівського державного університету ім. І.Франка, професор Вакарчук І.О. Заслухано звіт Голови ЗУФТ, професора Стахіри Й.М. та Голови Координаційної ради товариства професора Миколайчука О.Г., обговорено зміни та доповнення до Статуту ЗУФТ. Учасники з'їзду загострили увагу на болючих моментах в розвитку фізичної науки в регіоні та в Україні в цілому. Зокрема на таких явищах, як скорочення програм з фізики у школах і вузах, незадовільне забезпечення підручниками на рідній мові, недостатнє фінансування наукових досліджень у вузах та науково-дослідних інститутах.

Головою ЗУФТ на наступний термін знову обрано декана фізичного факультету Львівського державного університету ім. І.Франка, професора Стахіру Й.М.

З доповіддю "Мое розуміння ролі математики у фізиці" виступив Роман Яцків.



Роман Яцків

Професор теоретичної фізики Массачусетського інституту технологій. Автор праць з теорії частинок високих енергій, симетрії калібрувальних полів та квантової теорії тяжіння. Має монографії з квантової теорії поля.

Фізичний
ЕКСПРЕС

С В І Т
ФІЗИКИ № 2' 97
науково-популярний журнал

Іван Вакарчук,
головний редактор

заступники гол. редактора:
О.Гальчинський,
Г.Шопа

Редакційна колегія:

О.Біланюк
М.Бродин
С.Гончаренко
Р.Гайда
Я.Довгий
І.Климишин
Ю.Ключковський
Ю.Ранюк
Й.Стахіра
Р.Федорів

Художник В.Гавло

Адреса редакції:

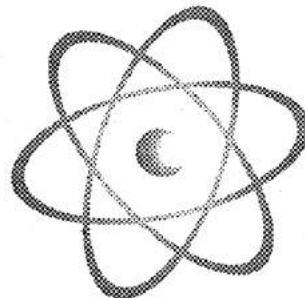
290054, м. Львів,
вул. Караджича, 29
Тел./факс +380 (322) 62-50-42

Шановні випускники 1997 року !

Ви закінчуєте школу і стоїте перед вибором свого майбутнього. Якщо Ви читаете наш журнал, ми сподіваємось, що Вас цікавить фізика. Зрозуміло, що закінчуючи школу, кожний із Вас має певне уявлення про цю науку. Фізика може здаватись якою завгодно, навіть незрозумілою і нецікавою для декого із Вас, але ніхто не може заперечити визначальний внесок фізики у розвиток людської цивілізації протягом останніх століть. Ми певні, що і в майбутньому фізика продовжить перелік великих відкриттів, започаткує розвиток нових технологій, відкриє нові джерела енергії, які змінюватимуть життя людства в новому тисячолітті.

Юні друзі, Ви обираєте свою майбутню професію і мрієте, щоби вона залишилася актуальною і потрібною на все Ваше життя. Фізика відповідає цим вимогам. Вона вічна і невичерпна, як сама природа. Це справжня наука сучасного і майбутнього.

Редколегія



З М І С Т

1. Нові і маловідомі явища з фізики

- Біланюк Олекса.* Дійсні частинки з уявною масою 3
Лукіянець Богдан. Паливні комірки як екологічно
чисті джерела енергії майбутнього 7

2. Про фізиків України

- Ґайда Роман.* Про одне повноцінне життя 9
Ранюк Юрій. Про перше розщеплення атомного
ядра в Україні 13
Ректор найстаршого в Україні університету —
Іван Вакарчук 18

3. Фізика світу

- Шопа Галина.* Великий подвиг у науці 21

4. Олімпіади, турніри...

25

5. Шпаргалка абітурієнта

- Теличин Ігор.* Витікання струмини 29
Кузик Раїса. Відомий вам імпульс 31

6. Творчість юнік

- Кіт Олег.* Всеукраїнському ТЮФу — 5 років 33
Пацаган Тарас. Склеяна пічка 34

7. Розв'язки задач

36

8. Конкурс журналу

41

9. Інформація

- Ковалюк Роман.* Японія відкриває нам двері 42

10. Фантастика

44

11. Кросворд

47

12. Гумор

48





У грудні 1996 р. професор фізики з Америки Олекса Біланюк побував в Україні і для учнів Львівського фізико-математичного ліцею прочитав лекцію на тему: "Дійсні частинки з уявною масою", а для нашого журналу дозволив передрукувати свою статтю на цю тему, яка була опублікована у Вістях Українських Інженерів в Америці в 1970 р. В статті збережено правопис автора — це яскравий зразок української наукової мови українців Америки. Дрібні поправки нашої публікації погоджено з автором.

Найбільшим науковим досягненням Олекси Біланюка слід уважати його праці (у співавторстві з відомим індійським фізиком-теоретиком Е. Ц. Дж. Сударшаном і, частково, з В. Дж. Дешпанде) про можливість існування частинок, які рухаються зі швидкістю, більшою від швидкості світла у вакуумі. Саме про це йдеться у поданій нижче статті.

Нещодавно О. Біланюку виповнилося 70 років. Про цього вченого читайте на стор. 9.

Дійсні частинки з уявною масою

Олекса Біланюк

Введення

Згідно із законами класичної механіки швидкість v даного тіла зростає з квадратним коренем його кінетичної енергії K , $v = (2K/m)^{1/2}$. При цьому закладається, що маса m тіла в русі дорівнює власній масі тіла (масі тіла в спокої), $m = m_0$, т. зн., що вона є величиною постійною, незалежною від швидкості, з якою дана маса рухається. Коли символом E_0 позначимо енергію, якою ця маса володіє у спокої (потенціальну, хемічну, теплову і т. д.), тоді швидкість у залежності від загальної енергії E (де $E = E_0 + K$), можна записати як

$$v = [2(E - E_0)/m]^{1/2}. \quad (1)$$

Це співвідношення представлено чертковою лінією на рис. 1. Тому що лінія являється параболою, виходило б, що швидкість тіла може бути задовільно великою. Вона обмежена лише запасом енергії, якою ми розпоряджаємо. Виходило б, що коли запас енергії достатньо великий, тоді тіло можна б прискіпити навіть до надсвітлової швидкості.

Обмеження швидкості

Насправді так не є. Ще в 1905 році Альберт Айнштайн доказав [1], що хоча класична механіка задовільно описує явища повільного (в порівнянні зі швидкістю світла), вона зовсім заводить у царині високих швидкостей. Він доказав, що залежність швидкості даного тіла від його енергії E слід виразити як

$$v = c(1 - m_0^2 c^4 / E^2)^{1/2}. \quad (2)$$

Це співвідношення накреслено повною лінією на рис. 1. З рис. виразно видно, що швидкість тіла ніколи не може переступити величину c , яка являє собою швидкість світла в порожнечі, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Навіть коли дане тіло має незмірно велику кінетичну енергію, його швидкість остається меншою від вартості c , т. зн. воно в

ніякому випадку не може досягнути швидкості світла. Цей вислід, зовсім неоправдано, набрав значення, мовляв теорія відносності виключає всяку можливість існування предметів, що порушувались би швидше від світла. Сам Айнштайн причинився [1] до поширення цього переконання.

Парадокс існування фотонів

Пригляньмося виразові (2) ближче. Запитаймо спершу, чи він дійсно виключає існування предметів спроможних порушуватись з повною швидкістю c ? Адаже ж такі предмети існують: ними є кванти самого таки світла, фотони; ними є також і неутріно, продукти радіоактивних розпадів і ядерних реакцій. Як узгіднити їхнє існування з основним співвідношенням (2)? Таке узгіднення можливе одним лише шляхом. Ми змушені заключити, що власна маса m_0 для фотонів і неутріно є нулем. Рівняння (2) тоді зводиться до $v = \pm c$, незалежно від енергії фотона (чи неутріно). Довголітні досліди довели, що так є і насправді; фотони власної маси не мають. Проте на перший погляд могло б видатися, що заложення $m_0 = 0$ є парадоксальним. Адаже ж все можна уявити собі уклад координат, який порушується разом із даним предметом. У такому укладі фотон, зі своєю нулевою масою спокою, зовсім не існує. Таким чином, ми знаходимося у суперечливих обставинах. В одному укладі ми маємо багато фотонів і неутріно, які беруть участь у різних фізичних діях, а в другому укладі всі вони не існують. Вихід із цієї суперечности ось який: уклад координат, який порушується разом із фотоном не може бути укладом лябораторним. Як дослідники, так і їхні пристрої мають власну масу m_0 більшу від нуля, і тим самим їхня швидкість ніколи не може досягнути вартості c . Те, що діється в укладі, який порушується разом із фотоном, не може бути



предметом фізичних pomірів, тому це питання не попадає в засяг фізики. Завданням фізики є знаходити закономірності, які можна перевірити дослідом. Тому, що всі наші лябораторії, включно з найшвидшими космічними кораблями майбутности, є приречені до швидкостей менших за світло, ми не можемо перечити заложенню, що для фотонів (і невтріно) власна маса m_0 є нулем. Ми не можемо противитись навіть тоді, коли заложення $m_0 = 0$ позірно суперечить “здоровому розсудкові”, як у наведеному вище прикладі. (Повторім надуманий в тому прикладі парадокс: в укладі координат спряженому з фотоном, фотон перестає існувати, так що координатам вже з нічим і спрягатися!)

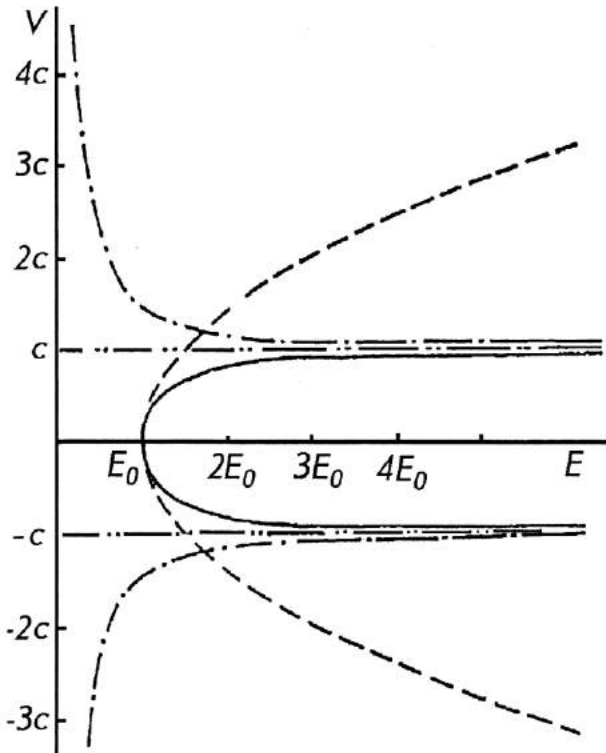


Рис. 1. Співвідношення швидкості V даного тіла і його енергії E . Чертковою лінією накреслена параболола, яка описує клясичне уявлення про рух. Тягла лінія представляє залежність швидкості від енергії згідно з Айштайновою теорією відносности. Точково-черткова лінія — це передбачення залежності між v і E для гіпотетичних надсвітлових частинок.

З повищих виводів виходить, що всі відомі нам фізичні предмети можна поділити на два роди, залежно від того, чи маса спокою даного предмета є нулем, чи ні. Хоча один і другий повинуються тим самим фізичним законам, вони основно різняться своїми властивостями.

Гіпотеза про уявну масу

На початку 1960-х років, з індійськими фізиками Е. Ц. Дж. Сударшаном та В. К. Дешпанде [2], ми зацікавилися питанням, чи закони сучасної фізики, зокрема співвідношення (2), таки дійсно виключають можливість існування ще третього роду частинок, яких рух був би швидшим від світла. Нам було ясно, що жадних відомих до цієї пори частинок не можна прискорити до надсвітлових швидкостей. Незалежно від кількості їхньої енергії, фотонам присуджено пробігати з незмінною швидкістю $v=c$. Швидкість звичайних частинок (тих, що володіють масою спокою) обмежена до швидкостей менших за c , навіть коли вони мають незмірно високу кінетичну енергію. Питання, яке ми поставили, не було — чи можливо прискорити котрісь із відомих частинок до надсвітлових скоростей. Натомість ми хотіли дізнатися, чи закони фізики допускають [5] можливість існування кляси невідкритих ще частинок, які пробігали б з надсвітловими швидкостями.

Відповідь на наш запит навіяло саме таки співвідношення (2). Щоб передсказана ним швидкість v була більшою від c , треба щоб вираз $m_0^2 c^4 / E^2$ став від’ємним. Як це досягнути? Величина c^4 є додатною константою. Енергія є величиною зміримою, тому вона мусить бути представлена числом дійсним, так що E^2 теж все мусить бути додатним. Одиноким кандидатом на від’ємне число залишається m_0^2 . Щоби m_0^2 стало числом від’ємним, треба заложити, що m_0 є числом уявним,

$$m_0 = i m_x, \tag{3}$$

де $i = (-1)^{1/2}$, а m_x з числом дійсним. Для таких гіпотетичних частинок т. зв. тахіонів [3], що їх масу власну ми пропонуємо позначити числом уявним, ми маємо $(i m_x)^2 = -m_x^2$, так що співвідношення (2) можна записати як

$$v = c \left(1 + m_x^2 c^4 / E^2 \right)^{1/2}. \tag{4}$$

Бачимо, що заложення (3) перетворює основне співвідношення (2) в такий спосіб, що надсвітлові швидкості стають теоретично можливими. Крива рівняння (4) накреслена точково-чертковою лінією на рис. 1.

На перший погляд могло б видатися, що масу будь-якого фізичного предмета аж ніяк не можна позначити числом уявним. Адже маса співзначна енергії

$$E = m c^2, \tag{5}$$

а енергія є безпосередньо змірима і тому вона все мусить бути виражена числом дійсним. На ділі жадних труднощів тут немає. Маса у рівнянні (5) не є масою власною m_0 , а масою відносною m . Ця остання все мусить бути позначена



дійсним числом як і енергія E . Маса відносна m і маса власна m_0 пов'язані слідуочим співвідношенням:

$$m = m_0 / \left(1 - v^2/c^2\right)^{1/2}. \quad (6)$$

Завдяки заложенню (3) для наших гіпотетичних надсвітлових частинок, рівняння (6) можна написати так:

$$m = m_x / \left(v^2/c^2 - 1\right)^{1/2}. \quad (7)$$

Як бачимо, при передумові, що $v > c$, змірима відносна маса m остає числом дійсним навіть для частинок із уявною власною масою. Для надсвітлових частинок, як і для фотонів, власна маса не є безпосередньо доступна для pomірів, тому вимога, щоб її виразити числом дійсним, відпадає.

У сучасній фізиці часто зустрічаємо параметри, які доводиться позначити комплексними або уявними числами. Вираз "уявне число" нефортунний. "Уявні" параметри часто відносяться до зовсім конкретних фізичних понять, в яких нічого уявлюваного немає. Повсюдним прикладом із електротехніки є повний опір (імпеданс) $Z = R + iX$, де R є омичним, а X є запасливим (реактивним) опором.

Застереження

"Уявність" власної маси тахіонів не дає причини до застережень. Зате гіпотеза надсвітлових частинок веде до двох інших заключень, які спершу здавались несумісними з початками сучасної фізики. Першим із них був вислід, що в деяких укладах координат тахіони набирали б від'ємної вартости для своєї енергії. Це питання доволі складне і його важко з'ясувати в рамках цієї статті. Обмежимось твердженням, що ця трудність, яка вважалась самозрозумілим аргументом проти можливости існування надсвітлових частинок, знайшла повну розв'язку. Нам вдалося доказати, що напрям пробігу тахіонів із негативною енергією є контрспрямованим у часі, а це значить, що на ділі енергія все затримує дійсну додатну вартість. Зацікавлені знайдуть обговорення і розв'язку цього питання в *American Journal of Physics* з жовтня 1962 року [2].

Друге застереження ще складніше. Згідно з ним, існування надсвітлових частинок могло б доводити до обставин, в яких порушується принцип причинности. (Здавалось би, що є уклади координат, в яких тахіон біжить так швидко, що "прибігає до мети ще заки вибіжить з джерела"...). Хоча це питання ще остаточно не розв'язане, ми погоджуємося з австралійським фізиком Анґусом Гурстом [4], що наша розв'язка першого застереження рівночасно обезсилює і оце друге. В кожному разі можна спокійно твердити, що це застереження не є достатньо переконли-

вим, а можливо є навіть зовсім неоправданим. За точнішим обговоренням цього питання, читачів відсилається до відповідної літератури [5-7].

Прикмети тахіонів

Співвідношення (4) і його графік (рис. 1) дозволяють передбачити деякі прикмети гіпотетичних тахіонів. Головною своєрідною чертою можна вважати те, що тахіони з втратою енергії прискорюються у відміну звичайним частинкам, які з втратою енергії сповільнюються. Чим більше енергії має тахіон, тим повільнішим він буде. Для тахіонів, так само як і для звичайних частинок, швидкість світла становить граничну швидкість, якої не можна переступити. Та у випадку тахіонів ця швидкість є асимптотично найменшою можливою для них швидкістю. При швидкостях менших від світла тахіони в нашому світі існувати не можуть.

Інше цікаве заключення про природу тахіонів можна винести, застосовуючи до них релятивістичний закон додавання швидкостей

$$u = (u + w) / \left(1 + uw/c^2\right). \quad (8)$$

В цьому співвідношенні w позначає відносну швидкість двох лябораторій, v позначає швидкість даного предмету відносно першої, а u швидкість того самого предмету відносно другої лябораторії. З рис. 2 бачимо, що коли швидкість предмета є меншою від c в одній з лябораторій, тоді вона буде меншою від c в кожній іншій лябораторії, що порушається зі швидкістю w меншою від c відносно першої. Цей вислід, співзвучний з попереднім заключенням, що для звичайних частинок c становить верхню границю швидкості.

Та припустім, що існує (для нас недоступна) "тахіонна" лябораторія, яка відносно нас має швидкість w більшу від c . Згідно зі співвідношенням (8) і з рисунком 2, звичайний предмет, який відносно нас має швидкість u меншу від c , у тахіонній лябораторії має швидкість більшу від c , і навпаки. Що це значить? Це значить, що наш світ і світ тахіонів (якщо такий існує) пов'язані зворотним відношенням: для тахіонів наш світ є тахіонним, а їхній звичайним. (Це заключення було вперше опубліковане в статті [11]).

З рівнянь (4) і (8) та з других, не заторкнених тут співвідношень можна винести ряд інших цікавих заключень про природу гіпотетичних тахіонів. Зацікавлені читачі знайдуть обговорення деяких із них у літературі [2, 7, 8, 9]. Та всі, переведені дотепер праці на цю тему, становлять лише малу частину теоретичних дослідів, які ще треба перевести, щоб краще зрозуміти природу невідкритих ще тахіонів, і цим самим облегшити пошукування за ними.

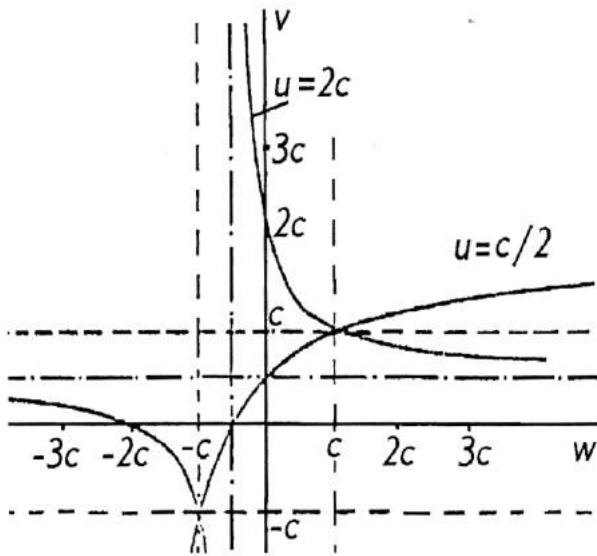


Рис. 2. Співвідношення релятивних швидкостей. Якщо існує світ тахіонів, усі швидкості, що є меншими від c для нас, будуть більшими від c у тахіонному світі. Зворотно, усі швидкості, що були б більшими від c для нас, вважатимуться меншими від c у тахіонному світі.

Заключення

Незважаючи на те, що питання причинності ще остаточно не з'ясовано, і що знання властивостей тахіонів ще доволі поверховне, починаючи з 1963 р. низка дослідників переводить експериментальні пошукування за гіпотетичними надсвітловими частинками. Частинний список праць, в яких звітється про ці розшуки, подано у відсилці [10]. Короткий огляд цих праць проведених під цю пору, можна знайти у відсилках [6, 7]. Покищо висліди всіх дослідів осталися негативними, і вигляди на вчасний успіх невеликі. Дотепер ще майже нічого не відомо про квантову природу цих частинок і про їхню можливу взаємодію зі звичайною матерією. Хоча перші кроки в цьому напрямі вже зроблено [8, 9], потрібно ще багато теоретичної праці, щоб надати розшукам за тахіонами цілеспрямованя і зробити працю експериментаторів більш обіцяючою. Покищо розшуки провадяться майже зовсім "насліпо", і дослідників треба подивляти за їхню піонерську підприємливість. Хоча можна сподіватися, що скоріше чи пізніше тахіони таки будуть віднайдені, тепер ще завчасно мудрувати над їхнім можливим технологічним застосуванням. Проте, вже найвищий час справити ряд книг і підручників із теорії відносності, в яких висувається твердження, мовляв можливість існування надсвітлових частинок несумісна з Айнштайновою теорією відносності.

Відсилки

- [1] A. Einstein, Ann. Physik, 17, 891 (1905).
- [2] O. M. P. Bilaniuk, V. K. Deshpande and C. G. Sudarshan, U. S. Atomic Energy Commission Report NYO 10230.
O. M. P. Bilaniuk, V. K. Deshpande and E. C. G. Sudarshan, Am. J. Phys, 30, 718 (1962).
- [3] Цю влучну назву (з грецького тахіс = швидкий) придумав у 1967 році для постульованих нами частинок професор Колумбійського університету Джералд Файнберг. Внаслідок цього, декілька [5] ненаукових часописів скривдило авторів праці наведеної вище під числом [2], приписуючи цю працю проф. Файнбергові. В 1967 р. проф. Файнберг [8] опублікував цікаву спробу квантування частинок із уявною масою і в своїй статті він признає пріоритет праці [2]. Цей пріоритет признає він і в своїй найновішій статті у Scientific American (Feb. 1970).
- [4] C. A. Hurst, Math. Rev. 26, 667 (1963).
- [5] D. Bohm, Special Theory of Relativity, W. A. Benjamin, New York, 1965;
Я. П. Терлецький, Парадокси Теории Относительности, "Наука", Москва, 1966;
O. M. Bilaniuk and E. C. G. Sudarshan, Nature, 223, 386 (1969);
R. Perisho, Yale Report 2726-552 (1969).
- [6] O. M. Bilaniuk and E. C. G. Sudarshan, Physics Today 22/5, 43 (May 1969).
- [7] O. M. Bilaniuk, S. L. Brown, B. De Witt, W. A. Newcomb, M. Sachs, E. C. G. Sudarshan and S. Yoshikawa, Physics Today 22/12, 47 (Dec. 1969).
- [8] G. Feinberg, Phys. Rev. 159, 1089 (1967);
G. Feinberg, Sci. Am., Feb. 1970, p. 68.
- [9] J. Dar and E. C. G. Sudarshan, Phys. Rev. 174, 1808 (1968).
- [10] T. A. Alvager, J. Blomqvist and P. Erman, Nobel Research Institute, Stockholm, Annual Reports 1963 - 1966;
T. Alvager and M. Kreisler, Phys. Rev. 171, 1357 (1968);
C. Baltay, G. Feinberg, N. Weh and R. Linsker, U. S. Atomic Energy Comm. Report NYO 1932 (2) - 148, (1969).
M. N. Kreisler, Phys. Teacher 7, 391, (Oct. 1969).
- [11] O. Біланюк, Вісті Українських Інженерів (Нью-Йорк), 1970, 21, ч. 1-2, ст. 3-7.

Примітка редакції. За останні 25 років появилася понад 1000 праць на тему тахіонів і вони набули права громадянства у сьгоднішній фізиці. Однак тахіони і надалі залишаються невловимими.



Паливні комірки як екологічно чисті джерела енергії майбутнього

Богдан Лукіянець,

професор Державного університету "Львівська Політехніка"

Тема нашої розмови зачіпає дві нинішні глобальні проблеми людства — паливно-енергетичну та екологічну. А тому варто ще раз звернути увагу читача на важливість розв'язання цих проблем.

Коли мова заходить про глобальні проблеми, то цю глобальність слід розуміти як в прямому, так і в переносному значенні: в прямому, оскільки подібні проблеми зачіпають інтереси всіх людей планети, а в переносному — через їх важливість для людства (часто вони пов'язані взагалі з існуванням життя на планеті).

На нинішній день існує, на жаль, не одна, а декілька глобальних проблем. До числа найбільш важливих відноситься загроза нової світової війни. За прогнозами військових фахівців, на планеті зараз зосереджена така кількість зброї, що здатна знищити все живе від 14 до 60 разів. Тому потрібно зробити все, щоб не допустити такої війни.

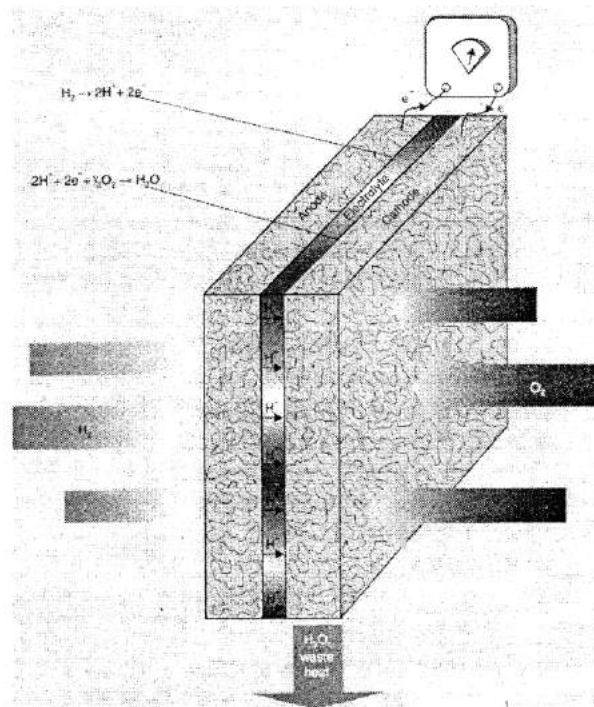
До числа інших глобальних проблем сучасності можна віднести:

- паливно-енергетичну або, більш загально, сировинну;
- продовольчу;
- охорони навколишнього середовища (екологічну).

Аналіз таких проблем приводить до висновку, що збільшення чисельності населення планети є одним з головних чинників їх виникнення. Дані демографічних досліджень вказують на тенденцію зростання чисельності принаймні ще впродовж 100 років. В 1800 р. планету населяло 0.8 млрд. чоловік, в 1900 — 1.6, а в 2000 р. ця цифра становитиме 6.2 млрд. Нинішній щорічний приріст населення Землі — приблизно 90 млн. чоловік. До 2100 р. чисельність планети зросте до 11-30 млрд., після чого, згідно з демографічними прогнозами, її приріст припиниться. Такий ріст супроводжується ростом потреб людства у різній сировині, паливі, продуктах харчування тощо, а, отже, пов'язаний з більш масштабною господарською діяльністю людини. А така діяльність дуже часто породжує екологічні проблеми. В цьому ланцюжку взаємопроникних глобальних проблем паливо (чи більш загально, сировина) лише одна, образно кажучи,

його ланка, але ланка не дріб'язкова з огляду на її роль у розв'язанні цих проблем.

До недавнього часу людство забезпечувало свої енергетичні потреби за рахунок спалювання мінерального палива — нафтопродуктів, вугілля, природного газу. Сподіватися, що така ситуація буде тривати в майбутньому — безпідставна за двох причин: 1) обмеженості мінерального палива в надрах Землі і 2) забруднення навколишнього середовища продуктами спалювання. Тому вже впродовж тривалого часу людство шукає інші джерела енергії — гідроенергія, атомна енергія, сонячні перетворювачі енергії тощо. Ці джерела мають як привабливі, так і негативні сторони з огляду на екологічні наслідки їх використання та фінансові затрати. Все це дуже важливі питання, але вони виходять за рамки теми нашої розмови.



Розглянемо детально таке нетрадиційне джерело енергії як паливні комірки (fuel cells), які на сьогодні ще не дуже знайомі нефахівцям. Ключовими компонентами паливної комірки є (див. рис.):

анод, до якого підводиться паливо (в даному

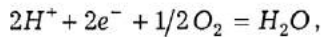


випадку водень):

катод, до якого підводиться кисень:

електроліт, що дозволяє протікати лише — це істотно! — йонам (виключаючи електрони) між катодом і анодом.

При цьому відбувається реакція



тобто та сама, що і при звичайному спалюванні водню. Істотна відмінність в нашому випадку в тому, що реагенти просторово розділені. Комірка “перехоплює” потік електронів від палива і спрямовує його через зовнішнє коло. Відходами такого “горіння” є екологічно чиста речовина — вода. В інших паливних комітках заряд переноситься від катоду до анода не йонами O^- , а OH^- чи CO_3^- , при цьому потрібні різні електроліти. На нинішній день нараховуються п'ять типів паливних комірок, що відрізняються електролітом в них. Кожен з цих типів має як свої переваги, так і певні недоліки.

Явище отримання електричного струму безпосередньо з палива було встановлено ще в 1839 році сером Уільямом Гроувом (Grove). Його практичного застосування, незважаючи на інтенсивні дослідження рядом наукових та промислових лабораторій, не було аж до 60-х років нашого століття, коли НАСА використала паливні комірки як джерело електроенергії на борту “Gemini” та “Apollo” під час польотів на Місяць.

Сьогодні існує теорія явища, на якому ґрунтується робота паливної комірки. Ця теорія не виходить за рамки принципів термодинаміки. Важливою характеристикою паливної комірки, як і будь-якого іншого двигуна, є її коефіцієнт корисної дії — к.к.д. Виявляється, що в даному випадку він може бути набагато вищим, ніж к.к.д. циклу Карно, який є максимальним теоретично можливим к.к.д. теплових двигунів. Чому складно перетворити все тепло в теплових двигунах в роботу? Це пояснює 2-ий принцип термодинаміки, який твердить, що для замкненої системи її ентропія — міра невпорядкованості системи з часом — росте (точніше, не зменшується). (Більш детальний розгляд згаданих принципів можна знайти в будь-якому підручнику з термодинаміки). Тепло, що отримується від нагрівника, є високоентропійна форма енергії, і коли ми перетворюємо її в низькоентропійну (напр., електричну чи механічну), то, згідно з 2-им принципом термодинаміки, ми генеруємо ентропію в іншому місці. А для цього потрібно “викинути” деяку кількість енергії зі значно вищою ентропією. Підвищення к.к.д. у випадку паливних комірок можливе саме завдяки можливості отримання енергії з палива за рахунок

контрольованого “електрохімічного спалювання” — процесу. В цьому процесі відсутня проміжна ланка отримання тепла і неефективного його перетворення в інші види енергії. Коли проаналізувати к.к.д. різних паливних комірок, то вони досить високі — до 90% і вище (для порівняння найефективніші сучасні теплоелектрогенератори мають к.к.д. лише 35-40%). Більш того, для деяких паливних комірок можливий к.к.д. вищий, ніж 100%! Це буде тоді, коли ентропія реагентів нижча від ентропії продуктів реакції. При цьому система буде поглинати енергію з навколишнього середовища і перетворювати її в електричну енергію. Отже, тут нема порушення законів термодинаміки: к.к.д. паливних комірок, вищий від 100%, можливий лише коли її внутрішня енергія поповнюється з зовнішнього середовища (так що не порушується 1-ий принцип термодинаміки, тобто закон збереження енергії), а ентропія, яка ніби зникає, в дійсності переходить в високоентропійний компонент продукту реакції (тобто задовільняється 2-ий принцип термодинаміки).

Вперше паливні комірки привернули до себе пильну увагу військових фахівців, а тому роботи над ними були засекречені. Але з закінченням ери “холодної війни” дослідження комірок зміщуються в сторону їх цивільного застосування. Нині питання наукових досліджень паливних комірок залишаються такими ж актуальними, як і технічних, що роблять перші кроки на шляху здешевлення їх виробництва. В найближче десятиліття паливні комірки можуть стати конкурентними до двигунів внутрішнього спалювання в автомобілях. Демонстраційні проекти використання паливних комірок замість двигунів внутрішнього спалювання вже створені в США, Канаді та Німеччині. Згідно з прогнозами, зробленими в 1993 р., автомобільні двигуни на паливних комітках при їх масовому виробництві будуть мати ту ж вартість, що і двигуни внутрішнього спалювання. Більш того, вартість обслуговування таких двигунів буде нижчою завдяки високому к.к.д. та простоті експлуатації.

Тому, підсумовуючи, можна твердити, що висока ефективність паливних комірок, їх екологічність, будуть і надалі привертати значний інтерес до них, результатом чого стане їх широкомасштабне практичне застосування вже в недалекому майбутньому.

Література

Sivan Kartha, Patric Grimes. Fuel cells: Energy conversion for the next century/ Physics Today. — 1994. — N11. — p. 53-61.

Б. А. Лукіянець. Екологічні проблеми з точки зору термодинаміки. ДУЛП, Львів, 1996. — 40 с.



ПРО ОДНЕ ПОВНОЦІННЕ ЖИТТЯ

(До 70-річчя Олекси Біланюка)

Олекса Біланюк народився 15 грудня 1926 р. в селі Тарнавка на Лемківщині в родині педагога. Батько — Петро Біланюк — здобув освіту та науковий ступінь доктора в галузі фізичної географії у Карловому університеті (Прага). Працював викладачем у різних навчальних закладах, останні передвоєнні роки — у Львові. Тут Олекса закінчив шість класів початкової школи і мав вступити до гімназії, але початок другої світової війни перешкодив цьому. Юнак залишився на окупованій німцями території в родині дідуся — священика, широко ерудованого сільського інтелігента. З великими зусиллями батькові вдалося перейти зі Львова на Лемківщину, щоб з'єднатися з родиною.

Під час німецько-більшевицької війни Олекса Біланюк зумів у домашніх умовах під опікою діда піднятися за освітою до рівня випускника гімназії. У травні 1944 р. його примусово забрали до Німеччини, де він працював у селі Унтерей біля Аугсбурга в господаря Фриліха. Після приходу американців пішов до табору "переміщених осіб" в Аугсбурзі. Тут він долучився до українців, що згуртувалися навколо поета Василя Барки. Як згадував О.Біланюк у недавньому листі до мене, цілими днями вони слухали розповіді В.Барки про грецьких філософів, про Данте Аліг'єрі, про ренесанс та загалом про європейську культуру. "Ми слухали мов зачаровані, і поволі з "простюхів" ставали культурними європейськими молодиками".

Чи не в цьому потягу до загальної культури і багатой духовності тодішньої молоді, що опинилася поза межами України,

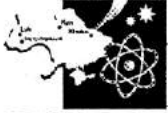


Олекса Біланюк на ювілейному засіданні у Львівському державному університеті. Грудень 1996 р.
(фото В.Букси)

криється один з коренів того феномена, який полягає у розквіті інтелектуального життя післявоєнної хвилі української еміграції до західних країн? Адже саме там відродилася діяльність Наукового товариства ім. Шевченка, репресованого більшовиками на початку 1940 р., Вільної української академії наук та Вільного українського університету, численних фахових товариств (українських лікарів, інженерів), преси, видавництва, художньої літератури тощо. Важко уявити, наскільки трагічнішими були б без цього (згадати хоча б "Енциклопедію українознавства") наслідки руйнівного для української культури та національної самосвідомості

розгулу українофобства в колишньому Союзі. А ще чималий внесок науковців українського походження у світову науку та технічний прогрес, одного з яскравих представників яких маємо змогу вітати з його ювілеєм. Пропагувати такі імена — значить сприяти процесові ознайомлення світу з Україною як державою самобутньої високорозвиненої європейської нації і, водночас, пробуджувати в самих українців почуття національної гордості і патріотизму.

Восени 1945 р. підрозділ Організації Об'єднаних націй, який займався переміщеними особами (UNRRA — United Nations Relief and Rehabilitation Administration), відкрив у Мюнхені так званий Уні-



верситет УНРРА і матуральні (підготовчі) курси при ньому. Олекса Біланюк прибув до Мюнхена, вчився на курсах майже рік, де досить добре опанував англійську мову. На 1946/47н.р. вступив на перший курс до Політехніки в Карльсруге (Technische Hochschule - Karlsruhe; тепер — Technische Universität - Karlsruhe). Тут він уперше зустрівся з експериментальною фізикою. Велике враження справила на нього виконана професором фізики демонстрація пересилання електромагнетних хвиль за допомогою того самого апарата, яким близько 50 років раніше у тій самій Політехніці Генріх Герц відкрив експериментально ці хвилі, підтвердивши тим самим один із висновків теорії Максвелла. "Та було нелегко, — згадує Біланюк, — хоч УНРРА трохи допомагала, я часто був голодний. Крім того, за кожну годину слухання викладів треба було відпрацювати годину на усунуванні розвалин Політехніки та її відбудові". У Карльсруге він удосконалив знання німецької мови.

Весною 1947 р. О.Біланюк записався на конкурс для отримання стипендії до Лювенського університету в Бельгії. За умовами конкурсу треба було скласти іспит з французької мови, якою викладали в Лювені. Біланюк зумів упродовж трьох місяців інтенсивного навчання настільки оволодіти нею, що "з бідую" іспит склав; конкурс загалом пройшов успішно, і стипендію Олекса отримав. Але потрібен ще був дозвіл на виїзд до Бельгії, а його довго не давали жодному з двадцяти п'яти стипендіатів. Щоб не прогавити початок семестру і не втратити, як наслідок, рік навчання, О.Біланюк переходить ще з одним колегою через кордон нелегально (як тоді говорили, "на зелено", тобто лісами) з великими пригодами. Та винагородою була можливість учитися — на противагу до решти групи: ці товариші приїхали до Бельгії після Нового року і вступили до університету лише в наступному навчальному році.

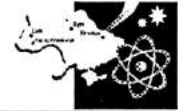
Мовні труднощі вдалося подолати завдяки допомозі коле-

ги, який уже два роки перебував у Бельгії. Склавши успішно та з відзнакою річні іспити, Олекса забезпечив собі продовження стипендії. В Лювені він закінчив чотири роки електротехніки. Та бажання поглибити навчання покликала його в Америку, до дальших студій, які він хотів продовжити в Мічиганському університеті в Анн Арбор. І знову не обійшлося без пригод. У США існував закон, який дозволяв переміщенням особам після детальної перевірки їхнього минулого приїжджати до Америки. Але для цього потрібна була довідка про легальний в'їзд до Бельгії. "По довгих клопотаннях, — згадує О.Біланюк, — я переконав Лювенську поліцію, що то вона загубила мої папери про легальне перебування в Бельгії, і потрібну посвідку я отримав".

Програми навчання в Бельгії і в США суттєво відрізнялися, у зв'язку з чим Біланюк після чотирьох курсів електротехніки Лювенського університету не міг вступити навіть на четвертий курс електротехніки в Мічиганському



Професори О.Біланюк і Р.Гайда серед учнів Львівського фізико-математичного ліцею. Грудень 1996 р.



університеті. Зате він був досить підготовлений, щоб потрапити в осінньому семестрі 1951 р. одночасно на четвертий рік прикладної фізики і прикладної математики. У червні наступного року О.Біланюк отримав диплом бакалавра з двох спеціальностей: прикладної фізики (Bachelor of Science in Engineering Physics — BSE (Ph.)) та прикладної математики (Bachelor of Science in Engineering Mathematics — BSE (Math.)). За досягненими результатами він був одним з трьох найкращих серед 452 дипломантів і тим здобув право на стипендію для дальшого продовження студій. Вибрав ядерну фізику і математику. В 1953 р. отримав диплом магістра фізики (Master of Science in Physics — M.S.(Ph.)), а в 1954 р. — ступінь магістра математики (Master of Arts in Mathematics — M.A.(Math.)). У 1957 р. у Мічиганському університеті отримав ступінь доктора філософії в галузі ядерної фізики (Ph.D. (Nuclear Physics)). З 1957 по 1964 рр. О.Біланюк виконував наукові дослідження в лабораторіях ядерної фізики Мічиганського та Рочестерського університетів. 1962-1963 рр. провів у відрядженні, працюючи на новому циклотроні Аргентинської ядерної лабораторії в Буенос-Айресі. Понад 30 наступних років віддав науковій та педагогічній діяльності у Свартморському коледжі біля Філядельфії, виїжджаючи часто також у наукові центри різних країн Америки, Європи й Азії.

Своє інтелектуальне життя Олекса Біланюк присвятив науці. В Американському довіднику видатних особистостей "Who's Who in America" ("Хто є хто в Америці") під його гаслом поряд з найважливішими досягненнями наведено цитату з одного із його виступів: "Найціннішими скарбами людства є його інтелектуальні і духовні надбання. Причинитися

до цих надбань є найшляхетнішим прагненням людини". Багато наукових праць, опублікованих у найавторитетніших журналах світу, свідчить, що це прагнення професор Біланюк здійснив дуже успішно.

Щоб належно оцінити місце праць Біланюка і Сударшана про надсвітлові частинки в розвитку основних уявлень сучасної фізики, варто зауважити, що впродовж майже столітнього існування релятивістичної фізики було безліч спроб спростувати основні принципи спеціальної теорії відносності та незвичні, з погляду ньютонівських уявлень, висновки з неї. Проте аналіз таких "спростувань" завжди показував їхню помилковість. Тому нелегким був шлях до визнання теорії тахіонів. Адже автори цієї сміливої теорії замахнулися на авторитет самого Айнштейна, який уважав, що швидкість світла у вакуумі — це максимальна можлива швидкість руху частинок чи поширення взаємодій. Не дивно, що твердження, згідно з якими спеціальна теорія відносності насправді не забороняє такого руху, фізики приймали спочатку дуже скептично. І лише після того, як у низці публікацій Біланюк і Сударшан довели безпідставність заперечень проти їхньої теорії, вона стала складовою частиною сучасної фізики. Хоч до цього часу тахіони експериментально не відкрито, сама можливість їхнього існування вносить суттєво нові моменти у концептуальні основи фізики. Назріла потреба відобразити їх у підручниках і монографіях зі спеціальної теорії відносності.

Зауважимо, що за гіпотезою Біланюка-Сударшана тахіони можуть народжуватися у процесах взаємодії частинок. Тому ця гіпотеза не суперечить висновку з теорії відносності, що жоден фізичний об'єкт нашого світу не може перейти через "світловий бар'єр": тахіони утворюються та іс-

нують за цим бар'єром. Додамо, що одну з важливих ідей теорії тахіонів Олекса Біланюк опублікував уперше українською мовою в журналі "Вісті українських інженерів" (1970, ч.1-2), який виходить друком у США. Назву "тахіони" (від грец. *taxís* — швидкий) для гіпотетичних "надсвітлових" частинок запропонував у 1967 р. професор Колумбійського університету (США) Г.Файнберг. Це стало основою помилкового твердження у деяких популярних часописах (зокрема в одній із центральних російських газет), що він є автором тахіонної теорії. У своїх працях 1969 та 1970 рр., пов'язаних з проблемою тахіонів, Файнберг визнав пріоритет Біланюка і Сударшана, так що це питання дискусії не підлягає.

У житті і діяльності Олекси Біланюка відданість науці гармонійно поєднується з любов'ю до України. І не лише до великої Батьківщини, а й до малої — рідної Лемківщини. Він і сьогодні залюбки "бесідує" лемківською говіркою, як тільки зустрине когось, що нею ще володіє, — а таких стає щораз менше. Уболіває Олекса за тим, що коли вже не стане лемків, щезне слід по великій частині багатющого лемківського фольклору, і ніхто вже не заспіває його улюбленої пісні:

*А ми з милов нич не маме,
Лем насебе позераме,
Люпше наши два позори,
Як богацки штири воли.
Штири воли нич не значат,
Як той грейцар, штотся качат...*

Водночас О.Біланюк гордиться тим, що всі лемки усвідомили свою приналежність до великої української нації. Корені його щирого українського патріотизму сягають дитячих і юнацьких років, зокрема пластової присяги, яку він склав восени 1939 р. у місті Сяноці на окупованій німцями Лемківщині. (Незабаром після цього німці заборонили будь-яку



пластову діяльність). По війні, в 1946 р. Олекса вступив до куреня "Бурлаки". Його члени влаштували пізніше щорічні зустрічі у США, а в серпні 1996 р. з'їхалися для відзначення 50-літнього ювілею в Україну і провели його в Карпатах у Підлютому Івано-Франківської області. Давні друзі — "бурлаки" — називали Олексу пластовим ім'ям "Трубка", оскільки в таборах і на зустрічах його обов'язком було грати на трубці "побудку" та "на добраніч".

Професор Олекса Біланюк є рідкісним у наш час науковцем, який має наукові досягнення світового рівня у галузі як експериментальної, так і теоретичної фізики. Його експериментальні дослідження стосуються ядерної фізики і присвячені вивченню механізмів ядерних реакцій і структури атомних ядер. Численні праці з цих проблем О. Біланюк публікував сам і з іншими науковця-

ми в чільних американських журналах, про свої результати доповідав на багатьох міжнародних конференціях. У 1992 р. професора О. Біланюка було обрано іноземним членом Національної Академії Наук України. Так було відзначено не лише його наукові заслуги, але і тривалу тісну співпрацю з фізиками України.

Олекса Біланюк — людина широкої ерудиції та різноманітних зацікавлень. Улюбленим його спортом є летунство, зокрема планеризм. У США він до сьогодні має права професійного пілота та інструктора з польотів планерами й одномоторними літаками.

Вільно володіючи сімома європейськими мовами, професор Біланюк багато уваги присвячує українській науковій термінології. Саме бажання стати учасником 4-ої Міжнародної наукової конференції з української термі-

нології привело його в грудні 1996 р. до Львова, де він зустрів свій славний ювілей.

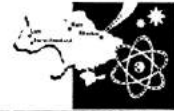
*Роман ГАЙДА
доктор фіз.-мат. наук,
професор, Інститут фізики
конденсованих систем НАН
України*

*Стаття є текстом
виступу автора на
ювілейному засіданні в ЛДУ
10.12.1996 р. Її передруковано
з невеликими змінами з
"Фізичного збірника НТШ", т.2
(1996). Про наукові
досягнення професора
О. Біланюка можна прочитати
у ювілейних статтях,
опублікованих у зазначеному
"Збірнику" та в "Українському
фізичному журналі", т. 41,
№ 11-12 (1996).*



Австрійські Альпи 1990 р.

З ліва до права : Олекса Біланюк, дочки Ляриска і Лада, дружина Олекси — Ляриса.



Про перше розщеплення атомного ядра в Україні

*Доктор фіз.-мат. наук, професор Національного Наукового Центру
“Харківський фізико-технічний інститут”*

Юрій Ранюк

Україна отримала в спадок чимало проблем, пов'язаних з розвитком ядерної науки та техніки. Це наявність атомних електростанцій, радіоактивних речовин, великої кількості ядерних боєзарядів та забрудненість території країни радіацією внаслідок аварії на Чорнобильській атомній електростанції. Та й сама ця станція продовжує бути постійним джерелом великих турбот.

Ядерна техніка постала з ядерної фізики, в становлення і розвиток якої українські вчені зробили значний внесок.

Ядерна наука розпочалася не в Україні. Спочатку розглянемо коротко шлях, який пройшла вона до того, як до неї підключилися українські вчені.

1. Відкриття радіоактивних променів

В 1896 році — сто років тому — французький вчений А. Беккерель, досліджуючи люмінесценцію, цілком випадково помітив, що фотографічна плівка чорніє від контакту з ураном. Отже, уран випромінює таємничі промені.

Саме це відкриття й започаткувало нову науку — ядерну фізику, зовсім невідому ні грецьким філософам, ні середньовічним алхімікам. Перші три-чотири десятиліття ядерна наука не виходила за межі лабораторій, це був її, так би мовити, інкубаційний період. Пізніше вона вирветься на волю у вигляді ядерних грибів та аварій на атомних станціях.

Відкриття Беккереля дало поштовх численним дослідженням нового, невідомого раніше явища природи. Лідерство у вивченні радіоактивності на деякий час переходить до франко-польського подружжя — П'єра Кюрі та Марії Кюрі-Склодовської. Вчені досить швидко виявили, що радіоактивність — саме так назвали новий вид випромінювання — є внутрішньою властивістю речовини, на котру нічим не можна вплинути. Завдяки тяжкій, напруженій праці було отримано одну десяту грама солі таємничого елемента, радіоактивність якого майже в мільйон разів перевершувала активність урану! Новий елемент одержав назву “радій”, що озна-

чає промінь. Це сталося через два роки після відкриття радіоактивності Беккерелем.

Учасником першого всесвітнього конгресу фізиків (Париж, 1900 р.), на якому уже йшлося про радій, був відомий харківський вчений Микола Пильчиков, син одного з засновників Наукового Товариства ім. Шевченка — Дмитра Пильчикова. Будучи не лише фізиком, але й поетом, він згодом дуже образно описав доповідь на конгресі, що її зробило подружжя Кюрі, та приголомшливе враження від цієї доповіді:

“Величезна аудиторія музею переповнена членами конгресу. Усі з нетерпінням чекають повідомлення Кюрі... усім хочеться послухати пп. Кюрі, побачити речовину, що виливає з себе безперервно з часу її виготовлення (2 роки) істотну променеву енергію, джерело якої є найцікавішою фізичною загадкою, яку наш вік передає наступному”.

Відкриття радію та встановлення його дивовижних властивостей справило на науковий світ враження ще більше, ніж його зробило відкриття радіоактивності Беккерелем.

В 1903 році А. Беккерель за відкриття, а подружжя П. Кюрі та М. Кюрі-Склодовська за дослідження явища спонтанної радіоактивності були удостоєні Нобелівської премії.

В 1911 р. Марія Кюрі-Склодовська одержує другу Нобелівську нагороду, цього разу уже в галузі хемії, за відкриття радіоактивних елементів радію та полонію, вивчення властивостей радію, одержання його в металевому стані та здійснення пов'язаних з ним експериментів.

2. Здійснення віковічної мрії про перетворення елементів

Поряд з досить широким практичним використанням радіоактивності, особливо в медицині та біології, йшло інтенсивне її наукове дослідження. Треба було виявити властивості випромінювання та його природу: що саме й з якої причини випромінюється. Тут уже прийшов час Ернеста Резерфорда, видатного англійського вченого, в лабораторії якого наприкінці 20-х років стажувалися майбутні харківські фізики.



Спільними зусиллями вчених різних країн було встановлено, що радіоактивне проміння складається з трьох компонент, які Резерфорд назвав α , β та γ -променями (γ -промені були виявлені дещо пізніше). α -промені — це потоки двічі іонізованих атомів гелію, що з величезною швидкістю вилітають з атома, β -промені — потік звичайних швидких електронів і, нарешті, γ -промені — це те ж саме за своєю природою, що й рентгенівське проміння, тільки з меншими довжинами хвиль.

За дослідження перетворень елементів та властивостей радіоактивних речовин Ернесту Резерфорду в 1908 р. було присуджено Нобелівську премію.

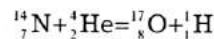
З 1907 р. в лабораторії Резерфорда вся увага була зосереджена на вивченні структури атома за допомогою α -частинок, які випромінюються з атомів радію. Важливу роль у цих дослідженнях відіграли розроблені Резерфордом та його учнями методи реєстрації окремих α -частинок, що ґрунтуються на візуальному підрахунку кількості викликаних ними в спеціальних речовинах (сцинтиляторах) спалахів (сцинтиляцій).

Резерфордові належить ідея досліду для вивчення закономірностей проходження α -частинок через тонкі фольги. Таким способом він намагався хоч що-небудь дізнатись про те, як побудована речовина і, зокрема, атом. Результат досліду вийшов далеко за межі тогочасних уявлень про структуру атома — деякі α -частинки відхилялись на кут, що перевищує 90° , що дало змогу Резерфордові ще в 1911 р. зробити дуже важливий висновок про те, що атом має структуру і що його позитивний заряд зосереджено в центрі у невеликому об'ємі діаметром 10^{-12} - 10^{-13} см (розмір атома $\sim 10^{-8}$ см), де міститься і майже вся маса атома. В 1912 р. Резерфорд запровадив поняття "ядро". На великій порівняно з розмірами ядра віддалі від нього обертаються від'ємно заряджені частинки — електрони. Це так звана "планетарна" модель атома.

Перша світова війна істотно загальмувала розвиток ядернофізичних досліджень. Але вже в 1919 р. Резерфорд, що очолив Кавендишську лабораторію в Кембріджі, разом із своїм найближчим учнем Чедвіком поновлює експерименти з опроміненням елементів α -частинками. Уже початок дослідів ознаменувався фундаментальними відкриттями — уперше вдалося здійснити штучне перетворення атомного ядра.

Відкриття знов було зроблено випадково. Опромінюючи азот α -частинками, досвідчений експериментатор помітив невелику кількість частинок, що дуже нагадували ядра водню. Після серії кропітких контрольних дослідів вчений

прийшов до висновку, що він спостерігав не що інше, як протони — ядра водню, вибиті з ядер азоту α -частинками. Таким чином, вперше було спостережено ядерне перетворення, здійснене штучно. Швидкі протони, як виявилось, виникали внаслідок перетворення ядра азоту в ядро кисню в ядерній реакції:



Отже, у 20-х роках було відомо, що атом складається з ядра та електронної оболонки, встановлено розміри ядер та їх масу. Про те, як ядро побудоване, існували лише припущення.

Цікаво, що ще в 1922 р. колишній харків'янин Володимир Вернадський передбачив: "Недалеким той час, коли людина отримає в свої руки атомну енергію, джерело такої сили, яка дасть йому можливість будувати своє життя як він забажає. Чи зможе людина скористатися цією силою, спрямувати її на добро, а не на самознищення? Чи доросла вона до вміння використати цю силу, яку невідпорно має дати йому наука?"

Сили, що утримують ядро вкупі, надзвичайно потужні. Впродовж багатьох десятиріч нікому з дослідників не вдалося вплинути на ядро, незважаючи на те, що таких спроб було дуже багато. Про що йде мова? По-перше, про способи перетворення елементів. Ні високі температури, ні електричні розряди, ні будь-які хемічні реагенти не дали ніякого наслідку. Коли було відкрито радіоактивність, розпочались способи як-небудь на неї вплинути — уповільнити або прискорити розпад ядер, і ці сподівання виявились марними. На радіоактивний розпад не впливало ніщо — ні хемічний стан радіоактивної речовини, ні її температура, ні луги чи кислоти, лише завдяки використанню внутрішньоядерної енергії, за рахунок якої при радіоактивному розпаді з ядра з шаленою швидкістю викидаються α -частинки, вдалося проникнути в атомне ядро та зруйнувати його, тобто перетворити на інше.

Підведемо деякі підсумки. Після відкриття рентгенівського та радіоактивного випромінювання вчені поступово заглиблювались в атом та пізнавали його будову і властивості. Було виявлено, що атом складається з надзвичайно міцного ядра та електронної оболонки. Почалося вивчення ядра. До 1932 р. дослідження атомного ядра проходились за допомогою α -частинок, які випромінюють радіоактивні препарати — радій та полоній. Ці ядерні снаряди летять з величезною швидкістю — понад двадцять тисяч кілометрів за секунду — то ж не дивно, що навіть така неприступна фортеця, як атомне ядро, капітулювала перед бомбардуванням цими снаря-



дами. До речі, артилерійська термінологія чомусь дуже припала до вподоби ядерникам. Такі терміни як мішень, бомбардування, обстріл, снаряди, імовірність попадання, штурм та атака атомного ядра і т. п. прижилися в ядерній фізиці.

Досліди з природними α -частинками мають свої істотні вади. Справа в тім, що імовірність ядерної реакції під дією α -частинок дуже мала, бо попасти в такий дрібний об'єкт, яким є атомне ядро, надзвичайно важко. Відомо також, що один грам радію випромінює в секунду $35 \cdot 10^9$ α -частинок. Як правило, дослідник має справу з препаратами, вагою в тисячу разів меншими. До того ж, α -частинки розлітаються з препарату рівномірно в усі боки, і на досліджувану мішень попадає лише близько десяти тисяч частинок в секунду. Це приводить до того, що самих актів ядерної дезінтеграції вдається помітити приблизно один на хвилину.

Крім того, α -частинки придатні лише для експериментів з відносно легкими ядрами, бо внаслідок кулонівського відштовхування їх енергія недостатня для проникнення у важкі ядра, оскільки енергія природних α -частинок не регулюється.

Як створити штучні α -частинки, було відомо: треба розігнати ядра гелію електричним полем у вакуумі, в так званій йонній гарматі. Розрахунки показали, що так можна отримати потоки в 10^{15} α -частинок в секунду. Такий потік міг би дати лише радій масою кілька десятків кілограмів. То ж не дивно, що вчені та інженери, з усім завзяттям взялися за розв'язання проблеми прискорення ядер гелію та водню.

Ще в 1929 р. в лабораторії Резерфорда в Кембріджі розпочалася підготовка дослідів, кінцевою метою якого було дослідження атомного ядра без радіоактивних джерел шляхом бомбардування його штучно прискореними протонами.

В 1932 р. такий дослід першими в світі здійснили англійські вчені Джон Кокрофт та Ернест Уолтон. Вперше повторила цей дослід так звана харківська Високовольтна бригада у складі Антона Вальтера, Георгія Латишева, Олександра Лейпунського та Кирила Сінельникова. Всі учасники цього дослідів згодом стали академіками.

3. Ядерна фізика в Харкові

Початок ядернофізичних досліджень у колишньому Радянському Союзі був пов'язаний із заснуванням Українського фізико-технічного інституту (УФТІ) в Харкові. Організацію інституту було започатковано влітку 1928 р., будівництво і устаткування його закінчилися в 1930 р., і 7 листопада цього ж року відбулося його відкриття.

Серед працівників УФТІ, що приїхали до Харкова з Ленінграда, були фахівці в галузі створення високих напруг для потреб електротехніки, зокрема для випробування діелектриків. З самого початку існування інституту було утворено Високовольтну бригаду, яка й взялася згодом за проблематику дослідження атомного ядра за допомогою високих напруг. Хто ж саме був ініціатором ядернофізичних досліджень?

Претендувати на роль "батька" радянської ядерної фізики можуть лише двоє — Олександр Лейпунський та Кирило Сінельников.

Лейпунський з самого початку існування був заступником директора УФТІ з науки і фактично очолював Високовольтну бригаду.

Що ж стосується Сінельникова, то з 1928 по 1930 р. він працював в Кавендишській лабораторії в Англії, що була тоді світовим лідером ядернофізичних досліджень. Немає сумніву, що він слідував за підготовкою дослідів з розщеплення атомного ядра штучно прискореними протонами; ідею цього експерименту він не міг не привезти до Харкова. У серпні 1931 р. Харків відвідав Кокрофт і розповів ученим про підготовку цього дослідів. Отже, можна стверджувати, що ядерна тематика прийшла в Україну саме з Англії.

Молоді харків'яни терміново взялися за підготовку дослідів, сподіваючись випередити англійців. Свої надії вони поклали на використання трансформатора Тесла як джерела високої напруги. Але вже навесні 1932 р. стало відомо про успіх англійських вчених, досягнутий за допомогою постійного джерела високої напруги.

За свій дослід Кокрофт та Уолтон в 1951 р. були удостоєні Нобелівської премії.

Із публікацій стало ясно, що харків'яни пішли хибним шляхом: трансформатор Тесла непридатний для здійснення задуманого дослідів, бо дає малий струм.

Після деякого шоку було вирішено також створити джерело постійної напруги. Через чотири місяці дослід Кокрофта та Уолтона з руйнуванням атомного ядра було повторено в Харкові.

Здійсненню експерименту передувала напружена інженерно-технічна праця. Треба було зробити унікальне джерело високої напруги, створити вакуумну прискорювальну трубку, інжектор (джерело) йонів водню та систему реєстрації α -частинок. Все це було зроблено у відсталій країні з розваленою промисловістю, і зроблено завдяки самовідданій праці та безмежному ентузіазмові.

Наприклад, конденсатором слугувала батарея покритих станиоллю пляшок. За внутрішній



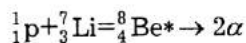
електрод правила підсолена горілка. Ємність батареї регулювалась за допомогою зміни кількості пляшок.

Перші досліди були виконані з літієм, бо цей елемент має найменший після гелію заряд ядра, що дорівнює трьом елементарним зарядам.

Спостереження за перетворенням ядер велися за допомогою методу сцинтиляцій, для чого на деякій відстані від мішені — у даному випадку шару літію — поміщався екран із сірчаного цинку, захищений від прямого попадання на нього первинних протонів.

Коли напруга піднімалась до 125 кВ, а струм протонів становив 1 μ А, через мікроскоп можна було спостерігати яскраві сцинтиляції кількістю приблизно 5 спалахів на хвилину. Коли напруга підвищувалась, кількість сцинтиляцій різко збільшилась.

Було доведено, що в даному випадку спостерігалась реакція:



тобто, в результаті злиття ядер водню та літію утворювалось збуджене ядро берилій-8, котре розпадалось на два ядра гелію, або, що те ж саме, на дві α -частинки.

Наукова громадськість дізналась про досягнення харківських вчених не з статті в науковому журналі, і не з доповіді на науковій конференції, а з газети "Правда", бо важка економічна і політична ситуація в державі потребувала активних заходів у сфері ідеології, які допомагали б тоталітарному режимові створювати враження про правильність політичного курсу партії, успішне будівництво нового суспільства, про переваги соціалізму над капіталізмом. Тому не дивно, що справді велике досягнення харківських фізиків комуністична влада поспішила використати в чисто політичних цілях. За добре опрацьованою схемою в Москву полетіла телеграма з рапортом, в якому, зрозуміло, не пропустили стандартної в ті роки фрази про ударну працю, присвячену роковинам Жовтневої революції. Отже, 22 жовтня 1932 р. — на другий день після отримання телеграми — "Правда" писала:

"Зруйновано ядро атома літію. Величезне досягнення радянських вчених. Москва, тт. Сталіну, Молотову, Орджонікідзе, "Правді".

Український фізико-технічний інститут у Харкові в результаті ударної праці до XV річниці Жовтня досяг перших успіхів у зруйнуванні ядра атома. 10 жовтня Високовольтна бригада зруйнувала ядро літію; роботи продовжуються. Директор УФТІ Обреїмов, секретар

парткомуну Шепелев, місцевком Федорітенко".

У "Правді" поруч з телеграмою була надрукована стаття директора УФТІ І. В. Обреїмова. У ній видатний фізик так охарактеризував цю подію: "Досягнення інституту відкриває величезні можливості у дослідженні будови атомних ядер".

Наукова публікація про перше в СРСР розщеплення атомного ядра прискореними протонами, що було здійснене в УФТІ, з'явилася англійською мовою в другому томі журналу "Physikalische Zeitschrift der Sowjetunion" (1932, Band 2, Heft 3, S. 285), який видавався в УФТІ, під назвою "Розщеплення літію протонами високої швидкості" й складалась усього з 9 рядків:

"Нам вдалося створити потік протонів напругою до 250 кВ методом, подібним до того, що був використаний Кокрофтом та Уолтоном.

Використовуючи мішень, покриту сіллю літію, ми спостерігали значне число сцинтиляцій на екрані з сірчаного цинку, розташованого поблизу алюмінієвого вікна трубки.

Створюється спеціально сконструйоване устаткування, що дозволить нам мати постійну напругу в 1200 кВ та проводити досліди з розщеплення важчих ядер. К. Сінельников, О. Лейпунський, А. Вальтер та Г. Латишев. Український фізико-технічний інститут. Харків. 19 жовтня 1932".

Мимо гучного досягнення харківських фізиків не пройшла жодна газета тих часів. Згідно з вимогами комуністичної пропаганди успіх фізиків прирівнювався до успіхів челюскінців чи криголама "Красін". "Комсомольська правда" надрукувала схвальні відгуки почесного члена Академії наук О. Д. Хвольсона та відомого фізика-теоретика професора Д. Д. Іваненка, брата відомої української письменниці Оксани Іваненко. Він, зокрема, відзначав, що "Цією роботою ми відразу наздоганяємо Англію... Почалася нова епоха цілком безмежних перспектив у фізиці".

В радянські часи величезне значення надавалось ідеологічній роботі. Не обминула вона і науку. Під її впливом (а, може, пресом) були всі члени Високовольтної бригади. Досить ознайомитися з будь-яким їх інтерв'ю, або статтею, щоб відчутти "пафос" 30-х років. Так, розмова одного з учасників експерименту Г. Латишева з кореспондентом газети "Вісті ВУЦВК" завершувалася майже лозунгом: "На основі колективної праці, соцізмагання та ударництва колектив науковців УФТІ прямуватиме до дальших перемог". А стаття Вальтера закінчувалася так: "Завдання наше — посісти перше місце серед



лабораторій всього світу, що також ведуть дослідження в цій галузі, і це завдання ми виконаємо, бо “немає такої фортеці, щоб її не взяли більшовики”.

Не беремось сьогодні судити, наскільки автентичним був цей комуністичний пафос учених, і чи справді їм належали ці лозунгові вигукі, але станемо на прагматичну позицію.

Акція з телеграмою та присвяченням досліді 15-й річниці Жовтневої революції зробили свою справу — було відкрито фінансування будівництва високовольтного корпусу та найбільшого в світі електростатичного генератора Ван дер Граафа. Завдяки цьому дослідіві ядерна фізика в УФТІ зайняла провідні позиції.

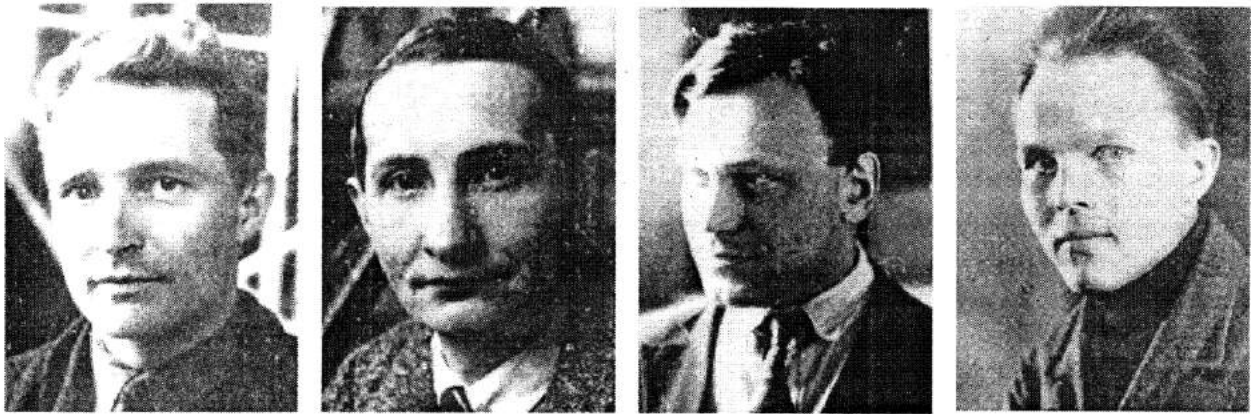
Дослід та його реклама довели до свідомості не лише уряду та громадськості, але й самих вчених важливість нової науки — ядерної фізики. Про це свідчить, наприклад, наказ у Ленін-

градському фізико-технічному інституті про утворення підрозділу для ядерних досліджень від 16 грудня 1932 р.

В наказі йшлося про створення особливої групи для дослідження атомного ядра, яку очолив “сам” Абрам Йоффе. Заступником начальника групи було призначено Ігора Курчатова, певно, з огляду на його зацікавленість цією проблемою та тісні контакти з харківськими фізиками.

Відповідальність за роботу ядерного семінару було покладено на Дмитра Іваненка, який нещодавно повернувся до Ленінграда з Харкова.

Тепер з висоти сучасного часу можна стверджувати, що дослід з першого розщеплення атомного ядра мав визначальне значення для організації ядерної науки в колишньому Радянському Союзі, що згодом позитивно вплинуло на здійснення атомного проекту.

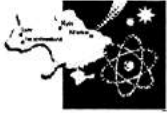


Члени харківської Високовольтної бригади (зліва направо): Олександр Ілліч Лейпунський (1903-1972 рр.), Кирило Дмитрович Сінельников (1901-1966 рр.), Антон Карлович Вальтер (1905-1965 рр.), Георгій Дмитрович Латішев (1907-1973 рр.)



*Львівське спеціалізоване підприємство
протипожежної автоматики та охоронної
сигналізації*

Проектування, монтаж, обслуговування засобів охоронної
сигналізації та протипожежної автоматики.
Системи димовидалення, раннього оповіщення про пожежу.
Системи теленагляду, системи контролю доступу на об'єкти.
Тел./факс.: (0322) 72-28-78



Ректор найстаршого в Україні університету — Іван Вакарчук



“В кожній людині є якийсь потяг до пізнання світу. Все, мабуть, починається з такого простого поняття, як цікавість. Вона нами рухає в житті. Наука для мене — це справді щось святе”.

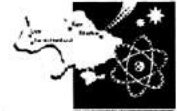
Професор Іван Вакарчук — видатний український фізик, який здобув світову славу завдяки своїм роботам у галузі статистичної фізики неупорядкованих систем і критичних явищ. Його внесок у застосування статистичної механіки до вивчення багаточастинкових квантових систем включає піонерське використання цілого набору методів, які були розвинуті ним у 70-х роках, а тепер стали класичними. Отримані ним фундаментальні результати в цих галузях здобули міжнародне визнання та високий авторитет львівській школі теоретичної фізики.

Іван Олександрович Вакарчук народився 6 березня 1947 р. у селянській родині в с. Старі Братушани, Єдинецького району, що у Молдові. Після закінчення середньої школи у рідному селі (1965р.), він поступив на фізичний факультет Львівського державного університету ім. Ів.Франка.

Наукова кар'єра Івана Вакарчука почалася 27 років тому, коли він, закінчивши університет, вступив в аспірантуру. З 1970 р. плідно працював у Львівському

відділі статистичної теорії конденсованого стану Інституту теоретичної фізики Академії наук України. Темою наукової роботи була побудова мікроскопічної теорії надплинності рідкого гелію-4. Явище надплинності є чи не найбільш цікавим макроскопічним квантовим ефектом, в той же час його пояснення — це одна з найскладніших проблем сучасної фізики. Більше як півстоліття вона привертає увагу фізиків-теоретиків. Мабуть, головною вона стала і в науковій творчості І.Вакарчука.

В 60-х роках І.Юхновський на основі методу колективних змінних розробив новий підхід до опису властивостей квантових багаточастинкових систем, що отримав назву методу зміщень і колективних змінних. *“На вивченні цього методу та його використанні в різних задачах статистичної фізики, — відзначив професор І.Вакарчук в одній із своїх останніх праць, — виховувалось покоління львівських фізиків-теоретиків, учнів І.Р.Юхновського середини 60-х —*



початку 70-х років". Новий метод дозволив І.Вакарчукові та І.Юхновському далі розвинути мікроскопічну теорію слабо неідеального Бозе-газу.

В 70-ті роки І.Вакарчуком вперше закладено основи кількісної мікроскопічної теорії рідкого гелію-4. У цих дослідженнях показано принципове значення далекосяжних і короткосяжних кореляцій, розроблено методи їх опису. Результати для енергетичного спектру, швидкості звуку, заповнення Бозе-конденсату, термодинамічних і структурних функцій, засвідчили значний успіх використовуваних ним теоретичних методів.

Одним з найголовніших завдань сучасної фізики є дослідження фазових переходів. Загальна мікроскопічна теорія цих явищ була створена на початку 70-х років. І.Вакарчук поширив її на опис так званого λ -переходу рідкого гелію-4 у надцилінний стан при зниженні температури до 2,17 К. Ці результати він отримав за допомогою розробленого ним методу функціонального інтегрування і зображення когерентних станів.

Захистивши спочатку кандидатську, а в 1980 р. докторську дисертацію, Іван Вакарчук став одним з наймолодших на той час доктором фізико-математичних наук в колишньому СРСР.

В останні роки для вивчення динамічних властивостей неупорядкованих систем І. Вакарчуком та його учнями широко використовуються також сучасні потужні математичні методи. На основі цих методів досліджено елементарні збудження у неупорядкованих магнетиках, дворівневих системах, аморфних металах, рідиноподібних та склоподібних речовинах, вивчено їх термодинамічні та кореляційні властивості. В результаті вперше створено мікроскопічну теорію неупорядкованих систем, що дозволяє єдиним чином описати основні прояви структурного безладу та їх залежність від зовнішніх впливів (полів, тиску, температури і т. ін.), перевірити теоретичні висновки на експерименті.

У 1984 р. І.Вакарчук почав працювати у Львівському державному університеті. Вся його подальша наукова і життєва доля пов'язана з цим найстарішим в Україні університетом: завідувач кафедри теоретичної фізики (з 1984 р.), а з 1990 р. — ректор.

І.Вакарчук не просто любить науку, все його життя підпорядковане їй. Його називають Моцартом української фізики. Як висловився він сам: *"Я все своє життя прожив в науці, у книжках, формулах. І мав від всього того глибоке інтелектуальне та естетичне задоволення"*. Коло його наукових інтересів дивовижно широке: активно працюючи у вище названих областях, Іван Вакарчук проводить багато теоретичних досліджень в галузях, що є далекими від його основних улюблених задач. Він цікавився і зробив внесок в такі дисципліни: класична теорія розсіяння, теорія зоряних спектрів, геофізика.

В 43 роки Іван Вакарчук очолив Львівський університет. Він з головою поринув у важку рутинну щоденну працю. *"...Але я щасливий, що разом зі своїми колегами творю наш університет. І я щасливий тим, що волею Бога і людей став ректором у цей період. ...Університет має бути такою святинєю, на яку б молились. Може, не треба порівнювати із церквою, але університет дає людям знання, які збагачують їх душі, і вони стають добрішими"*, — говорить він.

Будучи Головою Ради ректорів Західного регіону України, Віце-президентом Українського фізичного товариства та членом Ради з питань науки та наукової політики при Президентові України, Іван Вакарчук немало сил віддає розв'язанню проблем організації науки та освіти. Йому належить ініціатива заснування "Журналу фізичних досліджень", що публікує праці з основних галузей експериментальної та теоретичної фізики. Як головний редактор, він докладає багато зусиль для розвитку фізики в Україні та зміцненню міжнародних



*І.Вакарчук з
дружиною Світланою
та синами—
Святославом і Олегом*

наукових зв'язків. За свою багаторічну наукову та громадсько-політичну діяльність його нагороджено Почесною відзнакою Президента України.

Багато уваги професор І.Вакарчук приділяє вихованню молодого покоління фізиків. Він очолює Малу Академію наук, що стала справжньою сходинкою у світ науки для юних талантів, був одним з ініціаторів заснування Львівського фізико-математичного ліцею. Його люблять і поважають студенти. Багато здібних молодих людей, які прагнуть стати фізиками-теоретиками, спеціалізуються на кафедрі І.Вакарчука. Тут вони мають змогу слухати його чудові лекції з теоретичної фізики, квантової статистики, загальної теорії відносності, квантової теорії переносу випромінювання в зоряних атмосферах, математичних методів в теоретичній фізиці. У кращих європейських традиціях він виростив і виховав наукове покоління кандидатів і докторів наук. Багато з них принесли добру славу як собі, так і своєму вчителю.

У березні 1989 р. ім'я Івана Вакарчука стало широко відомим у Львові та далеко за його межами після перших альтернативних виборів в колишньому СРСР.

Перебуваючи тоді у Верховній Раді, він гідно представляв Львів, боровся за демократизацію суспільства, відстоював права людей і національні інтереси України в Москві. Його називали студентським народним депутатом.

І.Вакарчук завжди уважний до людей. Він володіє даром спілкування, що незмінно викликає симпатію та щиро повагу. Такі риси батьки прищепили йому ще з дитинства. Йому властиві широта інтересів, захоплення історією, літературою, мистецтвом.

В сімейному колі І.Вакарчука оточують однодумці. Дружина і старший син також фізики, молодший син закінчує гімназію.

З нагоди 50-літнього ювілею професора Івана Вакарчука у березні цього року щиро вітали та бажали йому нових великих творчих досягнень представники науки, освіти, культури, широких кіл української громадськості.

Редколегія



Великий подвиг у науці

Розповідь про Марію Кюрі-Скłodовську

"...Не вдосконаливши людську особистість, не можна побудувати кращий світ. З цією метою кожний із нас зобов'язаний працювати над собою, над удосконаленням своєї особистості, накладаючи на себе певну частину відповідальності за життя людства; наш особистий обов'язок допомагати тим, кому ми можемо бути найбільш корисними".

Марія Кюрі



Марія Скłodовська народилася 7 листопада 1867 р. у Варшаві. Батько її був учителем фізики і математики, мати — учителькою, а потім директором жіночої школи-пансіону. Марія була п'ятою дитиною в сім'ї. Вона була дуже жвавою і допитливою, в чотири роки вже добре читала слова. Найбільше її приваблювала в батьковому кабінеті вітрина, де стояли фізичні прилади.

Навчалася Марія у гімназії, по закінченні якої 12 червня 1883 р. отримала атестат з золотою медаллю.

В такі юні роки Марії довелося пережити важкі втрати — смерть матері та старшої сестри. Нелегко було малій дівчинці перенести це. Та, на щастя, у неї був прекрасний батько, який любив і розумів своїх дітей, був для них першим радником і надійною підтримкою. Любов до батька і почуття душевної близькості не полишають Марію Скłodовську протягом цілого життя.

В той час навчатися у Варшавському університеті жінок не допускали, а оплачувати навчання за кордоном батькові було не під силу. Щоб допомогти у навчанні

старшій сестрі, Марія поїхала в село, де працювала гувернанткою. Там вона мріяла про знамениту Сорбонну, де викладали біологію, математику, соціологію, хемію і фізику. В далекій від дому провінції якийсь могутній інстинкт примушував Марію сідати за свій робочий стіл, брати із заводської бібліотеки і читати книги з соціології і фізики, розширювати свої знання з математики. Вона читала по кілька книг відразу: фізику Данієля, соціологію Спенсера, курс анатомії і фізіології Поля Бера. Коли Марія не могла вже читати, вона розв'язувала алгебраїчні і тригонометричні задачі.

На душі в Марії дуже важко, в неї не було грошей навіть на поштову марку, щоб вислати листа рідним. Хемію вона вчила по книжках, бо займатися практично чи робити досліди в дівчини можливості не було. Три роки вона провела в одноманітному існуванні: тяжка праця, без грошей, малі радості і великі розчарування.

В березні 1889 р. Марія повернулася у Варшаву, де знову почала працювати гувернанткою. Вона повернулася у середовище, яке збуджує розум. І тут Марія вперше

потрапила в лабораторію! Вона проводила досліди, вказані в довідниках з фізики і хемії, але результати виходили іноді непередбачувані. Часом раділа хоч і невеликому, зате успіхові, а іноді приходила у повний відчай. На цьому гіркому досвіді Скłodовська зрозуміла, що успіх в науці дається не швидко і не легко, а за час своїх перших дослідів розвинула любов до експериментальних досліджень. Коли вона приходила в лабораторію і бралася своїми красивими руками за пробірки, магічно оживали дитячі спогади про фізичні прилади її батька, що нерухомо стояли у вітрині і викликали в дитини бажання побавитися ними. Тепер вона зв'язала цю обірвану нитку свого життя і дала волю своєму нетерпеливому прагненню. Марія аналізує тяжко прожиті роки, своє нескінченно довге терпіння. Вісім років, як вона закінчила гімназію, з них шість була гувернанткою. Це вже не юне дівча, у якого все життя попереду. Скоро їй виповниться двадцять чотири роки.

Відклавши трохи грошей на навчання, Марія їде в Париж. Вона хоче уявити своє майбутнє. Їй здається, що скоро повернеться додому і ста-



не скромною вчителькою. Як далеко, о, як нескінченно далеко вона від думки, що, сівши в поїзд на Париж, вона вже зробила свій вибір між питьмою і світлом, між убогістю сірих буднів і великим життям!

...Париж! ...Сорбонна! Марія — студентка факультету природознавства! І на своєму студентському квитку вона підписується по-французьки — Марі Склодовська.

Молода дівчина, одягнена скромно, бідно, із суворим виразом обличчя, з головою поринула в науку. Їй хотілось слухати всі лекції двадцяти трьох професорів. Їй здавалось, що вгамувати всю свою жагу знань вона не зможе ніколи. Як люди тільки можуть думати, що наука — суха область?! Чи є щонебудь більш захоплююче, ніж незмінні закони, що керують світом і щонебудь прекрасніше від людського розуму, який відкриває ці закони?

Марія поселилась в маленькій квартирці по сусідству з університетом, лабораторіями і бібліотеками. Її життя було схоже на життя монахів своєю простотою. Побут Марії дуже скромний: старенькі залатані плаття, які сама старанно чистила і латала; скромні харчі (від недоїдання втрачала свідомість); мінімальне освітлення (як тільки наступала темнота, вона бігала в бібліотеку, де тепло і горить газ); майже неопалювана кімната. Дуже часто вона писала цифри і формули, не помічаючи, як тряслися плечі і дерев'яні пальці від холоду.

Працювати! Працювати! Марія вся поглинута навчанням. Крок за кроком вона проходить курс математики, фізики, хемії, освоює техніку дослідів. Створила собі свій світ, незбагненно вимогливий, який визнає лише одну пристрась — до науки. Її поглинали наукові думки, переслідувала бідність, вимучувала напружена праця.

В 1893 р. Марія Склодовська одержала диплом з фізичних наук, а в 1894 р. — диплом з математичних наук.

В 1895 р. Марія вийшла заміж за відомого французького фізика П'єра Кюрі, розумну і благородну людину, такого ж відданого науці, як і вона сама.

Під керівництвом П'єра Марія займається науковою роботою і готується до конкурсу на звання викладача. Вона шукає тему для своєї майбутньої дисертації і звертає увагу на нові праці Анрі Беккереля про самовільне йонізувальне випромінювання урану і його солей. Продовження дослідів Беккереля ще не проводилось у жодній з європейських лабораторій, тому вона приймає рішення, яке стане справою всього її життя, її долею.

У вологому, тісному і холодному приміщенні Марія Кюрі розпочала свої дослідження випромінювання урану.

Подружжя Кюрі висунуло гіпотезу, що випромінювання урану є властивістю його атомів. Цю гіпотезу надійно підтвердила Марія, провівши кількісні вимірювання, які показали, що інтенсивність випромінювання завжди пропорційна кількості урану у зразках. Далі вона припустила, що існують інші хемічні елементи, яким теж властиве явище випромінювання. Вона починає досліджувати всі відомі на той час хемічні елементи, і виявляє, що сполуки торію теж випромінюють промені, аналогічні променям урану. Марія Кюрі пропонує назвати це явище "радіоактивністю", а самі елементи — "радіоактивними".

Подружжя почало працювати разом. Вони досліджували уранову смолку ще і ще, терпеливо відділяючи всі хемічні елементи, які входили до її складу і переконалися, що в ній містяться два невідомі радіоактивні хемічні елементи.

У червні 1898 р. подружжя Кюрі оголошують про відкриття нового елемента і пропонують назвати його "полонієм" — по імені батьківщини Марії, а в грудні цього ж року на засіданні Академії наук було зачитано нове повідомлення про

відкриття другого радіоактивного хемічного елемента. Хлористі солі його в 900 разів активніші від чистого урану. Вони запропонували назвати його "радій", що означає — промінь.

Відкриття радію і полонію фізики сприйняли стримано, ще критичніше сприйняли хеміки. Їм потрібно було побачити нові елементи. Щоб показати скептикам радій і полоній, П'єр і Марія Кюрі затратили чотири роки напруженої праці.

Працювали вони у важких умовах: у запущеному приміщенні, де протікала стеля, без підлоги, з декількома кухонними столами.

Вчені вирішили переробляти відходи великої кількості руди, яку їм надали безплатно з заводу в Австрії, завдяки підтримці Віденської Академії наук та безпосередньо професора Зюсса.

І почалася важка праця експериментатора. За відсутності тяги для виводу назовні шкідливих газів, вони працювали у дворі під відкритим небом. Коли падав дощ, вчені влаштовували в приміщенні протяг, відкриваючи вікна і двері. Марія писала: *"У нас не було ні грошей і лабораторії, ні допомоги, щоб добре виконати цю важливу і важку роботу. Треба було зробити щось із нічого... Я без перебільшення можу сказати, що цей період був для мене і мого чоловіка героїчною епохою нашого спільного життя... Але якраз в цьому бідному приміщенні пройшли найкращі і найщасливіші роки нашого життя, повністю присвячені роботі"*.

В таких умовах подружжя Кюрі працювало з 1898 по 1902 рр.

Протягом 1899 і 1900 рр. вчені опублікували статтю про відкриття індукованої радіоактивності, викликаной радієм, другу статтю — про явище радіоактивності, третю — про перенесення електричного заряду безпосередньо виявленими променями. Нарешті, для фізичного конгресу 1900 р. вони написали загальний огляд досліджень про радіоактивні речовини, який викликав



величезну зацікавленість у науковому світі.

Весь цей час Марія обробляла кілограм за кілограмом тони уранової руди. З величезною впертістю протягом чотирьох років вона кожен день перетворювалась по черзі у вченого, кваліфікованого робітника, інженера і чорнороба.

В 1902 р., через сорок вісім місяців, Марії вдалося виділити один дециграм чистого радію і встановити його атомну вагу, рівну 225. Фізикам і хемікам довелося схилитись перед надлюдською впертістю цієї жінки. Тепер радій одержав офіційне визнання. З 1899 по 1904 рр. Кюрі опублікували тридцять два наукових повідомлення.

Уявлення про радіоактивність, що зародилося у Франції, швидко перейшло кордони. В 1903 р. англійські вчені Рамзай і Содді довели, що радій весь час виділяє невелику кількість газу — гелій. Це перший приклад ядерного перетворення. Трохи пізніше Резерфорд і Содді підтвердили, що радіоактивні елементи перебувають у стані са-

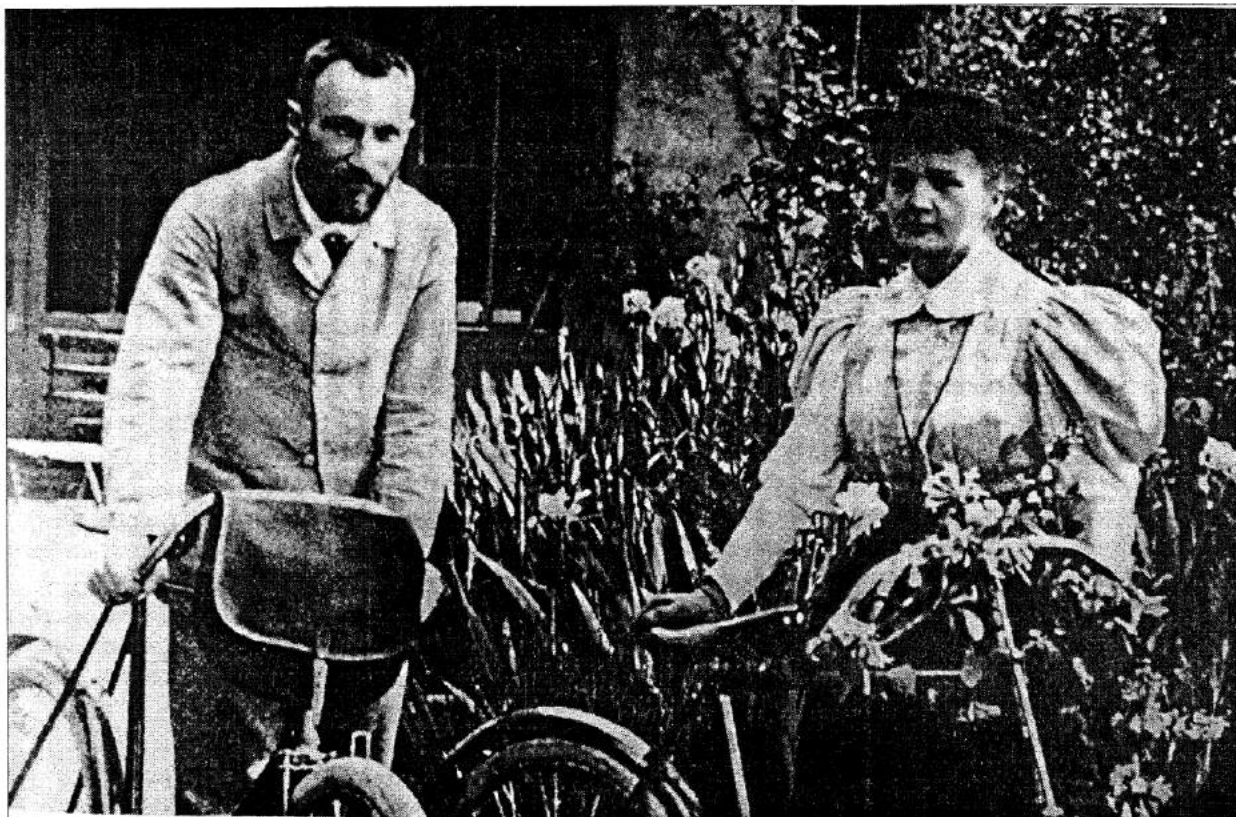
мовідновної еволюції: чим швидший процес їх перетворення, тим сильніша їх активність.

Радій! Почалися дослідження його властивостей. Радіоактивність, виділення тепла, саморозпад... Кожен радіоактивний елемент втрачає половину своєї маси впродовж одного і того ж часу, який називається періодом напіврозпаду. Щоб зменшитись наполовину, урану потрібно декілька мільярдів років, радію — тисячу шістьсот, еманції радію — чотири дні, а "нащадкам" еманції — лише декілька секунд.

Німецькі вчені Вальхов і Гізель заявили в 1900 р., що нова речовина діє фізіологічно. До неї проявляють інтерес не тільки як до наукового об'єкта. Радій корисний, за допомогою нього можна лікувати страшну хворобу — рак. Власними руками подружжя Кюрі, переважно руками Марії, вдалося добути перший у світі грам радію із восьми тон ураніта. В 1904 р. був побудований завод для одержання радію для лікарів, що займалися лікуванням злоякісних пухлин.

Марія так і не розлучилася із своїм першим грамом радію, після смерті він за її заповітом перейшов у власність лабораторії. Радій не мав і ніколи не буде мати іншої ціни, як втілення її безкорисної праці. Цей грам залишиться символом подвигу і героїчної пори двох людських життів. Інші грами радію будуть цінитися на вагу золота. Очищуючи ураніт і виділяючи радій, Марія розробила для цього необхідну технологію і створила сам спосіб виробництва. Вона відмовилася від патентування свого винаходу, оскільки вважала, "що це суперечить духу науки. Фізики публікують результати своїх досліджень безкорисно".

Сто років тому, в 1897 р. молода дівчина, якою рухала допитливість, вибрала темою своєї дисертації випромінювання променів Беккереля. Завдяки цьому вона вгадала присутність в ураніті нового хемічного елемента, довела існування цього елемента, виділивши чистий радій.





І ось 25 червня 1903 р. в невеликій аудиторії Сорбонни Марія Кюрі захистила дисертацію і одержала ступінь доктора фізичних наук.

Франція декілька разів нагороджувала подружжя Кюрі за їх наукові заслуги. В 1895 р. П'єр одержав премію Планте, в 1901 р. — премію Лаказа, а Марія трічі нагороджувалась премією Жегне. В 1903 р. Королівське Товариство Англії присудило їм одну з найвищих нагород — медаль Деві.

10 грудня 1903 р. Академія наук в Стокгольмі присудила Нобелівську премію з фізики П'єру і Марії Кюрі за відкриття в галузі радіоактивності. Вперше таку високу нагороду з фізики одержала жінка.

Коли П'єру нарешті дали кафедру фізики в Паризькому університеті, з 1 листопада 1904 р., Марію Кюрі призначили керівником фізичних робіт на факультеті природознавства. Вчені покинули старе приміщення і перенесли свою апаратуру в нову лабораторію, яку їм виділив університет. Знову почалася напружена робота.

19 квітня 1906 р. в дорожній пригоді трагічно загинув П'єр Кюрі. На плечі Марії звалилося велике горе. Вона втратила однодумця, чоловіка, батька своїх неповнолітніх дітей. Фізика втратила талановитого вченого у розквіті творчих сил.

13 травня 1906 р. Рада факультету вирішила зберегти кафедру, яку очолював П'єр Кюрі і передати її Марії, надавши їй звання професора. Вперше посаду професора у французькій вищій школі віддали жінці.

І ось, 5 листопада 1906 р. о другій половині дня Марія Кюрі читає свою першу лекцію в Сорбонні. Вона почала свій курс з тієї ж фрази, на якій припинив його П'єр Кюрі: *"Коли стоїш віч-на-віч з успіхами, досягнутими фізикою за останні десять років, мимоволі дивуєшся тим поступом, який відбувся в наших поняттях про електрику і про матерію..."*

Професор, дослідник, директор лабораторії Марія Кюрі працювала з великим напруженням. В Сорбонні вона читала перший і в той же час єдиний у світі курс радіоактивності.

На Марію Кюрі посипались нагороди: дипломи на звання доктора honoris causa, члена-кореспондента закордонних академій наук. У грудні 1911 р. Академія Наук в Стокгольмі за блискучі роботи присудила Марії Кюрі Нобелівську премію з хемії. Ніколи ні один мужчина чи жінка не були двічі відзначені такою нагородою.

Багато сил було віддано, щоби Пастерівський інститут і Сорбоннський університет нарешті прийняли рішення про створення Інституту радію. Будівництво завершилось в 1914 р. Над входними дверима напис — *"Інститут радію — корпус Кюрі"*. Але тут почалася війна. Спочатку Марія хоче надягти білу хустинку сестри милосердя, але, ознайомившись з роботою санітарної служби, вона робить висновок: в госпіталах передової лінії майже відсутні рентгенівські установки. Марія ніколи не працювала в царині X-променів, але добре розумілася на цих питаннях. Вона збрала все придатне рентгенівське обладнання і оснастила ним звичайний автомобіль. З серпня 1914 р. ця пересувна станція об'їжджала госпіталь за госпіталем. Вдома Марія залишалася тільки тоді, коли хвороба приковувала її до ліжка.

Коли французька влада звернулася до населення здати на пожертву золото, Марія Кюрі віднесла все, що в неї було, і в тому числі нагороди, але службовець обурено відмовився відправити на переплавку знамениті медалі.

Війна зруйнувала все: завадила науковій роботі, підірвала її здоров'я, розорила матеріально. Марії за п'ятдесят, і вона знову віддалася пристрасті всього свого життя — фізиці. Пише книгу *"Радіологія і війна"*. Трагічний досвід війни дав їй

нові спонуки для захоплення наукою. *"Історія воєнної радіології дає разючий приклад раптового розмаху, якого може набути в певних умовах практичне використання чисто наукових відкриттів"*.

В 1919 р. в Інституті радію відновилися наукові дослідження. Марія в зеніті слави: нагороди, докторські ступені, почесність. Її запросили до Америки, де сам президент Гардінг подарував їй дорожочинний грам радію, який вона відразу ж заповідає лабораторії. Восени 1933 р. здоров'я Марії Кюрі стало різко погіршуватися. 4 травня 1934 р. видатної вченої не стало: вона померла від тяжкого захворювання крові, викликаного довготривалим періодом роботи з радіоактивними речовинами. Марія була першою дослідницею ядерних перетворень радію і першою жертвою його смертоносного проміння.

Марія Склодовська-Кюрі присвятила своє життя розвитку науки про радіоактивність, створенню величезного дослідного центру — Інституту радію в Парижі, вихованню багатьох французьких та іноземних вчених, серед яких була її дочка Ірен і зять Фредерік Жоліо, які в 1935 р. стали лауреатами Нобелівської премії за відкриття штучної радіоактивності.

Не можна не захоплюватися відвагою і наполегливістю цієї жінки-вченого, яка натхненно йшла наперекір всім труднощам до поставленої мети. Важко до кінця збагнути її подвиг, розповісти про неї. Все життя Марію Склодовську-Кюрі супроводжувала мрія про науку, але ця мрія була діяльною і вимагала зосередження всіх сил. Тому і життя її — не тільки мрія про подвиг, але й сам подвиг. Ніби сяюча комета, яку примха долі занесла на чуже небо, вона залишила на ньому сліпучий слід і захоплення нею в душах людей.

Галина Шопа

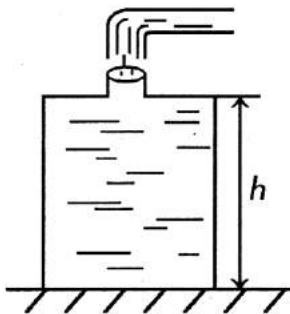
XXXIV Всеукраїнська олімпіада юних фізиків, м. Херсон, 1997 р.

8 клас

1. З колодязя глибиною $H = 20$ м дістають воду відром. Внизу відро заповнюється водою до країв. Внаслідок витікання через щілину в дні, при підніманні відра частина води виливається назад у колодязь. Вважаючи, що відро піднімається рівномірно, а швидкість витікання води постійна, визначити роботу по підніманню відра, якщо до кінця піднімання у відрі залишилося $a = 2/3$ початкової кількості води. Маса порожнього відра $m = 2$ кг, його об'єм $V = 15$ л.

2. Лабораторна електроплитка, опір спіралі якої $R = 20$ Ом, увімкнута в коло послідовно з резистором $R_0 = 10$ Ом. При тривалій роботі вона нагрілась від кімнатної температури $T_0 = 20^\circ \text{C}$ до $T_1 = 52^\circ \text{C}$. До якої температури нагріється плитка, якщо паралельно їй увімкнути ще одну таку ж плитку?

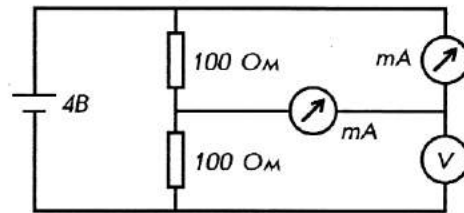
3. На столі стоїть перевернута циліндрична посудина, в дні якої зроблено отвір і вставлено трубку. Зверху в трубку обережно наливають воду. Краї посудини спочатку щільно прилягають до поверхні стола, однак, коли рівень води в трубці досягає висоти H , вода починає витікати з-під посудини. Яка маса посудини з трубкою? Площа дна посудини S_1 , площа отвору в дні S_2 , висота посудини h , густина води ρ .



4. В циліндричну посудину з площею основи $S = 100 \text{ см}^2$ налито 1 л солоної води, густина якої $\rho = 1,15 \text{ г/см}^3$. В цій воді плаває кусок льоду масою $m = 1$ кг. Визначити, як зміниться рівень води у посудині, якщо половина льоду розтане. Вважати, що при розчиненні солі у воді об'єм рідини не змінюється.

5. В колі, схема якого приведена на малюнку, верхній міліамперметр показує силу струму 10 мА, вольтметр показує напругу 3 В. Визначити

покази другого міліамперметра. Міліамперметри однакові.



9 клас

1. Три електровози рухаються по трьох паралельних дорогах, відстані між якими однакові. Електровози рухаються по крайніх дорогах, в протилежних напрямках з швидкостями $V_1 = 80$ км/год, $V_2 = 40$ км/год. З якою швидкістю V повинен рухатися електровоз, який іде по середній дорозі, щоб під час руху він весь час знаходився на одній прямій з двома іншими?

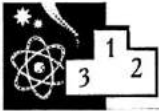
2. Електричний нагрівник з опором $R_0 = 2$ Ом, розрахований на напругу $U_0 = 4,5$ В, приєднали до акумулятора з напругою 6 В через реостат, увімкнутий як дільник напруги (потенціометр).

1) Бажано, щоб ККД системи був не меншим за $\eta_0 = 0,6$. Яким повинен бути опір R реостата і на яку максимальну силу струму I_{max} він повинен бути розрахований?

2) Чому дорівнює максимально можливий ККД кола "нагрівник-акумулятор" при номінальній напрузі на нагрівнику і як їх треба увімкнути через реостат, щоб досягти максимального ККД?

3. Між брусками масами M і m затиснута легенька пружина. Систему поклали на гладенький горизонтальний стіл між підпорками з обох боків, які не дають брускам можливості роз'їжджатися. Заберемо одну з підпорок з боку бруска M . Система почне рухатися. У скільки разів зміниться швидкість руху, якщо забрати не цю підпорку, а другу? Як співвідносяться максимальні відстані між брусками для цих двох випадків?

4. Дерев'яний кубик ковзає без тертя по гладенькому горизонтальному льоду, вдаряється однією з бічних граней об вертикальну стінку. Коefіцієнт тертя кубика по стінці дорівнює μ . Під яким кутом до стінки відлетить кубик, якщо до



зіткнення він рухався по напрямку, який утворює з стінкою кут α ?

5. Супутник рухається по коловій орбіті на висоті $h = 3R$ від поверхні Землі (R — радіус Землі). Як перевести його колову орбіту на висоту $h = R$ при мінімальному часі роботи двигуна? Зобразити траєкторію спуску.

10 клас

1. Два йони протилежного знаку рухаються в газі навколо їх спільного центра мас, причому загальна кінетична енергія їх руху дорівнює середній енергії поступального руху молекул навколишнього газу. Чому дорівнює відстань між йонами при 0°C , якщо вони мають заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл?

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}, k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/град}$$

2. Електрична вакуумна лампочка потужністю $P = 50$ Вт розрахована на напругу $U = 120$ В і має волосинку довжиною $l = 61,2$ мм і діаметром $d = 0,44$ мм. Яку довжину і діаметр повинна мати волосинка лампочки потужністю $P_2 = 15$ Вт, розрахованої на напругу $U = 220$ В? Нехтувати втратами тепла через гачки, що підтримують волосинку; вважати температуру розжарення в обох лампочках однаковою.

3. Рівномірно заряджена сферична крапля рідкого діелектрика радіусом R падає з висоти H на рівномірно заряджену і теж діелектричну пластину, що має заряд протилежного знаку. Рідина краплі не змочує пластину. На яке максимальне число однакових сферичних крапель може розбитися падаюча крапля? Вважати, що власна електростатична енергія падаючої краплі переходить у власну електростатичну енергію виникаючих крапель і енергію їх електростатичної взаємодії в момент розділення. Густина речовини краплі, густина заряду, поверхневий натяг рідини відомі. Площина створює однорідне електричне поле напруженістю E . Нехтувати відхиленням форми краплин від сферичної, а також індукційними явищами і вважати $R \ll H$.

4. Кулька радіусом R і масою M скочується похилою площиною, яка утворює з горизонтом кут α , з висоти h_1 до висоти h_2 , після чого падає з цієї висоти на горизонтальну площину і відскакує від неї. На якій висоті H потрібно розташувати горизонтальну полицю, щоб кулька опустилася на неї без відскоку? З якою швидкістю буде рухатися після цього кулька?

Момент інерції кульки $I = 2/5 (mR^2)$, коефіцієнт тертя ковзання — μ . При відскакуванні кульки від площини вертикальна складова її швидкості за значенням зберігається.

5. Для опалення приміщення використовується теплота, яка віддається повітрю при роботі теплового двигуна. Цей двигун приводить в дію холодильну машину, яка віднімає теплоту від ґрунтових вод і віддає її повітрю в кімнаті. Визначити теоретичний ККД такого циклу опалення, якщо температура в котлі теплового двигуна $t = 210^\circ\text{C}$, температура води в батареї $t = 60^\circ\text{C}$, а температура ґрунтових вод $t = 10^\circ\text{C}$?

11 клас

1. Два ланцюжки електронів рухаються паралельно один до одного зі швидкістю $v = c/n$, де c — швидкість світла. Яка сила взаємодії між ланцюжками є більшою і в скільки разів: сила електростатичної чи магнітної взаємодії?

2. Заряджена частинка, що має початкову швидкість v_0 , влітає в однорідне електричне поле плоского конденсатора перпендикулярно до ліній напруженості. Після конденсатора частинка потрапляє в однорідне магнітне поле перпендикулярно до його ліній індукції. Якою має бути індукція B цього поля, щоби частинка перетнула напрям свого початкового руху на відстані L від початку руху в полі конденсатора? l — довжина пластин конденсатора, E — напруженість електричного поля в ньому. Нехтувати силою тяжіння. Відхилення частинки під дією полів вважати малими.

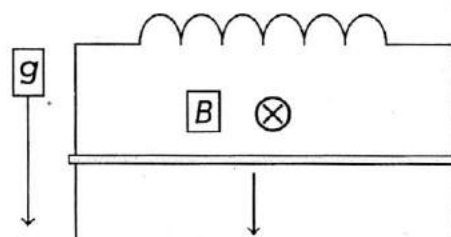
Описаний принцип може бути використаний для знаходження розподілу частинок за швидкостями в паралельному їх пучку, якщо вздовж осі пучка в магнітному полі розмістити фотоплівку. Знайти при заданих E і B залежність відстані L точки попадання частинки на плівку від початкової швидкості частинки v_0 .

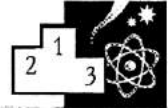
Побудувати графіки цієї залежності для випадків малих значень B і E .

3. Задача 4 (10 клас).

4. Задача 5 (10 клас).

5. По вертикальних провідних рейках у полі тяжіння може ковзати без тертя металевий стержень масою m і довжиною l . Рейки замкнуті на ідеальну котушку з індуктивністю L і знаходяться в горизонтальному магнітному полі, індукція якого перпендикулярна до площини малюнка.





Спочатку стержень підтримувався в спокої зовнішньою силою. В певний момент часу стержень відпусають, і він починає рухатися вниз. Визна-

чити модуль вектора магнітної індукції B , якщо максимальна швидкість руху стержня дорівнює v_0 . Опорами стержня і рейок нехтувати.

Теоретичні завдання III туру обласної XXXVII олімпіади з фізики 1997 року школярів Львівщини

8 клас

1. З якою швидкістю, відносно Землі, рухаються верхні та нижні ланки гусениці трактора, якщо його швидкість $v = 10$ км/год?

2. В U -подібну трубку з площами колін S_1 та S_2 налито воду. Як зміниться рівень води в U -подібній трубці, якщо в одне коліно кинули шматок дерева масою m , а в інше коліно шматок пінопласту такої самої маси?

3. Машина, яка має у баці 2 літри бензину, проїжджає відстань S . При підйомі на гору висотою $h = 100$ м, шлях на яку дорівнює $0.8 S$, машина витрачає таку саму кількість палива. ККД двигуна $\eta = 30\%$, питома теплоємність згоряння палива становить $q = 10^6$ Дж/кг, густина $\rho_{\text{бензину}} = 710$ кг/м³. Визначити масу автомобіля.

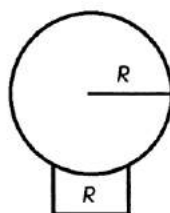
4. За допомогою нагрівача потужністю 500 Вт нагрівають воду в посудині за 2 хв на 1 К. Ця сама вода в посудині охолоджується без нагрівача за 1 хв теж на 1 К. Знайти масу води в посудині, якщо $c_{\text{води}} = 4200$ Дж/кг · град.

5. Залізну кульку, густина якої $\rho_{\text{кульки}} = 7,8$ г/см³, занурили на $h = 10$ см в ртуть. На яку максимальну висоту підскочить ця кулька над рівнем ртуті, якщо її відпустити? Густина ртуті $\rho_{\text{ртуті}} = 13,6$ г/см³, опором повітря та ртуті знехтувати.

9 клас

1. Пасажир прибігає на перон у момент, коли повз нього проходить передостанній вагон поїзда. Визначіть, на скільки запізнився пасажир, якщо передостанній вагон проїхав повз нього за час t_1 , а останній — за час t_2 .

2. На тонкостінній підставці стоїть цистерна. При якому мінімальному прискоренні α цистерна вискочить із підставки, якщо відстань між стінками підставки дорівнює радіусу цистерни.



3. Температура води у посудині з водою вимірюється за допомогою термоопору, що послідовно приєднаний до ще одного опору. Система під'єднана до джерела з $U = 20$ В. За допомогою вольтметра вимірюють спад напруги на термоопорі, забезпечуючи постійність струму у колі з точністю 1%. При замерзанні води термоопір мав $R = 400$ Ом, а вольтметр показував напругу 0,4 В. Яким буде опір термоопора при кипінні води?

4. Для того, щоб при плаванні у гліцерині об'єм зануреної частини дерев'яного бруска був рівний об'єму зануреної частини при плаванні у воді, на брусок додатково навантажили 13 Н. Визначити вагу бруска. (Густина гліцерину — 1.26 г/см³).

5. У посудині Дьюара $V_1 = 0,5$ л рідкого азоту при температурі $T_1 = 78$ К випаровується за час t_1 . За який час t_2 у цій посудині розтане $m_2 = 100$ г льоду, якщо температура навколишнього середовища $T = 293$ К? Густина рідкого азоту дорівнює $\rho_1 = 790$ кг/м³, питома теплота випаровування $r_1 = 1,78 \cdot 10^5$ Дж/кг, питома теплота плавлення льоду $\lambda_2 = 3,34 \cdot 10^5$ Дж/кг. Швидкість підведення теплоти вважати пропорційною різниці температур зовні і всередині посудини.

10 клас

1. Циліндричний стержень (палицю) вагою P притискають до підлоги, прикладаючи силу F вздовж напрямку довжини палиці. Спочатку палиця розміщена вертикально, надалі її поступово нахиляють. При куті нахилу α палиця зісковзує вздовж підлоги. Знайти коефіцієнт тертя спокою між матеріалами підлоги і палиці. Розглянути випадок, коли сила F набагато більша за вагу палиці.

2. Куля масою $m_1 = 10$ г і початковою швидкістю $v_1 = 500$ м/с пробиває незакріплену дошку масою $m_2 = 2$ кг і вилітає з неї зі швидкістю $v_2 = 300$ м/с. Яка кількість кінетичної енергії кулі перейшла у тепло?



3. М'яч для гри у гольф необхідно закинути на віддалі 120 м. Знайти мінімальну початкову швидкість м'яча, необхідну для цього, час польоту м'яча та найбільшу висоту, якої він досягне. Під яким кутом до горизонту його слід скерувати? Опором повітря знехтувати.

4. У трубці, запаяній з одного кінця, знаходиться стовпчик ртуті довжиною $l = 0.3$ см. Трубку обертають в горизонтальній площині навколо осі, що проходить через її закритий кінець. При якій кутовій швидкості обертання ω ртуть досягне відкритого кінця трубки, якщо в нерухомій трубці вона знаходиться на відстані $d = 64$ см від закритого кінця? Довжина трубки $b = 80$ см, зовнішній тиск $p_0 = 100$ кПа, густина ртуті $\rho = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³, а температура постійна. Капілярні явища не враховувати. Довжину стовпчика ртуті вважати дуже малою порівняно з довжиною трубки.

5. Планету масою M і радіусом r оточує атмосфера постійної густини, яка складається з ідеального газу молярною масою μ . Визначити температуру T атмосфери на поверхні планети, якщо товщина атмосфери h набагато менша за радіус планети.

11 клас

1. Тіло кинуте під кутом 60° до горизонту з початковою швидкістю 30 м/с. Знайти його переміщення за останню секунду польоту.

2. На поверхні озера плаває однорідний сферикулий куб, на дві третини занурений у воду. Сторона куба 30 см. Яку роботу необхідно виконати, щоб занурити його під воду так, щоб центр куба знаходився на глибині 1 м? Чи залежить ця робота від орієнтації куба під водою?

3. Кисень при температурі 27° С перебуває в циліндричній посудині, закритій зверху поршнем масою 100 кг і поперечним перерізом 1 м². Поршень прикріплений до дна пружиною жорсткістю 1 кН/м і може ковзати в посудині без тертя. В початковий момент поршень перебуває в рівновазі, кисень займає об'єм 1 м³, пружина недеформована. Яку кількість теплоти необхідно надати кисню, щоб його об'єм збільшився на 10 %? Атмосферний тиск 100 кПа, прискорення вільного падіння 9.8 м/с².

4. Металевий стержень довжиною L обертається навколо осі, що проходить через його середину перпендикулярно до стержня, з циклічною частотою ω . Знайти:

а) розподіл напруженості електричного поля всередині стержня;

б) напругу між кінцем та серединою стержня;

в) розподіл електричного заряду в стержні.

5. Яка буде віддалі від предмета до його зображення, якщо дивитися на предмет через прозору скляну пластину товщиною h з показником заломлення n ? Чи відрізняється розмір зображення від розміру предмета?

ПОДЯКА

У 1994 році канадський інженер-гідротехнік Володимир Музичка, працюючи радником Львівської обласної адміністрації з питань розвитку малих гідроелектростанцій у Карпатському регіоні, відвідав Львівський фізико-математичний ліцей при Львівському університеті, де познайомився з учнями ще молодого на той час навчального закладу. Пан Музичка запам'ятав цю зустріч. Його вразили здібні юнаки та дівчата, в яких він побачив творчий потенціал, необхідний для розбудови Української держави. З часом пан Музичка повернувся в Канаду і, розуміючи важливість доступу учнів та студентів України до західної технічної літератури, ініціював акцію "Проект пересилки англомовної технічної літератури до України". Книжки для цього проекту подарували бібліотека політехнічного факультету Манітобського університету, окремі громадяни Канади.

Пан Володимир Музичка разом зі своєю родиною організував збір та пересилку літератури в Україну; на сьогодні Львівський фізико-математичний ліцей вже отримав третину цих книжок. Ми дуже вдячні пану Володимирі Музичці за його великодушну допомогу, яка служить справі освіти і виховання майбутньої науково-технічної еліти України.



В першому номері журналу "Світ фізики" було піднято тему помилок, які зустрічаються в деяких виданнях і приводять до неправильного розв'язку задач. Однак інколи, в деяких збірниках задач, авторами навмисне допускаються помилки. Проте вони носять швидше не фізичний, а методичний характер. Розглянемо одну з них.

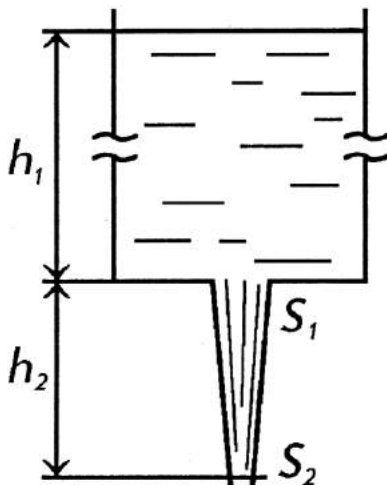
Витікання струмینی

Напевно, багатьом відома задача про витікання струмینی води з вузького отвору або крапу. Ось один з її варіантів, котрий взято із книги А.П.Кір'янова та С.М.Коршунова "Термодинаміка і молекулярна фізика", що видана московським видавництвом "Просвещение" у 1977 році.

В дні бака висотою 50 см, заповненого водою, є круглий отвір площею 1 см^2 , який суттєво менший за переріз самого бака. Якщо відкрити отвір, то з нього починає витікати струміна води, падаючи вниз. Визначити площу перерізу струмینی на відстані від дна посудини 20 см?

Наведемо розв'язок даної задачі. По мірі витікання струмینی її переріз зменшується, оскільки збільшується швидкість при зменшенні потенціальної енергії. Очевидно, для того, щоб отримати розв'язку задачі, слід записати рівняння неперервності струмینی та закон Бернуллі

$$S_1 v_1 = S_2 v_2, \quad (1)$$



$$\text{де } v_1 = \sqrt{2gh_1}.$$

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + \rho g h_2 = \frac{\rho V_2^2}{2}. \quad (2)$$

Із рівняння (1) та (2) знаходимо невідому величину:

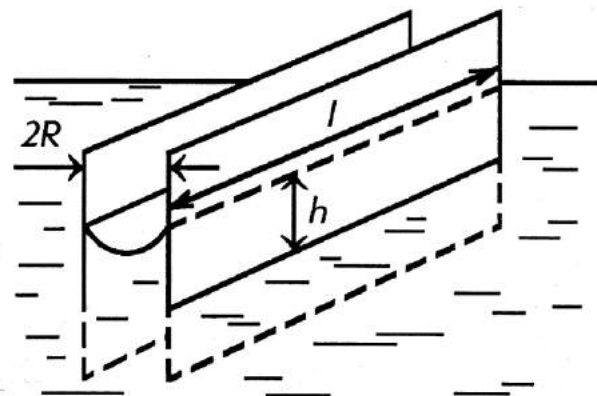
$$S_2 = S_1 \frac{v_1}{v_2} = S_1 \sqrt{\frac{h_1}{h_1 + h_2}}, \quad (3)$$

$$S_2 = 0.84 \text{ см}^2.$$

На перший погляд розв'язок даної задачі є повністю правильний із зауваженням, що течія ламінарна, а не турбулентна. Дана задача, згідно з програмою, виконується учнями 9-го класу в ході вивчення розділу гідро- та аеродинаміки. Зрозуміло, що дев'ятикласникам є невідоме поняття поверхневого натягу, яке вивчається в 10-му класі. В процесі вивчення даного матеріалу доводиться, що додатковий тиск рідини під її сферичною поверхнею радіуса R дорівнює $\Delta p = 2\sigma/R$. Ми в даній статті не будемо доводити цю формулу, оскільки вона наведена в підручнику з фізики для учнів 10-го класу природничо-наукового профілю, автором якого є С.У.Гончаренко. Ми спробуємо дати відповідь на більш цікаве запитання:

Яким буде тиск під циліндричною поверхнею?

Для того, щоб знайти його розглянемо ситуацію, в якій утворюється циліндричний меніск рідини. Опустимо в рідину дві паралельні вертикальні пластини, які виготовлено з такого матеріалу, що рідина повністю змочує їх.



Запишемо умову рівноваги стовпця рідини, що піднявся між пластинами на висоту h . Вгору діє сила поверхневого натягу $F_n = 2\sigma l$, яку зрівноважує сила тяжіння $F_{\text{тяж}} = mg$. Отже,

$$2\sigma l = mg.$$



Написавши масу $m = \rho V \approx \rho \cdot 2Rl \cdot h$ і підставивши її у попереднє рівняння, отримаємо, що $h = \sigma/\rho g R$. Отже, тиск в рідині під циліндричною поверхнею буде меншим за атмосферний на величину

$$\Delta p = \rho g h = \frac{\sigma}{R}. \quad (4)$$

Якщо циліндрична поверхня рідини випукла, то у формулі (4) R слід замінити на $-R$ і тиск під поверхнею буде більшим за атмосферний на величину σ/R .

Повернемося тепер до першої задачі. Поверхня струмینی, яка витікає з дна посудини, має форму близьку до поверхні конуса. Оскільки рівняння Бернуллі (2) записується для двох довільних перерізів і є виразом рівності тисків, то, очевидно, що слід врахувати додатковий тиск Δp , який зумовлений поверхневим натягом рідини. Отже, рівняння (2) слід записати наступним чином:

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + \rho g h_2 + \frac{\sigma}{r_1} = \frac{\rho V_2^2}{2} + \frac{\sigma}{r_2}. \quad (5)$$

Тоді кінцевий розв'язок задачі слід отримати розв'язавши систему рівнянь (1) та (5). Зрозуміло, що на вступних іспитах з фізики, розв'язуючи задачу, слід враховувати всі ефекти та явища, що впливають на кінцевий результат, тобто користуватись матеріалом усього курсу фізики, а не лише певною її частиною. З огляду на сказане вище, ми не можемо стверджувати, що автори зробили задачу з помилкою, але, очевидно, що на вступних іспитах вона може бути не зарахованою.

На завершення хочу навести задачу 4. 5. 27 із збірника "Задачі з фізики" під редакцією О. Я. Савченко та її розв'язок.

Оцініть, на якій відстані від крана радіус струмینی води зменшується в півтора рази. Швидкість води, що виходить з крана 0,3 м/с, початковий радіус струмینی 2 мм.

Як уже нам відомо, в такій струміні сума $\rho V^2/2 + \rho g h + \sigma/r$ не змінюється. Запишемо цю суму для 2-х перерізів в струміні: біля крану та на відстані h від нього:

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + \rho g h + \frac{\sigma}{r_1} = \frac{\rho V_2^2}{2} + \frac{\sigma}{r_2}. \quad (6)$$

Друге рівняння — це рівняння неперервності струмینی:

$$S_1 V_1 = S_2 V_2. \quad (7)$$

Розв'язавши систему рівнянь (6) та (7), знайдемо кінцевий результат:

$$\begin{aligned} h &= \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{r_1^4}{r_2^4} - 1 \right) + \frac{\sigma}{\rho g r_1} \left(\frac{r_1}{r_2} - 1 \right) = \\ &= 0,018 + 0,002 = 0,020 \text{ м.} \end{aligned}$$

Аналізуючи числовий розв'язок, можемо зробити цікавий висновок: якщо б ми знехтували надлишковим тиском, то кінцевий результат відрізнявся б від істинного на 10%.

На закінчення слід зауважити, що додатковий тиск слід записувати лише у випадках, коли струміна рідини знаходиться у повітрі і є тонкою. У випадку течії рідини по трубах слід користуватись рівнянням Бернуллі без додаткового тиску.

Ігор Теличин,
Львівський фізико-математичний лицей

Прага гордиться їхніми іменами

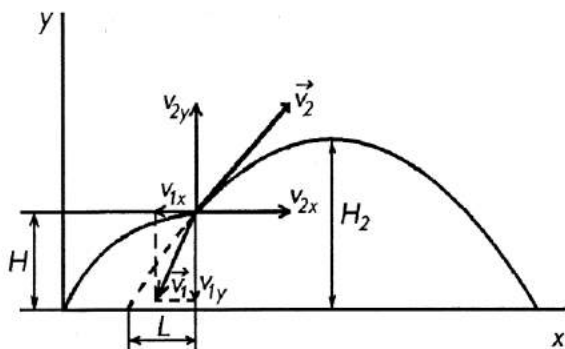
Працька газета "Hospodarske povinny" надрукувала 10 січня 1997 р. статтю професора Іво Кравса про видатних учених-чужинців, які жили і працювали деякий час у чеській столиці: всесвітньо відомих астрономів Тіхо Браге і Йогана Кеплера, фізиків Христіяна Доплера, Ернста Маха, Альберта Айнштейна та нашого земляка Івана Пулюя. У статті наголошено, що український учений, професор фізики й електротехніки, був всебічно обдарованою та громадськи активною людиною, мав значні заслуги у розвитку технічного прогресу в Чехії. Зазначено також, що між Пулюєм та Айнштейном, які мешкали по сусідству, уклалися близькі стосунки.



Вашій увазі пропонується кілька задач до розділу "Імпульс тіла. Закон збереження імпульсу". Їх розв'язування спирається на вивчений в рамках шкільної програми матеріал, але, як правило, викликає деякі труднощі в старшокласників.

Відомий вам імпульс

Задача 1. При невдалому запуску ракети під деяким кутом до горизонту вона розірвалася у верхній точці заданої траєкторії на висоті $H_1 = 400$ м при швидкості $v = 200$ м/с на дві рівні частини. Через 6 секунд після вибуху один осколок падає, пролетівши по горизонталі $L = 500$ м в бік місця запуску. На якій відстані по горизонталі S від місця вибуху впаде другий осколок? Якої максимальної висоти H_2 він досягне при польоті?



Подібні задачі вам зустрічались і раніше, але в цій є деякі особливості: час вільного падіння осколка з висоти 400 м був би рівний

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 400}{10}} \approx 9 \text{ с.}$$

Отже, перший осколок падав з початковою швидкістю v_{1y} , яку можна знайти з рівняння

$$H = v_{1y}t + \frac{gt^2}{2}; \quad v_{1y} = \frac{2H - gt^2}{2t}$$

До вибуху в найвищій точці траєкторії ракета не мала вертикальної складової імпульсу. Отже, в проекції на вісь oy закон збереження імпульсу буде мати вигляд:

$$0 = -m_1v_{1y} + m_2v_{2y}$$

Швидкість другого осколка після вибуху:

$$v_{2y} = \frac{m_1}{m_2}v_{1y}, \quad m_1 = m_2, \quad v_{2y} = v_{1y}$$

Максимальна висота, якої він досягне при польоті,

$$\text{буде } H_2 = H_1 + \frac{v_{2y}^2}{2g}$$

Горизонтальну складову швидкості першого осколка можна знайти за формулою:

$$v_{1x} = \frac{L}{t}$$

Закон збереження імпульсу в проекції на ox :

$$2mv = -m\frac{L}{t} + mv_{2x}$$

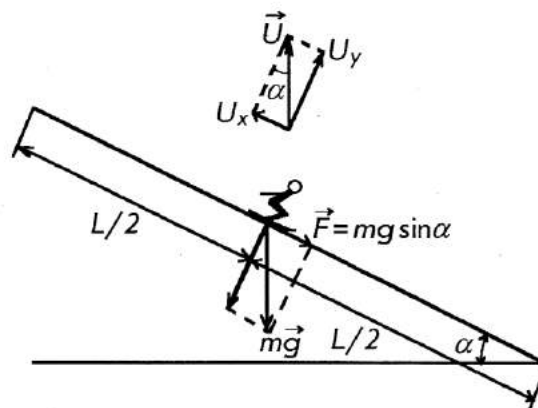
Горизонтальна складова швидкості другого осколка: $v_{2x} = 2v + \frac{L}{t}$

Час його польоту знайдено з рівняння:

$$y_2 = H_1 + v_{2y}t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$\text{Дальність } S = v_{2x}t_2$$

Задача 2. По схилу довжиною L з кутом нахилу до горизонту α з'їжджає лижник масою M і на половині спуску робить постріл з ракетниці вертикально вгору. Ракета масою $m \ll M$ вилітає з ракетниці з швидкістю U . Знайти швидкість лижника в кінці спуску. Тертям знехтувати.



До пострілу прискорення лижникові надавала складова сили земного тяжіння

$$F_1 = mg \sin \alpha \quad (1)$$

і воно становило:

$$a = g \sin \alpha \quad (2)$$

На половині шляху лижник набув швидкості, яка визначається з рівняння:

$$\frac{L}{2} = \frac{v_1^2}{2g \sin \alpha}; \quad v_1 = \sqrt{Lg \sin \alpha}$$

В момент пострілу ракета набуває імпульсу $m\vec{U}$. За законом збереження імпульсу:

$$(m + M)\vec{v}_1 = M\vec{v}_2 + m\vec{U};$$

нехтуючи зліва доданком m (за умовою $m \ll M$), в проекції на вісь ox одержимо:



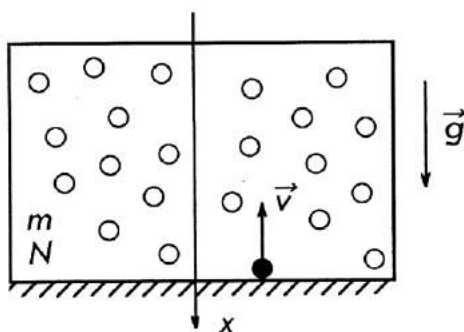
$$mv_1 = Mv_2 - mU \sin \alpha, \quad v_2 = \left(v_1 + U \sin \alpha\right) \frac{m}{M}.$$

Проїхавши до кінця спуску з прискоренням (2), лижник набуде швидкості: $\frac{L}{2} = \frac{v^2 - v_2^2}{2g \sin \alpha}$,

$$\frac{L}{2} = \frac{v^2 - \left(v_1 + \frac{m}{M}U \sin \alpha\right)^2}{2g \sin \alpha},$$

$$v = \sqrt{Lg \sin \alpha + \left(\sqrt{Lg \sin \alpha} + \frac{m}{M}U \sin \alpha\right)^2}.$$

Задача 3. На шальці терезів скаче N кульок масою m кожна. Якою буде середня сила, що діє на шальку, якщо швидкість кульки під час удару за модулем не змінюється? Як зміниться ця сила, якщо припустити, що при ударі швидкість кожної кульки зменшується?



При взаємодії кульки з підставкою її імпульс змінюється від величини $m\vec{v}$ до величини $-m\vec{v}$. Тобто зміна імпульсу однієї кульки Δp_1 в проекції на ox :

$$\Delta p_1 = -mv - mv = -2mv.$$

За законом збереження імпульсу сила, що подіяла на кульку з боку підставки, рівна: $F_x \Delta t = \Delta p_1$.

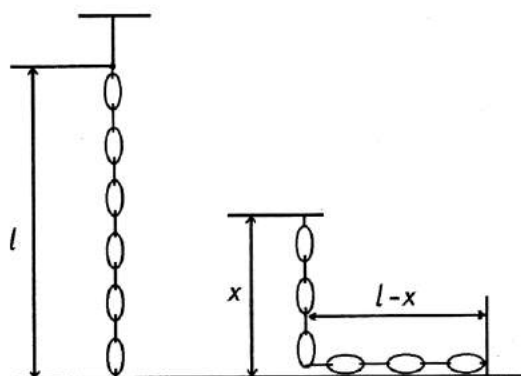
В свою чергу за III законом Ньютона кулька діє на підставку з силою, проекція якої буде мати протилежний знак $F = -\Delta p_1 = N(-2mv_x)$. Всіх кульок є N . Щоб знайти час, протягом якого всі кульки провзаємодіють з підставкою, передавши їй сумарний імпульс $\Delta p = N\Delta p_1$, простежимо за рухом виділеної на малюнку кульки, яка щойно відбилась від підставки. За час, протягом якого вона знову повернеться в цю точку, з підставкою встигнуть провзаємодіяти всі кульки. Отже, середня сила, що діє на підставку:

$$F_c \Delta t = -N\Delta p_1 = -\Delta p = 2Nmv; \Delta t = \frac{2v}{g};$$

$$F_c = \frac{2Nmv}{\frac{2v}{g}} = Nmg$$

При зменшенні швидкості при відбиванні імпульс, переданий підставці, зменшиться. Тому зменшиться і сила середнього тиску.

Задача 4. Однорідний ланцюжок довжиною l і масою m підвішено на нитці так, що він другим кінцем торкається до поверхні столу. Нитку перепалюють. Знайти залежність сили тиску на стіл від довжини тої частини ланцюжка, що ще не впала. Удари ланок ланцюжка до столу пружні.



Сила тиску на стіл зумовлюється дією сили тяжіння на ділянку ланцюжка, який вже лежить на поверхні столу, і силою тиску ланок, що, падаючи, передають столу свій імпульс: $F = F_1 + F_2$.

Масу частини ланцюжка, яка вже лежить на столі, визначимо як

$$m_1 = \frac{m}{l}(l-x), \quad \text{тоді } F_1 = m_1 g = \frac{mg}{l}(l-x).$$

Чергова ланка ланцюжка масою Δm , яка падає з висоти $(l-x)$ із швидкістю v , де $(l-x) = \frac{v^2}{2g}$, $v = \sqrt{2g(l-x)}$, зменшить свій імпульс до нуля. Зміна імпульсу відбувається під дією сили $-F_2$

$$\Delta m v = -F_2 \Delta t. \quad (1)$$

За час Δt до підставки долетить частина ланцюжка довжиною $v\Delta t$ масою $\Delta m = \frac{m}{l}v\Delta t$. Підставивши в (1), одержимо:

$$-\frac{m}{l}2g(l-x)\Delta t = -F_2 \Delta t, \quad F_2 = \frac{2mg}{l}(l-x).$$

Сумарна сила тиску на підставку:

$$F = F_1 + F_2 = \frac{mg}{l}(l-x) + \frac{2mg}{l}(l-x) = \frac{3mg}{l}(l-x).$$

Раїса Кузик,
Львівський фізико-математичний ліцей



Турніри юних фізиків.

А що це власне за форма наукового змагання школярів? Як вона співвідноситься з уже класичною формою — олімпіадами? По своєму змісту олімпіада — та ж контрольна робота з фізики, тільки задачі, що пропонуються, є набагато складніші. Вони строго сформульовані і вимагають такого ж однозначного розв'язання. Тому для якоїсь серйозної творчості залишається надто мало місця. Окрім того, олімпіада — змагання індивідуальне.

Інша справа — турнір. Він фактично є моделлю реальної наукової діяльності: від літературного пошуку до створення власного підходу до розв'язку задачі і постановки експерименту. А потім необхідно за кілька хвилин пояснити перед аудиторією те, на що було затрачено кілька місяців роботи. Власне тут учні вдосконалюють мис-

тецтво вести дискусію, вміння спілкуватися, вчать не тільки говорити, але й слухати, якості більш важливі, ніж просте уміння розв'язувати задачі.

ких ТЮФ, яка дуже швидко знайшла своїх прихильників в Україні.

1-ий Всеукраїнський ТЮФ відбувся у лютому 1993 р. в

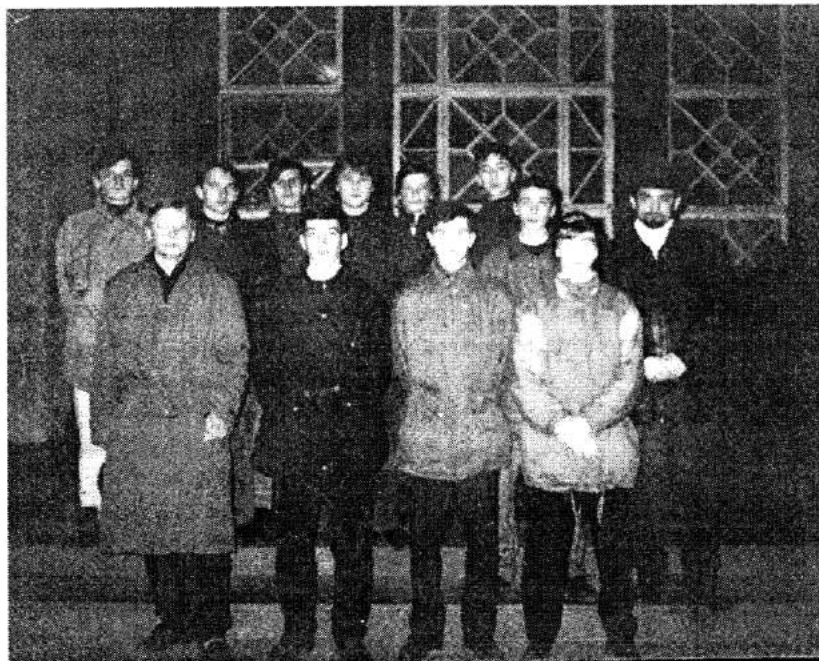
ВСЕУКРАЇНСЬКОМУ ТЮФу — 5 РОКІВ

Цього року з 27 лютого по 4 березня відбувся 5-й ювілейний Всеукраїнський турнір юних фізиків. Як і 5 років тому, він проходив у м. Одесі на базі Рішельєвського ліцею. ТЮФ-4 у 1996 р. проходив у м. Києві, а решта турнірів проходили в м. Одесі. Обрання Одеси місцем проведення турніру не було випадковим. Команди юних фізиків м. Одеси, починаючи з 80-х років, брали участь у Всесоюзних ТЮФ, які проводились у Москві, тому у них і виникла ідея проведення Всеукраїнсь-

Одесі, а наступного року свій перший обласний турнір провела Львівська Мала Академія Наук, започаткувавши у практиці своєї роботи таку цікаву форму, як турніри. І, коли вже говорити про історію турнірів юних фізиків на Львівщині, то не можна обминути увагою тої підтримки, яку вони мали з боку фізичного факультету Львівського державного університету ім. І. Франка.

На 5-му Всеукраїнському турнірі юних фізиків брали участь команди з м. Києва — Український фізико-математичний ліцей; з м. Харкова — фізико-математичний ліцей №27, гімназія №47; з м. Одеси — Рішельєвський ліцей: команда № 1, команда № 2, Приморський ліцей; команда з м. Сімферополя; команда з м. Суми; команда з м. Луганська; команда Малої Академії Наук з м. Луцька; команда з Кривого Рогу — Саксаганський ліцей. Львівщину представляли команди: переможець обласного турніру — команда Львівського фізико-математичного ліцею та команда, що посіла друге місце, — збірна м. Борислава.

Програма турніру була дуже щільною. І в перший день, відразу ж після приїзду команд, відбулося відкриття та жеребкування, за результатами якого всі 13 команд-учасників було поділено на 5 під-



Команди Львівського фізико-математичного ліцею та м. Борислава на V Всеукраїнському турнірі юних фізиків. Одеса, лютий 1997 р.



груп. Через годину відбулася перша чвертьфінальна гра. Наступний день був ще більш напруженим — таких відбіркових ігор було три, кожна з яких тривала у середньому дві з половиною години. Але праця була не марною. За результатами відбіркових зустрічей обидві команди потрапили до півфіналу, а команда ФМЛ м. Львова, показавши змістовну гру, набрала один із найвищих рейтингів. Але заспокоюватись було ще рано.

Наступного дня почались дві півфінальні гри за право виходу у фінал. І, коли юним фізикам м. Борислава, змагаючись із командами Українського ФМЛ м. Києва та другою командою Рішельєвського ліцею, не вдалося потрапити у фінал, то хлопці зі Львова після п'ятигодинної півфінальної боротьби пере-

могли старожилів Всеукраїнських турнірів — команду фізико-математичного ліцею № 27 з м. Харкова, які були переможцем Всеукраїнського ТЮФ, — і потрапили у фінал.

Неділя 2 березня для більшості команд була днем відпочинку та екскурсій, а для фіналістів — команд ФМЛ з міст Одеси, Києва і Львова — це був день розв'язку семи нових завдань.

І ось фінал. Відбувся він у приміщенні Одеського університету і розпочався традиційним конкурсом капітанів. Показавши добре знання теорії і розуміння експериментів, поза конкуренцією був капітан львів'ян — Максим Морус. Фінальна гра була рівною, всі команди показали глибоке розуміння задач, добре їх доповідали і опонували. І, мабуть, тільки рідні

стіни та кращі умови підготовки до фіналу дали можливість перемогти юним фізикам Рішельєвського ліцею м. Одеси, другою у фіналі була команда Львівського фізико-математичного ліцею, третьою — команда Українського фізико-математичного ліцею м. Києва.

За результатами турніру команди міст Львова та Борислава були відповідно нагороджені дипломами 2 і 3 ступенів та призами.

Відбувся турнір: цікавий, напружений. На закінчення усім юним фізикам хотілося б побажати, щоб їхні перші перемоги додали впевненості у собі і були початком подальших звершень на студентських лавах, у науці і житті.

*Керівник команди
м. Борислава Олег Кіт*

Скляна пічка

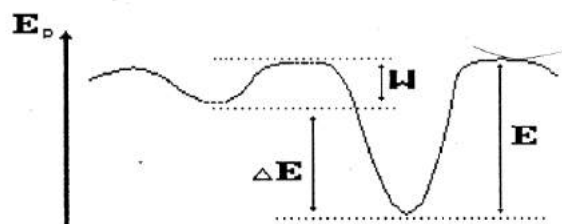
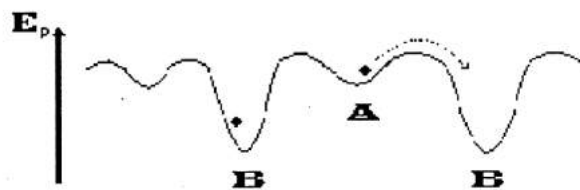
Ця стаття присвячена задачі, запропонованій на Всеукраїнському турнірі юних фізиків у 1996 році. Умова цієї задачі зводиться до знаходження потужності виділення теплової енергії, яка виділиться при кристалізації скла.

Щоб визначити потужність теплової енергії, яка виділиться при кристалізації скла в навколишнє середовище, треба знайти сумарну енергію і час її виділення:

$$N = \frac{Q}{\tau} \quad (1)$$

Вияснимо, що таке скло і як відбувається процес кристалізації. Склоподібний стан — це метастабільний стан. Атоми в такій речовині частково займають позиції, які не відповідають рівноважним у кристалічній речовині. Процес кристалізації — це упорядкування атомів у кристалічну ґратку. Таким чином, при кристалізації атоми переміщуються у вузли ґратки, зменшують при цьому свою потенціальну енергію, тобто вони займають більш енергетично вигідні для себе положення. Отже, можна розглядати процес кристалізації як перехід атомів із міжвузля у вузол

кристалічної ґратки. Але, щоб здійснити перехід, атом повинен подолати енергетичний бар'єр. Зобразимо енергетичну діаграму переходу для атома (рис. 1).





На діаграмі (рис. 2) енергетична яма А відповідає розташуванню атома у міжвузлі, В — розташуванню у вузлі. Подолавши енергетичний бар'єр W , атом попадає у вузол кристалічної ґратки В із енергією E . Зміна потенціальної енергії при цьому:

$$\Delta E_i = E - W_i \quad (2)$$

Насправді, в склоподібній речовині маємо різні потенціальні ями і часи переходу в них. Але ми усереднимо процес, приписавши всім потенціальним ямам однакову глибину і час релаксації. Також, для спрощення, візьмемо середню енергію бар'єру W , і тоді зміна потенціальної енергії буде:

$$\Delta E = E - W \quad (3)$$

ΔE — енергія, яка виділиться при переході атома у вузол. Тоді сумарна теплова енергія, яка виділиться:

$$Q = \nu N_a \Delta E \quad (4)$$

ν — кількість речовини; N_a — число Авогадро. Вважаємо, що всі атоми здійснять такий перехід, але реально їх кількість буде меншою. Тепер знайдемо час кристалізації. Маючи кінетичну енергію, атом коливається навколо свого місця локалізації. Знаходячись у міжвузлі, атом, що коливається, здійснює спроби подолати енергетичний бар'єр. Імовірність того, що атом його подолає протягом одиниці часу [1]:

$$P = \omega \exp\left(-\frac{W}{kT}\right) \quad (5)$$

ω — кількість спроб подолання бар'єру за одиницю часу.

Тоді характеристичний час, за який кожний атом перейде із міжвузля у вузол, є величиною, обернено-пропорційною до імовірності такого переходу. Отже, запишемо рівняння для характеристичного часу переходу:

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{W}{kT}\right) \quad (6)$$

T — температура, при якій відбувається перехід; τ_0 — часова стала.

Характеристичний час переходу атома у вузол кристалічної ґратки — це час кристалізації речовини. Зрозуміло, що наведені вище твердження є справедливими для речовин з атомами одного сорту. Якщо в речовині є атоми різних сортів, то і характеристичний час переходу для кожного сорту буде різний. Тому для розв'язання даної задачі візьмемо, як модельну речовину, аморфний селен (Se). Енергію W визначимо, знаючи, що енергія активації процесу кристалізації аморфного селену є 15.1 ккал/моль [2]. Тоді на кожний атом припадає по 0.66 еВ, отже, $W = 0.66$ еВ. Потенціальну енергію атома селену у вузлі E візьмемо із міркувань, що енергія хімічного зв'язку селен-селен дорівнює 2.9 ± 0.2 еВ [3]. Отже, $E = 3$ еВ. Для знаходження часової сталої τ_0 використаємо результати

експериментальних досліджень, якими було встановлено, що при температурі 217°C селен кристалізується за 2 - 3 хв [4]. Із виразу (5) знайдемо:

$$\tau_0 = \tau_1 \exp\left(-\frac{W}{kT_1}\right) \quad (7)$$

$$\tau_1 = 150 \text{ с}, T_1 = 490 \text{ К.}$$

Тепер оцінимо час кристалізації аморфного селену при кімнатній температурі:

$$\tau_2 = \tau_0 \exp\left(\frac{W}{kT_2}\right) \quad (8)$$

$$T_2 = 293 \text{ К.}$$

Обчисливши, отримаємо, що час кристалізації селену при кімнатній температурі буде близько 2.1 місяця. Знайдемо питому потужність теплової енергії, яка виділиться при кристалізації

$$\nu = \frac{m}{\mu} \quad (9)$$

$$m = 1 \text{ кг}, \mu = 0.079 \text{ кг/моль.}$$

Використавши рівняння (3), потім рівняння (1), знайдемо виділену теплоту і потужність:

$$Q = 2.85 \text{ МДж}; N = 0.52 \text{ Вт/кг.}$$

При розв'язанні задачі було вибрано одну з "оптимальних" модельних речовин, тобто селен, у якого час кристалізації є досить невеликий порівняно з такою речовиною як звичайне віконне скло, у котрого час кристалізації є близько 1000 - 10000 років. Але, незважаючи на те, отримана питома потужність теплової енергії, яка виділяється при кристалізації аморфного селену є досить низька — 0.52 Вт/кг. При такій малій питомій потужності "пічки" такого роду не матимуть практичної цінності.

Література:

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978, ст. 666 — 667.
2. El-Monsley M.K., Gani F.E. — In: Recent Adv. Sci. Techn. Mater.— New York — London, 1974, v. 1, p. 189.
3. Чижиков Д.М., Счастливый В.П. Селен и селениды. — М.: Наука, 1964.
4. Акимов И.А., Черкасов Ю.А., Черкашин М.И. Сенсibilizированный фотоэффект. — М.: Наука, 1980, 32 с.
5. Шульц М.М., Мазурин О.В. Современные представления о строении стекол и их свойствах. — Л.: Наука, 1988.
6. Бартенев Г.М., Сандитов Д.С. Релаксационные процессы в стеклообразных системах. — Новосибирск: Наука, 1986, 235 с.

Т. М. Пацаган

Львівський фізико-математичний лицей

Розв'язки задач

Всеукраїнської олімпіади з фізики за 1996 р.

10 клас

Задача 1

I. Стрибокподібна зміна тиску :

Нехай $P_2 > P_1$, тоді:

$$P_2(V_1 - V_2) = (i/2)\nu R(T_2 - T_1), \quad (1)$$

тобто робота виконана над газом пішла на зміну його внутрішньої енергії $A = \Delta U$.

Враховуємо:

$$P_1 V_1 = \nu R T_1 \quad P_2 V_2 = \nu R T_2. \quad (2)$$

З рівнянь (1) і (2) випливає $T_2 = T_1 \left(\frac{2P_2 + iP_1}{(i+2)P_1} \right)$.

Враховуємо, що

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{2} \Rightarrow i = \frac{2}{\gamma-1}, \quad (3)$$

де γ — показник адиабати.

Підставивши (3), одержимо :

$$T_2 = T_1 \left(1 + \frac{\gamma-1}{\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_1} \right),$$

де $\Delta P = P_2 - P_1$ — може бути як додатне, так і від'ємне.

II. Повільна зміна тиску (процес адиабатний):

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}, \quad (1)$$

рівняння адиабати:

$$P_2 V_2^\gamma = P_1 V_1^\gamma. \quad (2)$$

Оскільки, ні в (1), ні в (2) ми ніде не використовували умову збільшення тиску чи зменшення, то незалежно від того, чи $P_2 > P_1$, чи $P_1 > P_2$ рівняння не зміняться.

З (1) і (2) випливає:

$$T_2 = T_1 \left(1 + \frac{\Delta P}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}.$$

Отже, в першому випадку температура, що встановиться після зміни тиску (позначимо її T_2') буде рівна :

$$T_2' = T_1 \left(1 + \frac{\gamma-1}{\gamma} \cdot \frac{\Delta P}{P_1} \right).$$

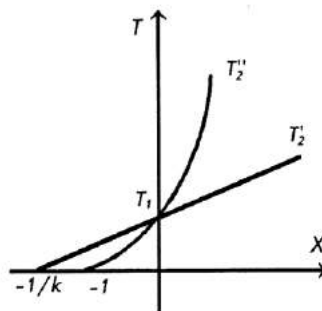
В другому випадку (позначимо її T_2''):

$$T_2'' = T_1 \left(1 + \frac{\Delta P}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}.$$

З'ясуємо, яка з температур (T_2' , T_2'') в залежності від зміни тиску виявиться більшою, а яка меншою.

Позначимо: $\frac{\Delta P}{P_1} = x$, $\frac{\gamma-1}{\gamma} = k$, тоді

$$T_2' = (1+kx)T_1, \quad T_2'' = (1+x)^k T_1.$$



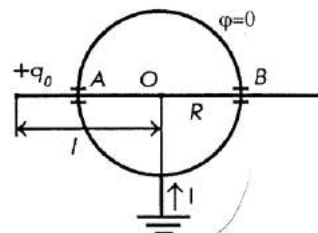
Отже, як видно із графіка при $P_2 > P_1$ ($\Delta P > 0$, $x > 0$) вищою буде температура у другому випадку, при $P_1 > P_2$ — вищою буде температура в першому випадку.

Задача 2

Положення заряду, відносно центру в будь-який момент часу визначається формулою (гармонічні коливання):

$$l = 2R \sin \omega t; \quad (A = 2R \text{ — амплітуда}) \quad I = \frac{dq}{dt}.$$

Очевидно, що на сфері буде індукуватися (дія заряду $+q_0$) деякий заряд Q (в даному випадку від'ємний). Знайдемо цей заряд Q для кожного конкретного положення заряду $+q_0$, для $l \geq R$ (розглянемо тільки $l > R$, оскільки, коли заряд знаходиться всередині сфери, то заряд, що індукується на сфері змінюватись не буде і тоді струм буде рівний 0).



Оскільки сфера заземлена, її потенціал у всіх точках на поверхні і всередині $\varphi = 0$. Найзручніше розраховувати потенціал у центрі сфери.

$$\varphi_0 = 0 = kq_0/l + kQ/R \Rightarrow Q = -q_0R/l.$$

Враховуючи, що:

$$l = 2R \sin \omega t \Rightarrow Q = -\frac{q_0R}{2R \sin \omega t} = -\frac{q_0}{2 \sin \omega t},$$

визначимо струм:

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{q_0 \omega \cos \omega t}{2 \sin^2 \omega t}.$$

Розглядати коливання можна за $0 \leq t \leq T/2$ (далі все буде повторюватись), при $0 \leq l \leq R$, $I = 0$:

$$0 \leq 2R \sin \omega t \leq R \Rightarrow 0 \leq \sin \omega t \leq \frac{1}{2} \Rightarrow 0 \leq t \leq \frac{\pi}{6\omega}$$

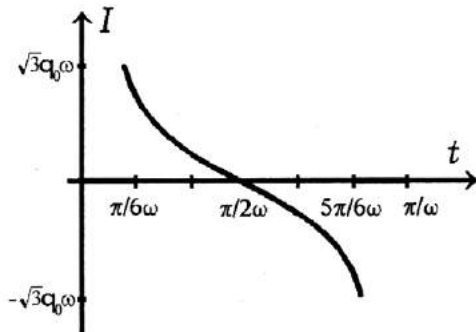
$$\frac{5\pi}{6\omega} \leq t \leq \frac{\pi}{\omega}$$

Отже, $I = 0$ в інтервалах

$$0 \leq t \leq \frac{\pi}{6\omega}, \quad \frac{5\pi}{6\omega} \leq t \leq \frac{\pi}{\omega},$$

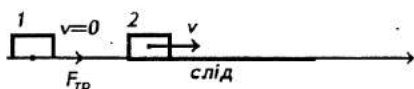
$$I = \frac{q_0 \omega \cos \omega t}{2 \sin^2 \omega t} \quad \text{при} \quad \frac{\pi}{6\omega} \leq t \leq \frac{5\pi}{6\omega}.$$

На графіку це можна зобразити наступним чином:



Задача 3

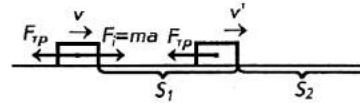
Початкова швидкість крейди рівна нулю. Впавши на транспортер і накресливши лінію, крейда набула швидкості стрічки. Цю швидкість крейда набула в результаті виконання роботи силою тертя.



$$\text{Отже: } m \frac{v^2}{2} = \mu mgS,$$

де μ — коефіцієнт тертя крейди, $\mu = \frac{v^2}{2gS}$.

Розглянемо гальмування стрічки:



(Система відліку пов'язана із стрічкою-НеІСВ).

Час гальмування стрічки: $t = v/a = 1\text{с}$.

Відстань, яку пройде крейда під час гальмування стрічки відносно неї можна порахувати наступним чином:

$$F_{\text{тр}} = \mu mg = \frac{v^2}{2gS} \cdot mg = \frac{mv^2}{2S},$$

$ma_1 = ma - F_{\text{тр}}$ (другий закон Ньютона).

$$S_1 = \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{\left(a - \frac{F_{\text{тр}}}{m}\right) t^2}{2} = \frac{\left(a - \frac{v^2}{2S}\right) t^2}{2} = 1.25\text{ м}.$$

Швидкість крейди після гальмування стрічки:

$$v' = \left(a - \frac{F_{\text{тр}}}{m}\right) \cdot t = \left(a - \frac{v^2}{2S}\right) \cdot t = 2.5\text{ м/с}.$$

Відстань, яку пройде крейда до повної зупинки з моменту, коли стрічка повністю загальмує (ІСВ)

$$\text{З.З.Е: } \frac{mv'^2}{2} = \mu mgS_2 \Rightarrow S_2 = 1.25\text{ м}.$$

Отже, повна відстань, яку пройде крейда рівна: $S' = S_1 + S_2 = 2.5\text{ м}$.

Очевидно, для того, щоб крейда під час гальмування стрічки не зрушилась з місця, то повинна виконуватись умова:

$$F_{\text{тр}} \geq ma \quad ma \leq m \frac{v^2}{2S} \Rightarrow a \leq \frac{v^2}{2S} \quad a \leq 2.5\text{ м/с}^2.$$

Примітка: зміна маси крейди, а також тертя (на намальованій лінії тертя інше, ніж на транспортері) не враховується.

Задача 4

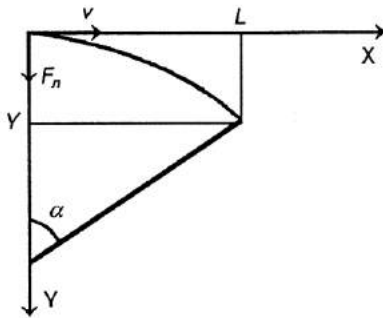
В магнітному полі заряд, що влітає перпендикулярно до ліній поля, рухається по колу

радіуса $R = \frac{mv}{qB} = \frac{mv}{eB}$. В нашому випадку

швидкість протона зростає, значить і радіус кола зростає. Кутова швидкість руху заряду

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi v}{2\pi R} = \frac{eB}{m}$$

його руху.



Зробимо оцінку зміщення заряду по осі Y, вважаючи, що його швидкість весь час постійна і рівна максимальній.

$$Y = R - R \cos \alpha = R(1 - \cos \alpha) = R(1 - \cos \omega t),$$

де $t = L/v_{cp} = 2L/v_x$ — час прольоту протона у прискорювачі (реальний).

$$\begin{aligned} Y &= \frac{mv}{qB} \left(1 - \cos \left(\frac{eB}{m} \cdot \frac{2L}{v} \right) \right) = R \left(1 - \cos \frac{2L}{R} \right) = \\ &= R \left(1 - \sqrt{1 - \sin^2 \frac{2L}{R}} \right) \frac{2L \ll 1}{R} = \\ &= R \left(1 - \left(1 - \frac{1}{2} \sin^2 \frac{2L}{R} \right) \right) = R \frac{1}{2} \sin^2 \frac{2L}{R} = R \frac{1}{2} \frac{4L^2}{R^2} = \\ &= \frac{2L^2}{R} = \frac{2L^2 qB}{mv} = 1.28 \text{ см.} \end{aligned}$$

Як видно зміщення протока при такій оцінці менше половини діаметра трубки прискорювача.

Переконаємось, що наша оцінка коректна.

Визначимо поперечну складову швидкості електрона v_y (завищену) вважаючи, що сила Лоренца весь час має максимальне значення.

$$v_y = \frac{qvB}{m} t = \frac{qvB}{m} \cdot \frac{2L}{v} = \frac{2qBL}{m}$$

Визначимо кут вильоту протона з прискорювача ($\text{tg} \alpha \approx a$):

$$\alpha_0 = \frac{v_y}{v} = \frac{2qBL}{mv} = 0.64 \cdot 10^{-2}$$

У випадку нашої оцінки $\alpha = \omega t = \frac{qB}{m} \cdot \frac{2L}{v} = \alpha_0$.

Це означає коректність нашої оцінки.

Задача 5

Розв'яжемо цю задачу методом розмірностей. Нехай $v = k\rho^\alpha \rho^\beta$, де v — швидкість звуку в газі, k — безрозмірна стала, α, β — деякі невідомі показники степеня тиску і густини відповідно.

Отже:

$$\frac{M}{c} = \left(\frac{K\epsilon \cdot M}{c^2 \cdot M^2} \right)^\alpha \cdot \left(\frac{K\epsilon}{M^3} \right)^\beta = \frac{K\epsilon^{\alpha+\beta}}{c^{2\alpha} M^{\alpha+3\beta}}$$

Безрозмірна стала тут не відіграє ніякої ролі. Оскільки в ліву частину рівності (v) не входить маса, то:

$$\alpha + \beta = 0 \quad (1)$$

Аналогічно з "секундами" і "метрами":

$$2\alpha = 1 \quad (2)$$

$$\alpha + 3\beta = -1 \quad (3)$$

З (1), (2) і (3) випливає: $\alpha = 1/2$; $\beta = -1/2$.

Підставивши значення α і β в рівняння (3), переконуємось, що вони задовільняють систему:

$$v = k \sqrt{\frac{p}{\rho}}$$

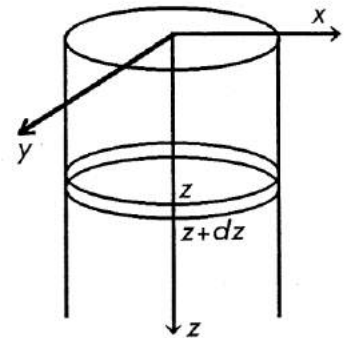
Тоді $v_1 = k\sqrt{p_1/\rho_1}$, $v_2 = k\sqrt{p_2/\rho_2}$ (тут k однаковий, оскільки це той самий газ)

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{p_1 \rho_2}{p_2 \rho_1}}$$

11 клас

Задача 1

Направимо вісь OZ вздовж осі труби в напрямку руху магніта. Розіб'ємо умовно трубу на кільця, що лежать в площині XOY. Тоді в кільці, координата якого z , а поперечний переріз hdz ,



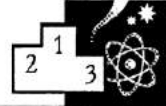
буде індукуватися полем магніту струм:

$$dI = jhdz = \frac{E(z, t)}{\rho \cdot 2\pi} hdz \quad (1)$$

де $E = E(z, t)$ — Е.Р.С. індукції. Для кільця з координатою z в момент часу t

$$\begin{aligned} E(z, t) &= \left| -\frac{d}{dt} \int B_z(x, y, z - z_0(t)) dS \right| = \left| \int \frac{dB_z}{dt} dS \right| = \\ &= \left| \int \frac{\partial B_z}{\partial z_0} \frac{\partial z_0}{\partial t} dS \right| = \left(\int \frac{\partial B_z(z - z_0)}{\partial(z - z_0)} dS \right) \cdot v(t) \quad , \end{aligned}$$

де $v = \partial z_0 / \partial t$ — швидкість магніта в момент часу t . (Достатньо, якщо записати: $E(z, t) = A(z - z_0) \cdot v(t)$). Тобто, зробити висновок,



що зміна магнітного потоку з часом пропорційна v — швидкості магніта).

На виникаючий в кільці струм (1) з боку магніта діє сила, складова якої вздовж осі OZ де α — кут між B і площиною XOY . Складові сили в напрямку осі труби, що діє на всі кільця, які знаходяться попереду магніта

$$F' = \int dF = \int_{z_0}^{\infty} \left(B(z - z_0) \cos \alpha \cdot 2\pi r \frac{E}{\rho \cdot 2\pi r} \cdot hdz \right) =$$

$$= \frac{h}{\rho} \int_{z_0}^{\infty} dz' B(z') \cdot \cos \alpha \cdot A(z') \cdot v \quad (2)$$

Враховуючи силу, що діє на кільця з протилежного боку магніта (вона така ж за величиною і напрямком як і F), маємо повну силу, що діє на кільця в напрямку паралельному осі труби:

$$F = 2F' = \theta \cdot v \quad (3)$$

Тут стала $\theta = \frac{2h}{\rho} \int_{z_0}^{\infty} dz \cdot B \cos \alpha \cdot A$. Рівняння руху магніта:

$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{\theta}{m} v \quad (4)$$

Покладемо $v_1 = g - \frac{\theta}{m} v$. Тоді для v_1 отримаємо:

$$\frac{dv_1}{dt} + \frac{\theta}{m} v_1 = 0 \quad (5)$$

Звідси:

$$v_1 = \exp\left(-\frac{\theta}{m} t\right), \quad v = c \exp\left(-\frac{\theta}{m} t\right) + \frac{mg}{\theta} \quad \text{при}$$

$$t = 0 \quad v = 0 \Rightarrow c = -\frac{mg}{\theta}, \quad \text{тоді}$$

$$v = \frac{mg}{\theta} \left[1 - \exp\left(-\frac{\theta}{m} t\right) \right] \quad (6)$$

Якщо $t \rightarrow \infty$, то $v = mg/\theta$ — стаціонарна швидкість магніта. Якщо $\rho \rightarrow 0$, θ — велике, то $v = mg/\theta$ вже через деякий обмежений проміжок часу. Якщо $\rho \rightarrow \infty$, то $\theta \rightarrow 0$ і $v = gt$.

Задача 2

(див. 10 кл. задача 1)

Задача 3

а) Без врахування віддачі розсіяння — це просто відбиття від дзеркала, що летить назустріч фотонам із швидкістю $v = c^2 p/E$. При такому відбитті у відповідності з явищем Доплера частота світла збільшується і дорівнює

$$v = v \frac{c+v}{c-v} = v \frac{E+cp}{E-cp} \quad (1)$$

Оскільки $E_{\Phi} = h\nu$, то

$$E'_{\Phi} = E_{\Phi} \frac{E+cp}{E-cp} \quad (2)$$

але $(E-cp)(E+cp) = m_0^2 c^4$ і тому

$$E'_{\Phi} = E_{\Phi} \left(\frac{E+cp}{m_0 c^2} \right)^2 \quad (3)$$

Для ультрарелятивістських електронів

$$c \cdot p \approx E \Rightarrow E'_{\Phi} \approx 4 \left(\frac{E}{m_0 c^2} \right)^2 E_{\Phi} \quad (4)$$

Мабуть, цей шлях мало хто вибере. Скорше всього цей розв'язок будуть отримувати, виходячи із загального розв'язку, який враховує енергію віддачі. Але тоді потрібно, щоб був правильно сформульований критерій, який дасть можливість знехтувати енергією віддачі і, отже, отримаємо вищенаведений вираз.

б) Можливі декілька варіантів. У лабораторній системі відліку закони збереження енергії та імпульсу

$$\begin{cases} E + E_{\Phi} = E' + E'_{\Phi} \\ p - \frac{E_{\Phi}}{c} = p' + \frac{E'_{\Phi}}{c} \end{cases} \quad (5)$$

Або

$$\begin{cases} E'^2 = (E + E_{\Phi} - E'_{\Phi})^2 \\ E'^2 = (cp - E_{\Phi} - E'_{\Phi})^2 + m_0^2 c^4 \end{cases}$$

(використано $E'^2 = m_0^2 c^4 + c^2 p'^2$). Віднімаючи одне від одного і використовуючи $E^2 = m_0^2 c^4 + c^2 p^2$ маємо

$$E'_{\Phi} = E_{\Phi} \frac{E+cp}{E+2E_{\Phi}-cp} =$$

$$= E_{\Phi} \frac{(E+cp)^2}{m_0^2 c^4 + 2E_{\Phi}(E+cp)} \quad (6)$$

У випадку ультрарелятивістських електронів $cp \approx E$ і

$$E'_{\Phi} \approx \frac{4E^2}{m_0^2 c^4 + 4EE_{\Phi}} \cdot E_{\Phi} \quad (7)$$

Це і є вираз, який враховує енергію віддачі електронів. Енергією віддачі електрона при розсіянні на ньому фотона можна нехтувати, якщо енергія налітаючого фотона в системі спокою електрона $E_{\Phi} \ll m_0 c^2$, енергії електрона в цій системі. Проте, щоб сформулювати цей критерій

так, щоб можна було звести вираз (7) до виразу (4), потрібно знати перетворення Лоренца для енергії. Це може бути під силу лише дуже підготовленим учням, які знайомі, наприклад із завданнями міжнародних фізичних олімпіад. В іншому випадку на цьому шляху виникне тупик. Отже, згідно перетворень Лоренца для енергії фотона в системі спокою електрона маємо

$$E_{0\phi} = \frac{E_{\phi} + vp_{\phi}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

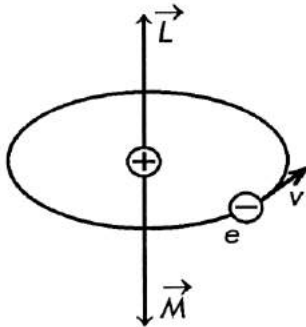
де $v = \frac{c^2 p}{E}$, $p_{\phi} = \frac{E_{\phi}}{c}$. Звідси

$$E_{0\phi} = \frac{E + cp}{m_0 c^2} E_{\phi} \quad (8)$$

Отже, $\frac{E + cp}{m_0 c^2} E_{\phi} \ll m_0 c^2$, або $2EE_{\phi} \ll m_0^2 c^4$.

Останній вираз і є умовою в лабораторній системі того, що енергією віддачі електрона можна нехтувати. Тоді з виразу (7) отримаємо вираз (4). Користуючись наведеними даними маємо $E'_{\phi} = 3.2 \text{ Гев}$, тобто енергія фотона зростає більше, ніж в мільярд разів.

Задача 4



$\Gamma = M/L$, $M = IS$ — магнітний момент електрона. $L = mvR$ — механічний момент електрона.

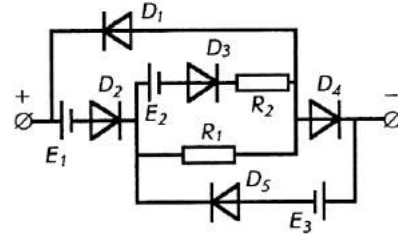
$I = \frac{dq}{dt} = -\frac{e}{T}$, T — період обертання електрона.

$$M = -\frac{e}{T} S = -\frac{e}{T} \pi r^2 = -\frac{1}{2} evR$$

$$\Gamma = -\frac{evR}{2mvR} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{e}{m}$$

Задача 5

1 варіант розв'язку (розв'язок журі)
Схема має такий вигляд:



Грунтуючись на цій схемі та її В.А. характеристиці визначаємо:

$$E_1 = U_0, E_2 = 2U_0, E_3 = 2U_0, E_4 = 3U_0,$$

$$R_1 = R_3 = ctg\alpha,$$

$$R_2 = R_4 = 1/(tg\beta - tg\alpha).$$

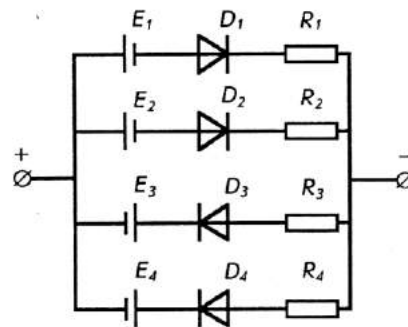
Вираз для цих опорів випливає з рівняння для опорів, з'єднаних паралельно. Нехай

$$R' = ctg\beta, \quad \frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2},$$

$$tg\beta = tg\alpha + 1/R_2 \Rightarrow R_2 = (1/tg\beta - tg\alpha).$$

2 варіант розв'язку (розв'язок О. Волкова, м. Львів, Львівський фізико-математичний ліцей)

Схема має такий вигляд:



Щоб узгодити усі вигини, ми визначимо усі Е.Р.С. та опори за В.А. характеристикою:

$$E_1 = U_0, E_2 = U_0, E_3 = 2U_0.$$

$$R_1 = ctg\alpha, R_2 = 1/(tg\beta - tg\alpha).$$

Цей опір визначається аналогічно до 1 варіанту розв'язку.

Матеріали підготував
Володимир Алексейчук



До Вашої уваги — рубрика "Конкурс журналу". Ми продовжуємо публікувати задачі з фізики і просимо надсилати нам розв'язки. Це буде наше заочне спілкування з Вами. Розглядатимемо всі Ваші міркування (розв'язки, написані від руки, на друкарській машинці чи комп'ютері). Переможців, активних учасників конкурсу чекають приємні несподіванки-призи: від передплати нашого журналу на рік, цінних подарунків до запрошення на вступ у Львівський фізико-математичний ліцей та фізичний факультет Львівського університету ім. І.Франка.

Шановні учні шкіл, ліцеїв, коледжів, ми чекаємо на відповіді за адресою: (0322) 290054, м.Львів, вул. Караджича, 29, редакція журналу "Світ фізики".

1. Кільцевий ланцюжок масою m надітий на горизонтальний диск радіуса R . Сила натягу надітого ланцюжка T . Знайдіть коефіцієнт тертя між диском і ланцюжком, якщо при обертанні диска з кутовою швидкістю, рівною або більшою ω , ланцюжок з неї спадає.

2. Циліндрична посудина радіуса R , заповнена рідиною густини ρ , обертається з кутовою швидкістю ω навколо своєї осі. В посудині знаходиться кулька радіуса r і густиною 2ρ . Знайдіть силу, з якою кулька діє на бокову стінку посудини.

3. В розрідженому газі з постійною швидкістю V рухається кулька радіуса r . Число молекул в одиниці об'єму газу n , маса молекули m , теплові швидкості молекул значно менші за швидкість кульки. Оцініть силу опору, яка діє на кульку.

4. Три однакові батареї, з'єднані паралельно, підключені до зовнішнього опору. Як зміниться струм через цей опір, якщо переключити полярність одної з цих батарей?

5. Плоску сторону плоско-випуклої лінзи, фокусна відстань якої f , посипали сріблом. Знайдіть фокусну відстань одержаного дзеркала.

КОНКУРС ЖУРНАЛУ

Вибрані задачі до статті "Відомий вам імпульс" Раїси Кузик

1. Автомат робить 600 пострілів за одну хвилину. Маса кожної кулі 4 г, початкова швидкість 500 м/с. Знайти середню силу віддачі при стрільбі.

2. Струмінь води перерізом $S = 6 \text{ см}^2$ вдаряє в стіну під кутом $\alpha = 60^\circ$ до нормалі і пружно відбивається від неї (без втрати швидкості). Знайти силу F , що діє на стінку, якщо відомо, що швидкість течії води $v = 12 \text{ м/с}$.

3. Шнур довжиною 20 м і масою 1 кг перекинуто через цвях, забитий у вертикальну стінку. В початковий момент шнур висить симетрично і нерухомо. Після незначного поштовху починає ковзати по цвяху без тертя. Яким буде імпульс шнура, коли він зісковзне з цвяха?

4. Ракета зависла над поверхнею Землі. Яку потужність розвиває двигун, якщо маса ракети m , а швидкість витікання газів з двигуна v ? Зміною маси ракети за рахунок витікання газів можна знехтувати.

5. З нерухомого ракетного катера масою M випустили одна за одною n ракет масою m кожна. Нехтуючи опором води, визначте, якої швидкості набуде катер, якщо швидкість ракет, випущених в горизонтальному напрямку відносно катера, рівна V .

Відповіді:

1. 20 Н 2. $F = 2\rho v^2 S \cos \alpha = 86,4 \text{ Н}$ 3. 10 кг м/с 4. $mgV/2$ 5. $v = mV \sum_{i=1}^n \frac{1}{M + im}$

ЯПОНІЯ ВІДКРИВАЄ НАМ ДВЕРІ

Після закінчення школи я поступив на фізичний факультет Львівського державного університету ім. Ів. Франка. Навчаючись на кафедрі загальної фізики, захопився дослідженням електретних властивостей кристалів.

Переглядаючи матеріали статей у бібліотеці, я натрапив на роботу професора Токійського університету Оди, в якій були викладені матеріали, близькі до моєї наукової роботи. Це нагадало мені моє ще дитяче захоплення ієрогліфами і японською мовою. Ієрогліфи здавались мені загадковими і якимось іншим світом. Я почав пробувати вивчати японську мову самостійно. На мою велику радість, при університеті відкрився факультатив вивчення японської мови — це було в той час, коли я навчався на п'ятому курсі. З того часу розпочалось моє систематичне і справжнє вивчення японської мови. Я проникся ще більшою цікавістю до такого далекого і незнайомого світу, до його культури, мови, наукових досягнень.

Якось моя вчителька, Олена Георгіївна Гошкокевич повідомила, що при японському посольстві відбудеться конкурс на отримання права продовжувати навчання в Японії. На той час я уже закінчив університет і працював на кафедрі загальної фізики, займаючись науковим дослідженням. Дуже хотілося спробувати свої сили в японській мові, і я вирішив подати документи на конкурс.

В посольстві мене повідомили, що для таких, як я, тобто тих, що уже мають вищу освіту, є спеціальний конкурс на отримання гранту Манбушо (урядова стипендія міністерства освіти Японії) для дворічного стажування в одному із Японських вузів за фахом.

В липні 1995 р. відбувся перший етап конкурсу. Це були тести. Можна було обрати мову складання тестів — англійську чи японську. Тут мені придалися знання з англійської мови, отримані в СШ №4 м. Львова, і я щиро вдячний моїм вчителям англійської мови, ентузіастам і прекрасним педагогам С. С. Вдовенку і В. А. Хлівному.

На конкурс прибуло біля п'ятдесяти осіб різного віку, різних спеціальностей і з різних міст України. Ті, з ким я встиг познайомитися, були математики, медики, філологи.

Перший етап був напружений, бо в швидкому темпі треба було дати відповіді на тестові запитання. Це був втомлюючий етап. Тим, хто буде допущений до другого етапу, повідомлять по телефону про його термін. Незабаром по телефону мене запросили на другий етап конкурсу. Виявилось, що допущено шість осіб. Мені запро-

понували написати письмові тести на японській мові. Було три варіанти — А, В, С, від найлегшого до складного. А також була співбесіда з представником з Японії, який з цією метою приїхав до Києва. Відповідаючи на його запитання, я намагався говорити японською мовою, а чого не міг висловити, користувався англійською.

Після цього етапу нам усім сказали, що про результати повідомлять пізно восени. Але повідомлення не було і я думав, що не пройшов. Раптом на початку березня дзвінок із японського посольства і ламаною українською дівочий голос повідомляє: "Ви — щасливчик і отримали грант Манбушо, вітаємо".

Я радів і хвилювався — це змінювало мої плани в Україні, бо я вже здав два іспити з кандидатського мінімуму і працював над дисертацією. Але бажання побачити нові незнані світи, вчитись і стажуватись у Токійському університеті перемогло.



クラス3 KOVALYUK, ROMAN OLEKSIYOVYCH
(コヴリユク ロマン オレクシヨヴィチ)
(ウクライナ)

І ось Японія... І перші труднощі. Як виявилось, Токійське метро — це ребус, який важко розгадати. З гуртожитку, в якому я мешкав, в університет треба спочатку їхати електричкою 20 хвилин, а потім метро 1 год. 40 хв., яке зовсім не відрізняється від електрички. А надписи усі ієрогліфами. Мої знання японської виявились недостатніми, бо мене розуміли, а я не зовсім. Перша самостійна дорога від гуртожитку до університету — це була моя маленька перемога. Так і розпочалось моє перебування і навчання в Японії.

Перші півроку нас, тих, хто прибули з різних країн (як правило, по одному з кожної країни), розподілили на групи навчання японської мови, згідно з проведеним тестуванням. Я потрапив у 3-й клас, були ще 4 і 5 рівні навчання. Японську тут вивчають японською мовою. Зі мною навчались чех, угорка, німець, і з країн сходу — китайці, філіпінець, тайтці. Ми вивчали усне мовлення і читання текстів на японській мові. Через півроку я успішно закінчив цей рівень навчання, і мені доручили подячну промову на випускному вечорі.

Як виявилось, в Токійському університеті проходить стажування ще один українець — Дмитро Ковальов із Києва. Він тут уже 5 років і пише докторську дисертацію, теж фізик. Кожного року з держав Європи приймають на стажування лише по одному студенту. Це можуть бути студенти різних спеціальностей і у різні вузи Японії.

Побут студентів в Японії надзвичайно цікавий. Сніданок в гуртожитку, приготовлений власноручно, обід в студентській їдальні і вечеря знову власного приготування. Є кімнати для прання і прасування речей, кухня. Кожен сам прибирає в своїй кімнаті. Як правило, суботу я присвячую господарським справам. У неділю роблю маленькі екскурсії по Токію. Це дуже велике і цікаве місто. Часто з друзями з лабораторії (усі японці) виїжджаємо на вихідні на природу. Ми були на знаменитій горі Фуджі-яма, відпочивали над озером, у лісі, грали в теніс, готували їжу.

Іноземними студентами опікується організація SIFA. Вони організують вечори, фестивалі, зустрічі. Забезпечують квитками на концерти (які є дорогими — біля 100 дол.), оплачують екскурсії за межі Токію. На фестивалі представники країн усього світу готують національні страви, оформляють кутки інформації про свої країни, демонструють національний одяг і беруть участь у спільному концерті.



Японські студенти біля кутка про Україну

Я теж активно брав участь у фестивалі. Мені хотілось якнайкраще представити мою рідну Україну, за якою, як виявилось, я так тужу. І тільки тут, так далеко від України, я зрозумів, що це не просто слова — любов до Батьківщини. Такі слова набувають змісту, коли ти далеко від рідного дому. Я готував на фестиваль деруни, український борщ і голубці. А також варив білий сир, якого зовсім не знають японці. Під гітару співав українські народні пісні, які їм дуже сподобались. Демонстрував вишиту мою бабусю сорочку, оформляв експозицію про Україну. Я намагався розповісти про Україну якнайкраще і показати, який наш народ працьовитий і талановитий. Показати красу нашої землі. На виставці були фотоматеріали про Україну, писанки, різьблені речі, вишиванки. Японці з цікавістю слухали про Україну, яку, як правило, знають лише за страшним словом — Чорнобиль.

Іноземні студенти в Японії, як і японські, мають можливість займатися спортом. Влітку на кортах, а взимку у спортзалі я граю в теніс. Також я обрав заняття айкідо і займаюсь три рази на тиждень. Ці заняття платні. При університеті є чудовий плавальний басейн. Тут прекрасні умови для навчання і відпочинку.



Показові виступи з айкідо

У другому півріччі нас ознайомили з умовами праці в лабораторіях, а також загалом з Японією. На другому році стажування в Токійському університеті я проходжу стажування у лабораторії під керівництвом професора Оди. Тут працюють і японські студенти, і ті, що вже закінчили університет. Загалом тут працює 15 чоловік. Я отримав завдання провести дослідження по поляризації ізоляції електричного кабелю.

Бажаю всім учням і студентам, які обрали фізику своєю життєвою дорогою, успіхів у навчанні і подоланні труднощів.

Роман Ковалюк із Токію



“НА МІСЯЦІ”

ПЕРШІ ВРАЖЕННЯ

К. Ціолковський

(Продовження)

Як я втомився — і не стільки фізично, скільки морально! Нестримно хилить до сну. Що ж покаже годинник?... Ми піднялися о шостій, тепер п'ята... Минуло одинадцять годин; проте, судячи з тіней, Сонце майже не зрушилось: он тінь від крутої гори трохи не доходила до дому, та й тепер стільки ж не доходить; он тінь від флюгера впирається в той самий камінь...

Це ще новий доказ того, що ми на Місяці...

Справді, обертання його навколо осі таке повільне... Тут день повинен тривати десь п'ятнадцять наших діб, або триста шістдесят годин, і стільки ж — ніч. Не зовсім зручно... Сонце заважає спати! Пам'ятаю: я те саме відчував, коли довелося прожити кілька літніх тижнів у полярних країнах: Сонце не сходило з небосхилу і страшенно набридало! Але є велика відмінність між тим і цим. Тут Сонце рухається повільно, а там воно — швидко і кожні двадцять чотири години описує невисоко над обрієм круг.

І там і тут можна вдатися до одного і того ж засобу: зачинити віконниці...

Та чи правдивий годинник? Чому така невідповідність між кишеньковим і настінним годинником з маятником? На першому — п'ята, а на настінному — лише десята... Який же правдивий? Чому це маятник хитається так ліниво?

Очевидно, цей годинник відстає!

Кишеньковий же годинник не може брехати, бо його коливання спричинює не сила тяжіння, а пружність сталеві пружинки, яка все та ж — як на Землі, так і на Місяці.

Можемо це перевірити, рахуючи пульс. У мене було сімдесят ударів за хвилину. Тепер сімдесят п'ять. Трохи більше, але це можна

пояснити нервовим збудженням, що залежить від незвичайних обставин і сильних вражень.

А втім, є ще одна можливість перевірити час: вночі ми побачимо Землю, яка робить оберт за двадцять чотири години. Це найкращий і безпомилковий годинник!

Незважаючи на дрімоту, що здолала нас обох, мій фізик не стерпів, щоб не поправити настінний годинник. Я бачу, як він знімає довгий маятник, точно вимірює його і вкорочує в шість разів чи близько того. Шановний годинник перетворюється в чикальник. Але тут він уже не чикальник, бо й короткий маятник поводить себе поважно, хоча й не так, як довгий. Внаслідок цієї метаморфози настінний годинник погодився з кишеньковим.

Нарешті ми лягаємо і накриваємося легкими коцями, які тут здаються повітряними.

Подушки і матраци майже не застосовуються. Тут можна б, здається, спати навіть на дошках.

Не можу позбутися думки, що лягати ще рано. О, це Сонце, цей час! Ви застигли, як і вся місячна природа!

Товариш мій перестав мені відповідати; заснув і я.

Веселе пробудження... Бадьорість і вовчий апетит. Досі хвилювання позбавляло нас звичайного потягу до їжі.

Пити хочеться! Відкриваю корок... Що це — вода закипає! В'яло, але кипить. Доторкаюся рукою до графина. Не попектися б... Ні, вода лише тепла. Неприємно таку пити!

— Мій фізику, що ти скажеш?

— Тут абсолютна порожнеча, тому вода й кипить, не стримувана тиском атмосфери. Хай ще покипить: не закривай корок! У порожнечі кипіння закінчується замерзанням... Та ми не доведемо її до за-

мерзання... Досить! Наливай воду в склянку, а корок заткни, інакше багато википить.

Повільно ллється рідина на Місяці!...

Вода в графині заспокоїлася, а в склянці продовжує кипіти — і чим довше, тим слабше.

Залишок води в склянці перетворився на лід, але й лід випаровується і зменшується в масі.

Як же ми тепер пообідаємо? Хліб та іншу більш-менш тверду їжу можна було їсти вільно, хоча вона швидко сохла в незакритому герметично ящику: хліб перетворився на камінь, фрукти зморщилися і також стали досить твердими. Втім, їхня шкірка все ще втримувала вологість.

— Ох, ця звичка їсти гаряче! Як з нею бути? Адже тут не можна запалити вогонь: ні дрова, ні вугілля, ні навіть сірники не горять!

— Чи не використати нам Сонце... Печуть же яйце в розжареному піску Сахари!

І горщики, і каструлі, й інші посудини ми переробили так, щоб покришки їхні щільно і міцно прикривалися. Усе було наповнене чим належить, за правилами кулінарного мистецтва, і виставлене на сонячне місце в одну купу. Потім ми зібрали всі дзеркала, що були в будинку, і поставили їх таким чином, щоб відбите від них сонячне світло падало на горщики і каструлі. Не минуло й години, як ми могли вже їсти добре зварені і засмажені страви.

Та що казати! Ви чули про Мушо?* Його вдосконалена сонячна страва була далеко позаду!... Хвальба, хвастощі? Як хочете... Можете пояснити ці самовпевнені слова нашим вовчим апетитом, за якого всяка гидота повинна була здаватися розкішшю.



Одне було погано: потрібно було поспішати. Сказати правду, ми не раз-таки давилися і захлиналися. Це стане зрозумілим, якщо я скажу, що суп кипів і охолоджувався не лише в тарілках, але навіть у наших горлах, стравоходах і шлунках; ледь зазівався — дивився, замість супу — шматок льоду...

Дивно, як це цілі наші шлунки! Тиск пари досить-таки їх роздував...

В усякому разі, ми були ситі і досить спокійні. Ми не розуміли, як ми живемо без повітря, яким чином ми самі, наш дім, подвір'я, сад і запаси їжі та пиття у льохах і коморах перенесені із Землі на Місяць. Ми навіть сумнівалися. І ми думали: чи не сон це, чи не мрія, чи не мана бісова? Та попри все ми звикли до свого становища і ставилися до нього частково з цікавістю, частково байдуже: незрозуміле нас не дивувало, а небезпека померти з голоду самотніми і нещасними нам навіть не спадала на гадку.

Чим пояснюється такий неможливий оптимізм, про це ви дізнаєтесь із роз'язки наших пригод.

Погуляти б після їди... Спати ба-

гато я не наважуюсь: боюся удару. Тягну й приятеля.

Ми на просторому подвір'ї, у центрі якого здійсмається гімнастика, а по краях — паркан і служби.

На подвір'ї ґрунт звичайний, земний, м'який. Для чого тут цей камінь? До нього можна вдаритися. Геть його, через паркан! Берися сміло! Не лякайся величини! І ось камінь пудів у шістдесят спільними зусиллями піднятий і перекинений через паркан. Ми чули, як він глухо вдарився в камінний ґрунт Місяця. Звук дійшов до нас не повітряним шляхом, а підземним: удар струснув ґрунт, потім наше тіло і вушні кістки. Таким шляхом ми нерідко могли чути зроблені нами удари.

— Чи не так ми й один одного чуємо?

— Навряд чи! Звук не лунав би, як у повітрі.

Легкість рухів збуджує сильне бажання полазити і пострибати.

Солодкий час дитинства! Я пам'ятаю, як вилазив на дахи і дерева, уподібнюючись котам і птахам. Це було приємно...

А змагальні стрибки через шну-

рочок і рови! А біг на приз! Цьому я віддавався пристрасно...

Чи не згадати давнє? У мене було мало сили, особливо в руках. Стрибав і бігав я добре, але по канату і жердині лазив погано.

Я мріяв про велику фізичну силу: я відплатив би ворогам і нагородив би друзів!... Дитя і дикун — одне й те ж. Тепер для мене смішні ці мрії про сильні м'язи... А проте бажання мої, жагучі в дитинстві, тут здійснюються: сили мої завдяки мізерному місячному тяжінню ніби зросли в шість разів.

Крім того, мені не треба тепер долати вагу власного тіла, що ще збільшує ефекти сили. Що для мене тут паркан? Не більш ніж поріг чи табуретка, через яку я на Землі можу переступити. І ось, ніби для перевірки цієї думки, ми здійснюємося і без розбігу перелітаємо через огорожу. Ось сплигуємо і навіть перестрибуємо через сарай, але для цього доводиться розбігатися. А як приємно бігти: ніг не чуєш під собою. Ну ж бо... хто кого? У галоп!...

При кожному ударі п'ятки об ґрунт ми пролітали сажні, особливо



"Споглядання", комп'ютерна графіка Володимира Гавла



в горизонтальному напрямі. Стій! За хвилину — усе подвір'я: 500 сажнів** — швидкість скакуна... Ваші "гігантські кроки" не дають можливості робити такі стрибки! Ми робили вимірювання: при галопі, досить легкому, над ґрунтом піднімалися аршинів на чотири; у повздовжньому ж напрямі пролітали сажнів п'ять і більше, залежно від швидкості бігу.

— До гімнастики!...

Ледь напружуючи м'язи, навіть, для сміху, за допомогою однієї лівої руки ми піднялися по канату на її площадку.

Лячно: чотири сажні до ґрунту!... Усе здається, що знаходишся на поверхні Землі!... Паморочиться голова...

Із завмираючим серцем я перший зважуюся кинутися вниз. Лечу... Ой! Забив злегка п'яти!

Мені б попередити про це приятеля, але я його підступно підмовляю зіскочити. Піднявши голову, я кричу йому :

— Стрибай, нічого — не вдаришся!

— Даремно вмовляєш: я чудово знаю, що стрибок звідси дорівнює стрибку на Землі з двохаршинної висоти. Зрозуміло, вдарить по п'ятах!

Летить і мій приятель. Повільний політ... особливо спочатку. Усього він тривав секунд п'ять.

У такий проміжок багато про що можна подумати.

— Ну що, фізику?

— Серце б'ється — більш нічого.

— У сад!... По деревах лазити, по алеях бігати!...

— Чому ж це там не висохло листя?

Свіжа зелень... Захист від Сонця... Високі липи і берези! Як білки, ми стрибали і лазили по нетовстих гілках, і вони не ламалися. Ще б — адже ми тут не важчі від товстих індичок!...

Ми ковзали над кущами і між деревами, і рух наш нагадував політ. О, це було весело! Як легко тут зберігати рівновагу! Гойднувся на сучку, готовий упасти, але схильність до падіння така слабка, і саме відхилення від рівноваги таке повільне, що найменшого руху рукою чи ногою досить, щоб її відновити.

На простір!... Величезне подвір'я і сад видаються кліткою... Спочатку біжимо рівною місцевістю. Зустрічаються неглибокі рови, сажнів до десяти завширки. З розбігу ми перелітаємо їх, як птахи. Але ось почався підйом: спочатку слабкий, а потім усе крутіший і крутіший. Яка крутизна! Боюся задишки.

Даремний страх: піднімаємося вільно, великими і швидкими кроками по схилу. Гора висока... і легкий Місяць стомлює. Сідаємо. Чого це тут так м'якко? Чи не розм'якло каміння?

Беру великий камінь і вдаряю об другий: сипляться іскри.

Відпочили. Назад...

— Скільки до дому?

— Тепер небагато, сажнів двісті...
— Кинеш на цю відстань камінь?

— Не знаю, спробую!

Ми взяли по невеликому каменю... Хто кине далі?

Мій камінь перелетів через житло. І чудово. Слідкуючи за його польотом, я дуже побоювався, що він розіб'є скло.

— А твій?... Твій ще далі!

Цікава тут стрільба: кулі і ядра повинні пролітати в горизонтальному і вертикальному напрямі сотні верст.

— Але чи буде тут працювати порох?

— Вибухові речовини в порожнечі повинні виявляти себе навіть з більшою силою, ніж у повітрі, бо останнє тільки перешкоджає їх розширенню; що ж до кисню, то в ньому нема потреби, тому що вся необхідна його кількість закладена в них самих.

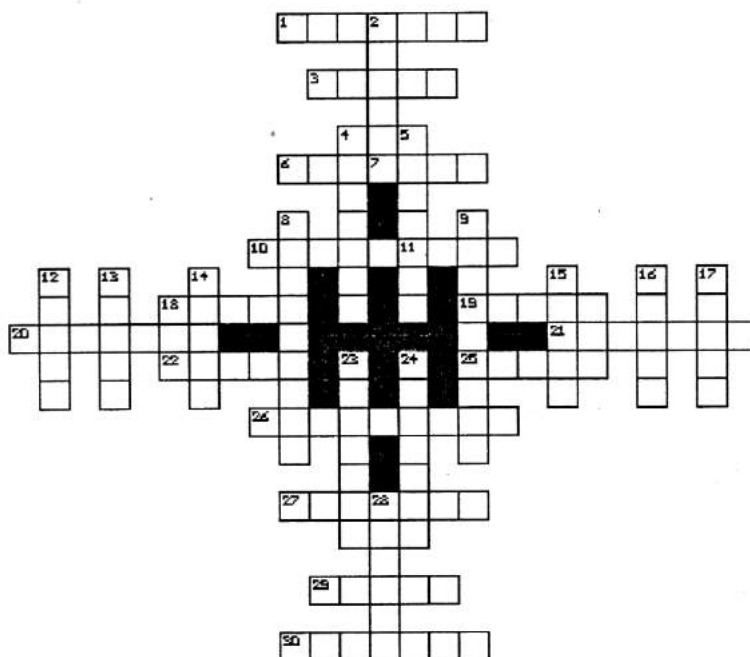
(Літературний переклад
Любові Дружбляк)

* Автор науково-фантастичних оповідань з астрономії, який писав у 90-роках минулого століття.

** Сажень — російська міра довжини, що дорівнює 3 аршини, або 2,134 метра, яка вживалася до введення метричної системи.

Астрономи-аматори із США Елен Гейл і Томас Бопп в ніч з 22 на 23 липня 1995 р. відкрили одну з найбільших комет, що коли-небудь наближалися до Сонця. Комета пройшла перигелій 1 квітня 1997 року на відстані 137 млн. км від Сонця. Останній раз до Сонця вона наближалась 4200 років тому. За останніми оцінками, ядро комети є крижаною брилою діаметром приблизно 45 км, що на порядок більше від ядра знаменитої комети Галлея. Вона була найяскравішим об'єктом на нічному безмісячному небі. Комету спостерігали і ще спостерігають на багатьох обсерваторіях світу, а також з космічного телескопа ім. Хаббла. Вона стала найбільш активно спостережуваною кометою, сотні зображень її отримують щодня. Дані про неї ще обробляються і осмислюються. Що можна сказати про неї вже сьогодні? Про це Ви дізнаєтесь із статті Богдана Новосядлого "Комета Гейла-Боппа віддаляється від Сонця, щоб повернутися до нього знову через 2380 років", яка буде опублікована в наступному номері нашого журналу.

Кросворд "Фізики"



Цей кросворд треба заповнити прізвищами фізиків,
яких стосуються відповідні твердження

По горизонталі:

1. Винайшов маятниковий годинник. 3. Побудував кількісну теорію β -розпаду. 6. Відкрив ядерний магнітний резонанс. 7. Запропонував емпіричний спосіб визначення розміщення рівнів в мультиплетах. 10. Запропонував планетарну модель атома. 18. Побудував теорію дірок. 19. Ввів магнітне квантове число. 20. Ввів поняття спіна електрона. 21. Винайшов метод вимірювання електричного опору. 22. Винайшов прилад для визначення частоти звуку. 25. Відкрив антиферромагнетизм. 26. Був керівником проектування і спорудження першої в світі АЕС. 27. Розробив теорію дифракції. 29. Використавши ефект Джоуля -Томсона, побудував машину для зрідження газів. 30. Відкрив циклотронний резонанс.

По вертикалі:

2. Разом із Штерном експериментально довів існування магнітного моменту атома. 4. Створив перший циклотрон. 5. Вивів умови інтерференційного відбивання рентгенівських променів від кристалів. 8. Відкрив радіоактивність. 9. Розробив хвильову механіку. 11. Узагальнив хвильове рівняння квантової механіки на випадок магнітного поля. 12. Видатний український фізик, який вніс великий вклад у вивчення X-променів. 13. Відкрив явище самоіндукції. 14. Швейцарський фізик, дослідник. 15. Висловив гіпотезу про існування нейтрино. 16. Винайшов високочастотний трансформатор. 17. Розробив теорію руху в'язкої рідини. 23. Основоположник гідростатики. 24. Його ім'ям названо X-промені. 28. Сформулював третє начало термодинаміки.

(Кросворд склав Тарас Пацаган)

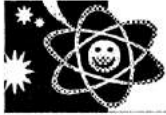
Відповіді на кросворд, вміщений у №1.

По горизонталі:

6. Ентальпія. 9. Крамерс. 10. Баріони. 11. Мазер. 16. Неодим. 17. Дисторсія. 18. Період. 21. Нейтрон. 22. Кристал. 28. Тритій. 29. Форвакуум. 30. Ніколь. 31. Фреон. 33. Ізохора. 34. Паладій. 35. Розсіяння.

По вертикалі:

1. Атом. 2. Плазмон. 3. Опір. 4. Маятник. 5. Теплоота. 7. Промінь. 8. Порядок. 12. Дисперсія. 13. Циклотрон. 14. Гіперзвук. 15. Рефракція. 19. Ротор. 20. Тесла. 23. Ротатор. 24. Криптон. 25. Дросель. 26. Альbedo. 27. Матерія. 31. Фаза. 32. Нано.



Як народжується винахід

Айнштайна одного разу запитали, як, на його думку, з'являються винаходи, що перетворюють світ.

— Дуже просто, — відповів він. — Всі знають, що зробити це неможливо. Серед них трапляється один дивак, котрий цього не знає. Він і робить винахід.

Інтерв'ю з ученим

Якось кореспонденти запитали Айнштайна:

— У чому полягає закон відносності? Мабуть, ви його вигадали? Ану розкажіть! Це повинно бути дуже цікаво...

Учений пояснив:

— Коли ви тримаєте гарну дівчину на своїх колінах цілу годину, то вам здається, що це тільки одна хвилинка. Коли ж ви посидите на гарячій печі одну хвилину, то вам це буде видаватися цілою годиною. Це і є відносність.

— Дивіться, як усе просто! — здивувалися кореспонденти. — А казали, що це дуже складна річ.

Не вивчав арифметики

Якось у Берліні, увійшовши в трамвай, Айнштайн за звичкою заглибився у книжку. Далі, не дивлячись на кондуктора, витяг з кишені заздалегідь відраховані на квиток гроші.

— Тут не вистачає, — мовив кондуктор.

— Не може бути, — відповів учений, не підводячи від книжки очей.

— А я вам кажу — не вистачає.

Айнштайн ще раз хитнув головою, що, мовляв, такого не може бути. Кондуктор обурився:

— Тоді рахуйте, ось — п'ятнадцять пфенігів. Отже, не вистачає ще п'ять.

Айнштайн помацав рукою в кишені і справді знайшов потрібну монету. Йому стало незручно за себе, але кондуктор, посміхаючись, сказав:

— Нічого, дідусю, просто треба вивчити арифметику.

Час і вічність

Американська журналістка місіс Томпсон брала інтерв'ю в Айнштайна:

— Яка, на вашу думку, різниця між часом і вічністю? — запитала вона.

— Дитино, — добродушно відповів Айнштайн, — якби в мене був час, щоб пояснити вам цю різницю, то минула б вічність, перш ніж ви б її зрозуміли.

Замість виступу — соната

В житті великого фізика Альберта Айнштайна музика займала велике місце. Він добре грав на скрипці, його улюбленими композиторами були Бах і Моцарт.

Одного разу Айнштайна після лекції вітали

члени празького наукового товариства. Відповідаючи їм, Айнштайн сказав: "Буде, мабуть, приємніше і зрозуміліше, якщо я замість виступу зіграю вам на скрипці". І він зіграв сонату Моцарта.

Айнштайн і арифметика

В одному домі зустрілися Альберт Айнштайн і Ганс Айслер. Знаючи, що Айнштайн грає на скрипці, господарка запросила його заграти щонебудь в ансамблі з Айслером. Айслер сів за рояль, Айнштайн почав лагодити скрипку. Декілька разів композитор робив вступ, та Айнштайн ніяк не міг потрапити в такт. Усі спроби почати разом були марні. Залишаючи рояль, Айслер жартома зауважив:

— Не розумію, як це весь світ може вважати за велику людину того, хто не вміє рахувати до трьох.

До теорії відносності

Одного разу Альберт Айнштайн виступив як скрипач у благодійному концерті. В залі сидів молодий журналіст, який мав написати звіт про концерт. Він звернувся до однієї глядачки:

— Хто цей Айнштайн, що виступає сьогодні?

— Боже мій, хіба ви не знаєте? Та це ж великий Айнштайн!

— Ну, звичайно, — і він почав щось писати. Наступного дня в газеті появилася звіт про виступ Айнштайна — великого музиканта, незрівнянного скрипача-віртуоза. Рецензія розсмішила всіх і особливо самого Айнштайна. Він вирівав замітку, постійно носив її з собою і, показуючи її знайомим, говорив:

— Ви думаєте, що я вчений? Ні, я знаменитий скрипач, ось хто я насправді!

Власне, халатність журналіста вже й не така серйозна, якщо врахувати, що відомий віолончеліст Пятигорський, почувши музику Айнштайна, сказав:

— Відносно добре.



Альберт
Айнштайн
(1879-
1955)



Зустріч через 20 років



Випускники фізичного факультету ЛДУ ім.І.Франка не забувають свій alma mater і дружбу студентських років. Ось і цього року, 17 травня, корпус фізичного факультету, що по вул. Драгоманова, 50, наповнився радісним гомоном випускників 1977р. З'їхались із восьми областей України, відклавши справи, аби відзначити зустріч у зв'язку з 20-річчям закінчення навчання в університеті. Зібралось біля 80-ти учасників, що майже половина випуску. За двадцять років колишні молоді спеціалісти стали фахівцями в різних галузях народного господарства та освітніх закладах України і сьогодишнього зарубіжжя. Зокрема, кожний четвертий працює вчителем у школі. Багато працюють директорами загальноосвітніх шкіл, ліцеїв. Значна частина присвятила себе науковій роботі (захищено 21 кандидатську і 1 докторську дисертації). Перед урочистою аудиторією зі спогадами та словами подяки викладачам за кваліфіковану ґрунтовну підготовку виступили і розповіли про свою трудову діяльність О.Футей (викладач фізичного факультету ЛДУ), О.Гальчинський (заст. директора ЛФМА), Б.Дудзяний (голова ОА "Львівмолокопром"), О.Рудник (директор ліцею, м.Бучач, Тернопільщина), С.Возняк (підполковник МВС України), О.Прокопшин (директор школи №77), В.Шевчук (канд. фіз.-мат. наук, ЛДУ) та інші. З великою увагою і теплотою сприйняли виступи декана фізичного факультету проф. Й.Стахіри, а також проф. А.Крочука, проф. Р.Луціва, доц. О.Логвиненка, доц. І.Савицького.

Домінантою усього вечора були квіти, святковий настрій, незабутні спогади і бажання й надалі підтримувати міцні зв'язки з Франковим вузом. Висловлюємо найкращі побажання всім випускникам-77, хто з різних причин не зміг взяти участь у дружній зустрічі.

ЛФМА: випуск-97

Максим Морус поступив до ліцею як переможець обласної олімпіади з фізики, вихованець Львівської СШ N 64. За час навчання виборов більше 20 дипломів різного ступеня на змаганнях у Києві, Одесі, Херсоні, Кіровограді, Ужгороді. Серед цих дипломів є диплом 3 ступеня Соросівської олімпіади з хімії 1995 р. та диплом 1 ступеня Соросівської олімпіади з фізики 1997 р., диплом 2-го ступеня 1996 та 3-го ступеня 1997 р. Всеукраїнської олімпіади з фізики.

Максим Морус



Уже у 9 класі Богдан Лозинський — переможець заочної телевізійної олімпіади, у 10-му класі зайняв 2 місце на обласній та 3 місце на Всеукраїнській олімпіадах з фізики. І нарешті, найвище досягнення — диплом 1 ступеня на цьогорічній Всеукраїнській олімпіаді з фізики. Жадана мрія — брати участь у Міжнародній олімпіаді — близька до реальності.

Богдан Лозинський

Максим Морус і Богдан Лозинський були учасниками команди ЛФМА на V Всеукраїнському турнірі юних фізиків. На міжнародному турнірі юних фізиків у Празі (Чехія) команда завоювала третє місце (Максим Морус — капітан).



ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО

Львівський

№1

Перший

Завжди
екологічно чисті
з чудовим смаком
високоякісні
хлібобулочні
вироби

Україна, 290022,
м. Львів,
вул. Городоцька, 168,
тел./факс: (0322) 62-17-36