

С В І Т

Ф І З И К И

№4
2011

науково-популярний журнал



*Хто думає про науку,
той любить її,
а хто її любить, той ніколи
не перестане вчитися,
хоча б зовні він
і здавався бездіяльним.*

Григорій Сковорода

ТЮФ – 20 років





ВСЕУКРАЇНСЬКОМУ ТУРНІРУ ЮНИХ ФІЗИКІВ

*ТЮФ – це школа
наукового мислення*

20 РОКІВ



Всеукраїнський турнір юних фізиків (ВТЮФ) було засновано в м. Одесі 20 років тому за ініціативи фізиків В. Колебошина, В. Манакіна та інших, як інтелектуальні змагання для обдарованих школярів. Згодом до них долучилися однодумці з різних регіонів України. Було сформовано Всеукраїнське журі, куди ввійшли відомі науковці, викладачі університетів, учителі шкіл. У різних регіонах України щорічно відбуваються регіональні турніри юних фізиків, де формують команди з обдарованих школярів.

Організатори ВТЮФ активно долучилися до Міжнародного турніру юних фізиків. Щорічно українська команда бере участь у міжнародних змаганнях, задачі, створені українськими фізиками, часто входять до міжнародних завдань.

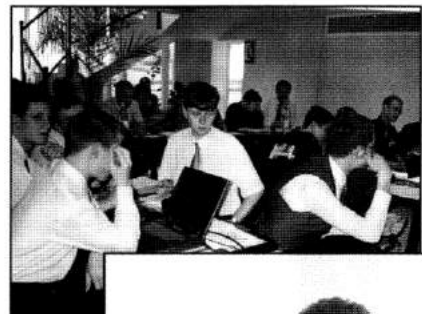
В Одесі 2002 року успішно відбувся Міжнародний ТЮФ.

ТЮФ – це школа інтелектуального розвитку дітей.

Упродовж змагань школярі навчаються виступати з доповідями, проводити наукові дискусії, опонувати, рецензувати розв'язки фізичних задач, проводити експерименти та ілюстрації фізичних явищ. Такі турніри мають велике значення й для обрання майбутньої професії школярами.

Журнал "Світ фізики" активно долучився до популяризації цього інтелектуального змагання школярів в Україні. На сторінках журналу було опубліковано чимало матеріалів про турніри.

До проведення Міжнародного ТЮФ за підтримки СП "Євро-світ" було надруковано спеціальний випуск журналу "Світ фізики" англійською мовою, де учасники та гості з усього світу мали змогу ознайомитися з видатними українськими фізиками, їхніми науковими досягненнями, з найбільшими університетами України, науковими товариствами (НТШ, НАНУ, УФТ) тощо. Неодноразово учасники турніру отримували в подарунок журнал "Світ фізики".



*Редколегія журналу "Світ фізики" вітає засновників
Турніру юних фізиків, організаторів, членів журі та учасників
з 20-річчям.*

*Бажаємо усім доброго здоров'я, цікавих фізичних задач,
неординарних розв'язків, задоволення від участі у турнірах.
Українським школярам бажаємо ще більше полюбити фізику,
обрати в майбутньому її своїм фахом, отримати великі здобутки
в навчанні та праці на благо України.*

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

Виходить 4 рази на рік

Засновники:

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

Головний редактор

Іван Вакарчук

заступники гол. редактора:

Олександр Гальчинський

Галина Шопа

Редакційна колегія:

Ігор Анісімов

Михайло Бродин

Петро Голод

Семен Гончаренко

Ярослав Довгий

Іван Климишин

Юрій Ключковський

Богдан Лукіянець

Олег Орлянський

Максим Стріха

Юрій Ранюк

Ярослав Яцків

Художник **Володимир Гавло**

Літературний редактор

Мирослава Прихода

Комп'ютерне макетування та друк

СП "Євросвіт"

Адреса редакції:

Редакція журналу "Світ фізики"

вул. Саксаганського, 1,

м. Львів 79005, Україна

тел. у Львові 380 (0322) 39 46 73

у Києві 380 (044) 416 60 68

phworld@franko.lviv.ua

www.franko.lviv.ua/publish/phworld

Науково-популярний журнал "Світ фізики" виходить в Україні від 1997 року. До складу редколегії входять відомі фахівці з фізики. Дописувачами видання є учені з різних країн, викладачі університетів, науковці, студенти та школярі.

За п'ятнадцять років журнал став авторитетним, популярним виданням, на сторінках якого аналізують актуальні проблеми з фізики, інформують читачів про найвідоміші досягнення учених, їхні біографії, публікують умови задач та їхні розв'язки олімпіад і турнірів різного рівня, про університети світу тощо.

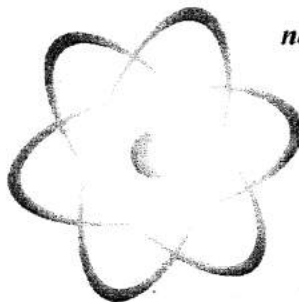
Від 2011 року до комплекту журналу входить вкладка зі портретами видатних учених світу. Читачі можуть ними укомплектувати фізичні кабінети, стенди чи зібрати для себе колекцію портретів. Для тих читачів, хто передплачує журнал "Світ фізики", вкладка додається до журналу безкоштовно.

Хто бажає укомплектувати свою бібліотечку попередніми числами журналу, або не встиг передплатити видання на 2012 рік, чи придбати окремо портрети, просимо звертатись до редакції.

Додатково видається серія книжок "Бібліотека "Світ фізики" про різні фізичні явища та біографії відомих фізиків.

**Редколегія журналу
"Світ фізики"**

*Не забудьте
передплатити журнал
"Світ фізики"*



**Передплатний індекс
22577**

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

© СП "Євросвіт"

ЗМІСТ

1. Нові та маловідомі явища фізики

Локтєв Вадим. Теорія як основа інтерпретації експериментальних результатів у галузі фізики

3

2. Фізика України

Григорчук Микола. Життя, присвячене науці

14

3. Університети світу

Ювілейна промова ректора Львівського національного університету імені Івана Франка, професора Івана Вакарчука у Львівському національному академічному театрі опери та балету імені Соломії Крушельницької на Урочистій Академії з нагоди 350-річчя Університету

18

4. Олімпіади, турніри...

Розв'язки задач IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (2011 р., 11 кл.)

24

Задачі XX Всеукраїнського турніру юних фізиків (2011/2012 навчального року)

34

Задачі XVI Відкритого Луганського турніру юних фізиків (юніорська ліга)

36

5. Нобелівські лавреати

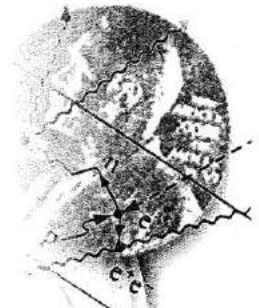
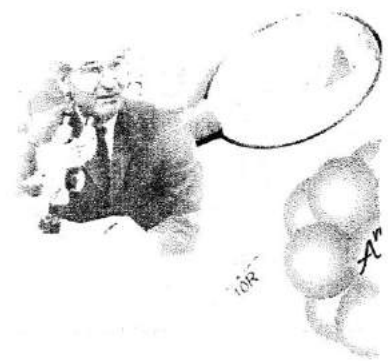
Шопа Галина. Пришвидшення розширення Всесвіту

41

6. Інформація

Про книжку Олександра Вайсберга "Холодна гора"

45





Теорія як основа інтерпретації експериментальних результатів у галузі фізики

В. М. Локтєв,
академік НАН України

Часопис “Світ фізики” (див. № 2 за 2008) уже знайомив своїх читачів з основними особливостями завдань і методів теоретичної фізики, та це були загальні міркування. Проте конкретика теж вкрай важлива, тому, гадаю, має сенс ще раз повернутися до піднятих питань, щоб розібрати, як працює теорія стосовно тих чи інших здійснених вимірювань, які потребують свого несуперечливого трактування. Нагадаю, що будь-яке наукове дослідження (про яку б науку не йшлося) пов’язане з поясненням отриманих даних, або їх, як кажуть, інтерпретацією. Останню часто називають встановленням фізичного змісту результатів, що означає знаходження “розуміння” тих явищ, які, власне, і досліджуються. Зрозуміло, що інтерпретація відображає рівень розвитку певної науки на певний момент часу, тому, не будучи абсолютною, вона не може не змінюватись з його плином.

Так, всі ми добре знаємо, що до М. Коперника спостереження руху небесних тіл трактували, виходячи з того, що Земля є центром Всесвіту, а Сонце, Місяць, інші зорі обертаються довкола неї.

Геоцентрична світобудова, яку грецький мислитель К. Птолемеєм запропонував у II сторіччі н. е., панувала в науці та свідомості людей понад 14 століть. До того ж, на підставі цієї концепції, що пояснювала рух планет і зір комбінацією декількох колових зміщень спеціальними циклами і епіциклами, астрономи впродовж довгого часу досить точно пе-

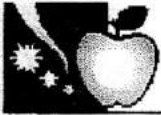
редбачали затемнення Сонця і Місяця, а мореплавці визначали курси кораблів. Тривале життя Птолемеєвої системи не можна списати лише на мракобісся церкви, яка непорушно притримувалася цих поглядів, а й тим, що вони справді задовольняли багато практичних потреб.

М. Коперник завдяки багаторічним (1512–1542) точних вимірів руху планет знайшов певні протиріччя у Птолемеєвому підході та обґрунтував геліоцентричну будову Сонячної системи, пояснивши багато закономірностей без використання додаткових епіциклів. Проте праці польського астронома за Декретом інквізиції від 1516 року були заборонені аж до 1822 року.

Інший, теж відомий, приклад стосується переходу тепла від нагрітого тіла до холодного, який приблизно два сторіччя тому розглядали як перетікання особливої рідини – теплецю (деколи – флогістону).

На підставі цих уявлень Н. Карно 1824 року розробив теорію теплових машин, що мала величезне практичне значення завдяки широкому розповсюдженню теплових двигунів різного призначення. Її успіхами можна пояснити деяку затримку розвитку прогресивніших молекулярних поглядів на теплопередачу, які ще 1750 року висловили М. Ломоносов, а за ним – Д. Бернуллі, Л. Ейлер та інші.

Уявлення ж про теплоту як одну з форм існування енергії остаточно закріпилося лише в середині XIX-го сторіччя, коли було від-



крито та усвідомлено закон збереження енергії.

Отже, ці історичні приклади красномовно свідчать, що інтерпретація фізичних явищ справді залежить від рівня теоретичних уявлень. Особливо зросла роль теорії в останні десятиріччя, коли багато явищ, які вивчають на сучасних експериментальних установках, не піддаються безпосередньому сприйняттю. Це стосується молекулярних, атомних, ядерних, суб'ядерних тощо процесів, коли про ті чи інші властивості об'єктів доводиться судити за опосередкованими вимірюваннями. Звичайно, техніка удосконалюється, її можливості постійно зростають, та це аж ніяк не зменшує важливості поглиблення й уточнення теоретичних поглядів, а також методів опрацювання експериментальних результатів, коли, наприклад, дані щодо розмірів, властивостей або взаємодії елементарних (й не тільки) частинок можуть бути отримані лише після теоретичного осмислення і розгляду їхніх взаємних перетворень під дією зіткнень або впливу інших полів. Тобто фактично теоретики мають справу з непрямими даними, маючи робити лише, якщо хочете, прямі твердження щодо досліджуваних явищ.

Нині відомо, що діаметр атомних ядер становить 10^{-13} см, але цього замало; з'ясувалось, що форма переважної більшості з них не сферична, а еліпсоподібна, що вони можуть обертатися і змінювати не лише стан, а й форму, що без теоретичного аналізу отримати було майже неймовірно. А про дослідження структури самих елементарних частинок годі й казати...

Важливо, що розвиток теорії неможливий без залучення математичного апарату, який, образно кажучи, грає в ній роль, подібну до вимірювальної апаратури в експерименті. Що остання досконаліша, то глибші вимірювання можна провести. Так само і в теорії: що тонші

математичні методи застосовуються, то далі можна просунутись у вивченні тієї чи іншої проблеми і точніші запитання поставити для подальшого експериментального дослідження. Проте треба мати на увазі, що сам по собі математичний апарат не в змозі запропонувати фізичну інтерпретацію, оскільки – і це фізики знають – математика як допоміжний засіб не вказує прямий шлях до розуміння, як саме і чому що-небудь відбувається. Скажу більше: математична фізика і теоретична фізика – дві різні науки. Загальновідомий приклад – квантова механіка, математичний апарат якої був створений та існував задовго до її появи та встановлення її фізичного змісту.

Водночас, адекватне розуміння фізичного явища деколи пов'язують з його безпосереднім математичним описом, ототожнюють з ним. Та треба пам'ятати, що математичні методи, що обираються для розрахунків, визначаються тим же розумінням проблеми, і, як підкреслював видатний теоретик В. Гайзенберг, коректна концепція є необхідною передумовою вибору математичних засобів для побудови теорії.

Під час математичного опрацювання фізичного явища кінцеві формули отримуються шляхом низки проміжних етапів, які, як зазначалося, мають допоміжне значення. Такі етапи можуть суттєво розрізнятися під час застосування різних методів. Тому спроби надати проміжним результатам фізичного змісту мало виправдані і можуть призводити до помилкових висновків.

Далі розглянемо приклади, коли надання фізичного змісту проміжним обчисленням може призвести до неправильного розуміння мікроскопічних явищ, що об'єктивно відбуваються в природі, припускаючи, що читачі знайомі з найпростішими засадами квантової теорії.



Теорія резонансу в квантовій хімії

У середині минулого сторіччя досить довго дискутувалося питання про так звану теорію резонансу, ідея про яку належить американському хіміку Л. Поллінгу, що вивчав структуру молекул зі спряженими зв'язками. За цією теорією будова і властивості таких молекул визначаються резонансом декількох структур, які формально дозволяються правилами простих валентностей. Зокрема, для молекули бензолу C_6H_6 , що утворена з шести чотиривалентних атомів вуглецю і шести одновалентних атомів водню можна побудувати дві структури Кекуле і три – Дюара (мал. 1, а і 1, б, відповідно), для яких важливо лише задовольнити хімічним валентностям, які на малюнках позначено рисками. Насправді ж, жодна зі структур не відображає справжньої електронний стан молекули. Щоб переконатися у цьому, розглянемо його на підставі квантово-механічного підходу. Звернемося спочатку до структур Кекуле; тоді за принципом суперпозиції одну з нормованих на одиницю хвильових функцій цієї структури можна записати у спосіб:

$$\Psi_K^{(-)} = \frac{1}{\sqrt{2}}(\psi_1 - \psi_2), \quad (1)$$

де функції ψ_1 і ψ_2 – стани кожної із зображених на мал. 1, а вихідних структур, а знак $(-)$ показує парність функції відносно їхньої перестановки.

Якщо кожній з них відповідає енергія E_0 , то енергія $E_K^{(-)}$ реальної молекули, що має в основі структури Кекуле, визначатиметься середнім

$$E_K^{(-)} = \langle \Psi_K^{(-)} | \hat{H}_{C_6H_6} | \Psi_K^{(-)} \rangle, \quad (2)$$

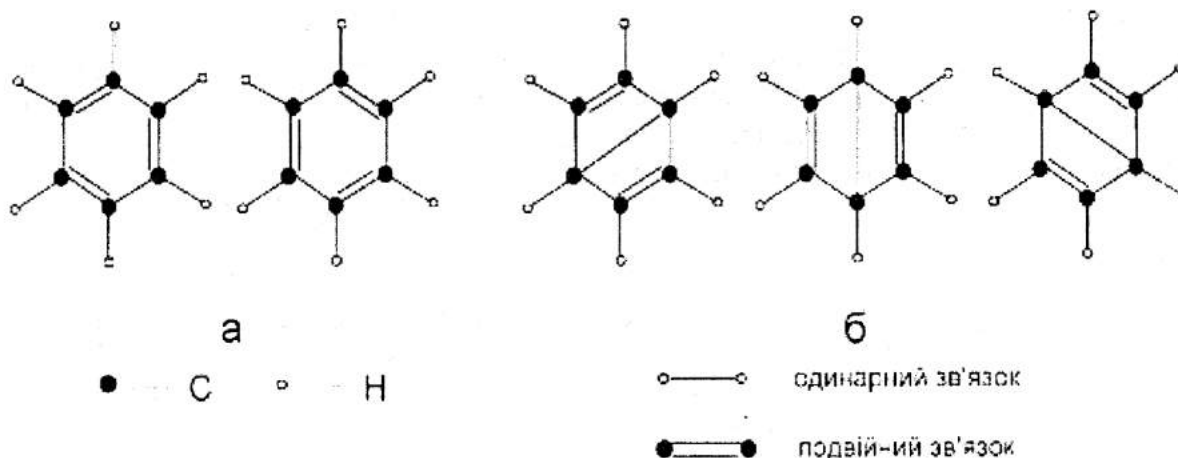
в якому $\hat{H}_{C_6H_6}$ – оператор енергії (або, як кажуть, гамільтоніан) бензолу.

Неважко переконатися, що

$$E_K^{(-)} = E_0 - J_K,$$

де $J_K = \langle \psi_1 | \hat{H}_{C_6H_6} | \psi_2 \rangle$, і якщо $J_K > 0$, то стан (1) молекули буде енергетично вигіднішим, ніж будь-який з вихідних.

Коли ж J_K має протилежний знак, то лінійну комбінацію (1) треба, зрозуміло, замінити на $\Psi_K^{(+)}$, що відповідає такому ж за



Мал. 1. Структури Кекуле (а) та Дюара (б) молекули бензолу



величиною зниженню енергії $E_K^{(+)}$ (див. (2)), яке знову відбувається завдяки резонансу структур Кекуле. Як би не було, величина J_K визначається відомим процесом квантового тунелювання між різними хімічними структурами і її називають енергією резонансу.

Під час точнішого розгляду основного стану треба в його хвильовій функції $\Psi_{C_6H_6}$ враховувати й інші можливі структури, що відповідає загальній конструкції

$$\Psi_{C_6H_6} = \sum_{j=1}^5 a_j \psi_j, \quad (3)$$

де $j = 1, 2$ – відповідає структурам Кекуле, а $j = 3-5$ – структурам Дюара, тобто тепер треба говорити про резонанс не трьох, а п'яти структур і, як мінімум, три різні енергії резонансу.

Гіпотеза про резонанс хімічних структур є помилковою, оскільки їх неможливо реалізувати. Всі вони з'являються в розрахунку лише як допоміжні поняття, і ніякого їхнього резонансу не існує. Вихідні структури слугують лише наочними еквівалентними складовими для побудови хвильової функції типу (3) з правильними властивостями симетрії молекули і відображають так зване *спряження* валентних зв'язків. Тому теорія резонансу, попри відсутність реального резонансного процесу, мала велике практичне значення, давши змогу отримувати якісні висновки щодо деяких властивостей простих молекул. Наприклад, що бі-

льше валентних схем може містити молекула, то вона міцніша щодо хімічних перетворень.

Отже, припущення про існування резонансу валентних схем було нічим іншим, як бажанням надати фізичного змісту проміжним етапам розрахунків хімічних властивостей і структури молекул.

Обмінна енергія

Поняття про *обмінну енергію* дуже широко використовують у сучасній фізиці. Будучи далеко не новим, його нерідко розуміють спотворено, особливо молоді науковці.

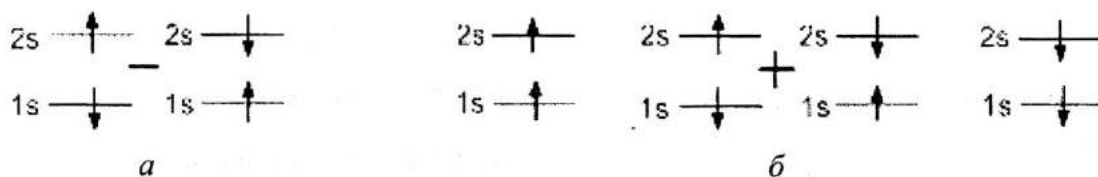
Для ілюстрації фізичного змісту поняття обмінної енергії, а точніше – просто обміну, розглянемо збуджений стан нейтрального атома He, який відповідає конфігурації $1s^1 2s^1$, або такій, коли його найнижчі орбітальні квантові стани – основний $1s$ і перший збуджений $2s$ – окупують одиночні електрони (мал. 2).

Оскільки кожний з них має власний орбітальний момент, або спіні, $1/2$ (в одиницях сталої Планка \hbar), то сумарний спіні S пари в атомі може дорівнювати або 0 (мал. 2, *a*), або 1 (мал. 2, *b*). Стану з $S = 0$ відповідає непарна відносно перестановки електронів хвильова функція

$$\chi^{(0)}(1,2) = -\chi^{(0)}(2,1). \quad (4)$$

Атом He, що знаходиться у так званому синглетному стані (4), називають *парагелієм*. Стану з $S = 1$ відповідає парна спінова функція

$$\chi^{(1)}(1,2) = \chi^{(1)}(2,1), \quad (5)$$



Мал. 2. Схематичне зображення спінових структур атомів пара- (а) та ортогелію (б)



а атом у цьому триплетному стані називають ортогелієм.

Як відомо, принцип Паулі вимагає непарності хвильових функцій відносно перестановки електронів, тому нормовані координатно-спінові функції електронів в атомі гелію можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned} \Psi_{para}(1,2) &= \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} [\psi_{1s}(\mathbf{r}_1)\psi_{2s}(\mathbf{r}_2) + \psi_{1s}(\mathbf{r}_2)\psi_{2s}(\mathbf{r}_1)] \chi^{(0)}(1,2) e^{i\omega^{(0)}t} \equiv \\ &\equiv \psi^{(0)}(1,2) \chi^{(0)}(1,2) e^{i\omega^{(0)}t} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \Psi_{orth}(1,2) &= \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} [\psi_{1s}(\mathbf{r}_1)\psi_{2s}(\mathbf{r}_2) - \psi_{1s}(\mathbf{r}_2)\psi_{2s}(\mathbf{r}_1)] \chi^{(1)}(1,2) e^{i\omega^{(1)}t} \equiv \\ &\equiv \psi^{(1)}(1,2) \chi^{(1)}(1,2) e^{i\omega^{(1)}t} \end{aligned} \quad (7)$$

де $\omega^{(S)} = E^{(S)} / \hbar$ – частоти станів із спіном S , а \mathbf{r}_j ($j = 1, 2$) – просторові координати обох електронів.

Простий розрахунок енергій $E^{(S)}$ цих станів на функціях (6)–(7) прямо дає, що енергія $E^{(0)}$ синглетного стану перевищує енергію $E^{(1)}$ триплетного на величину

$$\begin{aligned} 2J \equiv E^{(0)} - E^{(1)} &= \\ &= 2 \int \left[\psi_{1s}(\mathbf{r}_1)\psi_{2s}(\mathbf{r}_2) \frac{e^2}{|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|} \psi_{1s}(\mathbf{r}_2)\psi_{2s}(\mathbf{r}_1) \right] d\mathbf{r}_1 d\mathbf{r}_2 > 0 \end{aligned} \quad (8)$$

яку і називають обмінною енергією.

У формулі (8) відношення $e^2 / |\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|$ задає кулонівську взаємодію електронів в атомі.

Для надання поняттю про обмін наочності деякі автори дотепер нехтують спіновими функціями $\chi^{(S)}(1,2)$, замість (6) і (7) помилково припускаючи, що $\Psi_{para}(1,2) = \psi^{(0)}(1,2)$,

а $\Psi_{orth}(1,2) = \psi^{(1)}(1,2)$, і будуючи лінійну комбінацію

$$\begin{aligned} \Psi(t) &= \frac{1}{\sqrt{2}} [\psi^{(0)}(1,2) + \psi^{(1)}(1,2)] = \\ &= \psi_{1s}(\mathbf{r}_1)\psi_{2s}(\mathbf{r}_2) \cos \omega_j t + \\ &+ i\psi_{1s}(\mathbf{r}_2)\psi_{2s}(\mathbf{r}_1) \sin \omega_j t \end{aligned} \quad (9)$$

де $\omega_j \equiv \omega^{(0)} - \omega^{(1)}$.

Якщо б функція (9) відображала реальний стан, то це б означало, що, скажімо, у початковий момент $t = 0$ перший електрон із ймовірністю 1 знаходився б у стані $1s$, другий – $2s$, а за час $t = \pi / 2\omega_j$ навпаки – перший у $1s$, другий – у $2s$ (чого, до речі, функції (6)–(7) не дозволяють). До того ж зому робиться хибний висновок, що частота ω_j тим самим визначає час обміну (перескакування) електронів між квантовими станами. Та це ілюзія, і жодних стрибків відбуватися не може, бо це б призводило до порушення фундаментального принципу тотожності електронів.

Справді, функція (9) не описує реальних станів електронів в атомі гелію, оскільки не містить спінових станів і не має потрібної переставної симетрії. Електрони між стаціонарними станами (а лише такі ми розглядаємо) не скачуть, оскільки їхня точна “прописка” по атомах не має фізичного змісту. Більше того, отриману різницю енергій парагелію і ортогелію легко обґрунтувати якісними міркуваннями.

Коли електрони знаходяться поблизу, тобто при $\mathbf{r}_1 \approx \mathbf{r}_2$, функція (6) має максимальну величину, а функція (7) прямує до нуля. Іншою мовою, у парагелії електрони рухаються, перебуваючи близько один від одного, а в ортогелії – відносно далеко. Отже, квантова кореляція їхнього руху зумовлює меншу роль кулонівського відштовхування саме у другому випадку, що і призводить до зниження сумарної



Мал. 3. Розподіл густин електричного заряду двох електронів у полі двох протонів для антипаралельної (а) та паралельної (б) орієнтацій спіну

енергії триплетного стану порівняно з синглетним, попри їхню однакову електронну конфігурацію $1s^1 2s^1$.

Отже, можна стверджувати: обмін – це не новий вид енергії. У розглянутому прикладі він визначає різницю кулонівської енергії з урахуванням кореляції положень електронів, зумовлений переставною симетрією їхніх спінових станів, яка визначається величиною S .

У системах з кількома ядрами, як це спостерігається в молекулах, обмінна енергія містить і додаткові члени, що враховують електрон-електронну кореляцію, та не тільки завдяки міжелектронній взаємодії, а й взаємодії електронів з ядрами.

Наприклад, у двоядерних молекулах з двома електронами, стану з $S = 0$ відповідає розподіл електронів з максимальною їхньою густиною між ядрами (мал. 3, а), а стану з $S = 0$ – з їхнім розташуванням на периферії (мал. 3, б). При цьому відштовхування електронів у першому випадку повністю компенсується їхнім притяганням до ядер, і загалом уже синглетний стан виявляється енергетично вигіднішим. Відтак, саме завдяки переставній симетрії функцій типу $\psi^{(S)}(1,2)$ (див. (6)–(7)) формується ковалентний хімічний зв'язок, повністю зумовлений, як ми бачимо, обмінною енергією, або, як прийнято казати, утворенням валентних пар електронів.

У випадку триплетного стану, хоча електрони і віддалені один від одного, система двох ядер і двох електронів стабільного (зв'язаного) стану сформувати не може.

Неправильна інтерпретація обміну проникає не лише до підручників, а й до популярної літератури, коли описані хемічні сили пояснюються зміною станів електронів між атомами і навіть порівнюють із електронним волейболом (!), що, як на мене, безглуздо, оскільки, повторюю, мова йде про стабільні угруповання ядер, атомів або молекул. На жаль, під час обговорення фізичного змісту ковалентних зв'язків і ролі обмінної енергії й нині в підручниках можна зустріти твердження про перескоки електронів від одного ядра до іншого та їхній час $\sim 1,5 \cdot 10^{-16}$ с для молекули H_2 . Такі міркування, вочевидь, спираються на необгрунтовану класичну аналогію з коливаннями двох зв'язаних маятників (мал. 4). Добре відомо, що вони можуть знаходитись у нормальних – синфазному (s) і антифазному (a) – коливних станах, кутові координати яких описують функціями:

$$\varphi_s(t) = (\varphi_1 + \varphi_2) \cos \omega_s t; \quad \omega_s = \omega_0 - \lambda; \quad (10)$$

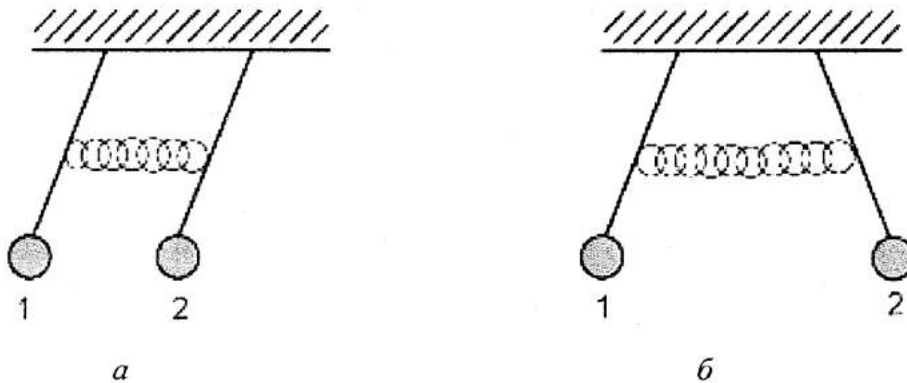
$$\varphi_a(t) = (\varphi_1 - \varphi_2) \cos \omega_a t; \quad \omega_a = \omega_0 + \lambda,$$

де ω_0 – власна частота коливань кожного маятника; λ – сила зв'язку; φ_1 і φ_2 – амплітуди відповідних вільних рухів.

З коливань, що описуються виразами (10), можна утворити лінійну комбінацію

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= \frac{1}{2} [\varphi_s(t) + \varphi_a(t)] = \\ &= \varphi_1 \cos \omega_0 t \cos \lambda t - \varphi_2 \sin \omega_0 t \sin \lambda t \end{aligned} \quad (11)$$

яка описує деякий нестационарний коливний



Мал. 4. Відносні рухи маятників у симетричному (а) та антисиметричному (б) нормальних коливаннях

процес. Видно, що на малих часах $t \approx 0$ і за умови $\omega_0 \gg \lambda$ функція $\varphi(t \approx 0) \approx \varphi_1 \cos \omega_0 t$, тобто відповідає коливальному стану тільки першого маятника з його амплітудою φ_1 . На часах $t \approx \pi / 2\lambda$ цей маятник, як випливає з (11), зупиниться і коливатиметься лише другий. У такій механічній системі справді відбувається перехід коливального руху від одного маятника до іншого, і за цими переміщеннями можна безпосередньо простежити, бо це класичні об'єкти.

З іншого боку, у сучасній теоретичній фізиці взаємодію між частинками справді часто пояснюють обміном віртуальними частинками. Та це інша фізична ситуація, коли перші та другі не пов'язані симетрійними "стосунками", будучи квантами різних полів. Деякі приклади теорії віртуальних станів і віртуальних частинок розглянемо далі.

Розсіяння світла квантовою системою

Припустимо, що є атомна система у своєму найнижчому з енергією E_0 стані, який називають основним та описують хвильовою функцією ψ_0 . Решта станів, які називають збудженими, нехай мають енергії E_n та описуються функціями ψ_n . Якщо на таку сис-

тему падає монохроматичне світло з напруженістю електричного поля \mathbf{E} і частотою ω , яка не співпадає із жодною з власних частот атомної системи

$$\omega_n = (E_n - E_0) / \hbar, \quad (12)$$

то воно розсіюватиметься. Таке розсіяння називають нерезонансним. Його можна розглядати як випромінювання змінним у часі диполем \mathbf{d} , який виникає під дією поля \mathbf{E} , що можна записати через поляризуємість $\alpha(\omega)$ у вигляді

$$\mathbf{d} = \alpha(\omega)\mathbf{E}. \quad (13)$$

Квантово-механічний розрахунок поляризуємісті дає:

$$\alpha(\omega) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \omega_n \langle \psi_0 | \mathbf{e}_{scat} \mathbf{d} | \psi_n \rangle \langle \psi_n | \mathbf{e}_{inc} \mathbf{d} | \psi_0 \rangle (\omega_n^2 - \omega^2)^{-1}, \quad (14)$$

де \mathbf{e}_{inc} і \mathbf{e}_{scat} – поляризації падаючого і розсіяного світла.

Намагаючись надати фізичний зміст кожному доданку в сумі (14), деколи стверджують, що вони описують послідовні переходи електронів спочатку з основного стану у збуджений, $\psi_0 \rightarrow \psi_n$, а тоді – зворотньо, $\psi_n \rightarrow \psi_0$, тобто перехід $\psi_0 \rightarrow \psi_n \rightarrow \psi_0$, де збуджений



стан грає роль проміжного, або *віртуального*, оскільки реального переходу до нього не відбувається. Формально ж сума (14) лише свідчить, що у розсіянні дають унесок *усі* стани системи, яка тим самим не фіксує свого жодного з них і не має певної енергії. А це, в свою чергу, означає, що процес нерезонансного розсіяння не може інтерпретуватись як такий, що складається з квантових переходів між станами.

Інша ситуація спостерігається для резонансного розсіяння, коли ω близька до однієї з власних частот (12), якою вважатимемо ω_1 . Тоді, оскільки відповідний доданок у виразі для $\alpha(\omega)$ стає розбіжним, треба врахувати, що будь-який збуджений стан з причини взаємодії системи з оточенням має ширину γ_n , яка зв'язана з його часом життя співвідношенням $\gamma_n = \tau_n^{-1}$. Зовнішнє світло також не строго монохроматичне і характеризується спектральною шириною $\Delta\omega_{imp}$, яка визначається часом тривалістю імпульса τ_{imp} :

$$\Delta\omega_{imp} = \pi\tau_{imp}^{-1}.$$

Коли виконується припущена нами умова $\Delta\omega_{imp} = \pi\tau_{imp}^{-1}$ і при цьому

$$\Delta\omega_{imp} \gg \gamma_1, \tag{15}$$

або $\tau_{imp} \ll \tau_1$, система спочатку перейде у збуджений стан ψ_1 , а тоді упродовж часу τ_1 відбуватиметься випромінювання, яке називають *резонансною люмінесценцією*. Вона, як ми бачимо, є двоквантовим процесом, коли поглинання і випромінювання розділені у часі.

За оберненої до (15) нерівності

$$\Delta\omega_{imp} \ll \gamma_1 \tag{16}$$

і, відповідно, $\tau_{imp} \gg \tau_1$ наявне тільки когерентне резонансне розсіяння, за якого спектральна ширина розсіяного світла співпадає зі спектральною шириною падаючого. У мо-

мент розсіяння система не знаходиться ні в стані ψ_0 , ні в стані ψ_1 , і її енергія також не має визначеного значення. Така інтерпретація збігається з загальним правилом теорії вимушених коливань: резонанс під впливом монохроматичної хвилі наявний лише у випадку, коли тривалість збурення більша від часу встановлення рівноваги, що співпадає з часом життя вільного коливання.

Для ілюстрації сформульованого правила розберемо, як відбуваються вимушені коливання маятника із затуханням τ_0 , які описуються рівнянням

$$\frac{d^2\phi}{dt^2} + \frac{2}{\tau_0} \frac{d\phi}{dt} + \omega_0^2\phi = \Phi_0 e^{i\omega t}. \tag{17}$$

За умови $\tau_0^{-1} \ll \omega_0$ коливання є гармонійними, а загальний розв'язок рівняння (17) має вигляд:

$$\begin{aligned} \phi(t) = & (\Phi e^{i\omega t} + k.c.)e^{-t/\tau_0} + \\ & + \frac{\Phi_0 \exp[i(\omega t - \phi)]}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\tau_0^{-2}\omega^2}}, \\ \tan \phi = & 2 \frac{\tau_0^{-1}\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}. \end{aligned} \tag{18}$$

На часах $t \gg \tau_0$ вільні коливання затухнуть і маятник, як впливає з (18), коливатиметься з амплітудою

$$\phi_{forced}(\omega) = \Phi_0 [(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\tau_0^{-2}\omega^2]^{-1/2}, \tag{19}$$

яка під час резонансу $\omega = \omega_0$ досягає свого максимуму $\Phi_0\tau_0 / 2\omega_0$. Ширина резонансної кривої (19) дорівнює τ_0^{-1} , тобто що більший час життя коливання, то вужча ця крива і більша його амплітуда.

Із виразу (18) також можна отримати, що під час резонансу маятник, який спочатку був нерухомим, набирає максимальну амплітуду вимушених коливань за час $t \gg \tau_0$.



**Фізичний зміст
спектрального розкладу**

Понад півсторіччя тому в науковій літературі жваво обговорювали питання щодо фізичного змісту спектральних розкладів. Ще 1930 року відомий англійський радіофізик Дж. Флемінг висловив думку, що під час амплітудної модуляції монохроматичної хвилі з несучою частотою ω_0 лише остання має реальний зміст. Іншою мовою, це хибне припущення означало, що дві радіостанції, які працюють на близьких частотах, не заважають одна одній.

З математичного погляду коливання, амплітуда якого повільно змінюється, еквівалентне набору гармонік з різними частотами. Саме тому будь-яка радіостанція займає скінченну смугу частот. Припустимо, що деякий радіосигнал $A(t)\exp(i\omega_0 t)$ амплітудно модульований за законом $A(t) = 1 + 2a \cos \Omega t$. Тоді неважко перевірити, що справедлива рівність:

$$A(t)\exp(i\omega_0 t) = e^{i\omega_0 t} + ae^{i(\omega_0 + \Omega)t} + ae^{i(\omega_0 - \Omega)t}. \quad (20)$$

І виникає справедливе запитання: що є істиною – одне, але модульоване коливання або три з різними частотами. Повторюю: математично обидва представлення тотожні, а як фізично? Відповідь належить радянському фізику Л. І. Мандельштаму і полягає у тому, що фізичний зміст визначається не математикою, а властивостями приймача. Якщо його робоча смуга $\Delta\omega$, то за умови $\Delta\omega \ll \Omega$ хвиля (20) виглядатиме як три незалежні сигнали: один – з амплітудою 1 і два – з амплітудою a . У протилежному випадку $\Delta\omega \gg \Omega$, приймач відчує цей неперервний сигнал, що має биття. Отже, ми знову дійшли висновку, що одного математичного опрацювання недостатньо, і якщо, наприклад, мова йде про відгук приймача або іншого коливного приладу, то не завжди ми мусимо утотожнювати немонохрома-

тичні сигнали чи рухи сумою монохроматичних.

Тим не менш, поміркуємо про математику. Якщо строго, то гармонічна хвиля $\sin \omega_0 t$ має нескінченну часову тривалість, що, як ми знаємо, у реальності забезпечити неможливо. Коли ж збурення має форму імпульса, тобто займає скінчений час, то його можна задати функцією

$$V(t) = \begin{cases} \sin \omega_0 t, & -\tau_{imp} \leq t \leq \tau_{imp}, \\ 0, & t > |\tau_{imp}|, \end{cases} \quad (21)$$

яку можна розкласти по гармоніках, а саме:

$$V(t) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty V(\omega) \sin \omega t d\omega. \quad (22)$$

При цьому так зване Фур'є-зображення має форму:

$$V(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\frac{\sin(\omega_0 - \omega)\tau_{imp}}{\omega_0 - \omega} - \frac{\sin(\omega_0 + \omega)\tau_{imp}}{\omega_0 + \omega} \right]. \quad (23)$$

Квадрат функції (23) характеризує розподіл $I(\omega)$ інтенсивності окремих гармонік у сигналі (21). Та оскільки другий доданок у (23) нерезонансний, то в околі несучої частоти ω_0 цей розподіл слушно обмежити формулою

$$I(\omega) = \frac{1}{2\pi} \frac{\sin^2(\omega_0 - \omega)\tau_{imp}}{(\omega_0 - \omega)^2}. \quad (24)$$

За означенням шириною спектрального розкладу (22) є інтервал частот $\Delta\omega$, між двома найближчими до ω_0 нулями функції (24). З неї видно, що так звана ширина гармонійного сигналу повністю визначається його часом

$$\Delta\omega_{imp} = \pi\tau_{imp}^{-1}. \quad (25)$$



Щоб зрозуміти, як сигнал (21) відчує приймач, треба задати його чутливість $f(\omega)$, оскільки для приймача цей сигнал має вигляд згортки

$$F(t) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\infty} f(\omega) V(\omega) \sin \omega t d\omega. \quad (26)$$

Нехай приймач приймає лише одну частоту, тобто

$$f(\omega) = \delta(\omega - \Omega). \quad (27)$$

Тоді з (26) відразу випливає, що

$$F(t) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} V(\Omega) \sin \Omega t, \quad (28)$$

а, отже, приймач завжди “бачить” сигнал, включаючи і часи $t < -\tau$, коли останнього загалом не існувало, хоча математичної помилки ми ніде не зробили. Помилка захована у неправильному припущенні щодо чутливості у вигляді (27), яка у природі не реалізується, і в результаті сигнал у формі (28) не має фізичного змісту.

Коли ж уявити реальну картину і припустити, наприклад, що ширина смуги приймання скінчена, або

$$f(\omega) = 2\Delta\omega_{rec} [(\Omega^2 - \omega^2)^2 + 4(\Delta\omega_{rec})^2]^{-1}, \quad (29)$$

де $\Delta\omega_{rec}$ не треба плутати з $\Delta\omega_{imp}$, яку визначено у (25), то, підставляючи (29) у (26), знайдемо, що приймач відчуватиме сигнал у вигляді:

$$F(t) = 4\sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\infty} \frac{\Delta\omega_{rec} \sin \omega t}{(\Omega^2 - \omega^2)^2 + 4\Delta\omega_{rec}^2} \left[\frac{\sin(\omega_0 - \omega)\tau_{imp}}{\omega_0 - \omega} - \frac{\sin(\omega_0 + \omega)\tau_{imp}}{\omega_0 + \omega} \right] d\omega \quad (30)$$

який залежить і від τ_{imp} , а отже – $\Delta\omega_{imp}$, і $\Delta\omega_{rec}$.

У підручниках з радіотехніки доведено, що за будь-якої скінченної $\Delta\omega_{rec}$ функція (30) в діапазоні $t < -\tau_{imp}$ завжди дорівнює нулеві, тобто тепер принцип причинності не порушується.

Аналіз останньої формули також дає змогу зрозуміти такий, на перший погляд, парадоксальний факт, як збільшення відгуку приймача на квазігармонічне збурення з частотою $\omega_0 \neq \Omega$, якщо періодично переривати сигнал, оскільки, як з’ясувалося, таке переривання збільшує величину $\Delta\omega_{imp}$, і сигнал краще сприймається.

Загалом, чиста математика без додаткових уточнень щодо особливостей саме цього процесу неспроможна дати відповіді на запитання, які ставлять дослідження того чи іншого процесу. Та й без неї обійтися не вдається, а її знання потрібні не лише теоретикам, а й експериментаторам.

Висновки

Ми розібрали кілька простих прикладів, коли за правильного математичного опису, тим не менш, не вдається прийти до правильного розуміння того чи іншого явища і треба доповнити його аналіз так званими якісними, або фізичними, міркуваннями, які відображають ступінь нашого осмислення цього явища і рівень розвитку науки в цьому напрямі.



Отже, без теоретичних уявлень неможливо проінтерпретувати результати експериментальних спостережень.

З іншого боку, теорія відіграє важливу роль не лише як засіб впорядкування отриманих даних, а й як чинник, який дає змогу ставити нові експерименти, перевіряючи припущення, і передбачати нові явища або закономірності, притаманні природі. Тому гармонійне поєд-

нання можливостей математичного опрацювання результатів з глибоким знанням фізичних законів є запорукою нашого правильного руху до вершин науки і формування світогляду.

І яким би не був теоретик – чи схильний до математики, чи любитель якісних міркувань, його головна мета – описати реальний світ, а, отже, – експериментально спостережуваних явищ.

До видатних людей завжди пильніше приглядаються інші: про них складають дотепні історії, вигадують різні розповіді, записують їхні вислови, що згодом часто стають відомими цитатами...

СКАЛОЛАЗИ

Данський фізик Нільс Бор з дружиною Маргаритою та ще одним молодим фізиком повертались пізно ввечері від гостей. Молодий хлопець був непоганим альпіністом і з захопленням розповідав про скалолазання. Раптом він захотів продемонструвати свою майстерність на стіні будинку, повз якого вони якраз проходили. Коли він, чіпляючись за виступи стіни, піднявся уже вище від другого поверха, за ним поліз і Нільс Бор. Маргарита Бор із острахом спостерігала за ними знизу. Та раптом пролунали свистки й до будинку підбігало декілька поліцейських. Цей будинок був одним із відділень банку.

НА ВСЯКИЙ ВИПАДОК

Над дверима свого дерев'яного будинку Нільс Бор повісив підкову, яка ніби приносить щастя.

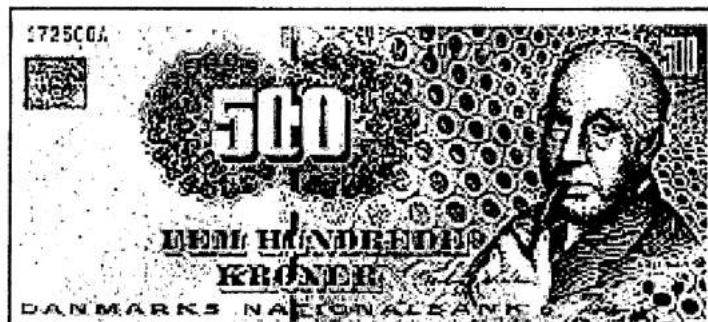
Побачивши підкову, один з гостей Бора запитав з подивом:

– Невже ви, такий відомий учений, вірите, що підкова над дверима приносить щастя?

– Ні, – відповів Бор, – звичайно, не вірю, та ви знаєте, кажуть, що вона приносить щастя навіть тим, хто в це не вірить.

Протилежність правильного висловлювання – неправильне висловлювання. Та протилежність глибокої істини може бути інша глибока істина.

Найвища музикальність – у галузі думки.





До 90-річчя від дня народження
Андрія Лубченка



Проф. Андрій Лубченко
(27.10.1921–26.11.1977)

ЖИТТЯ, ПРИСВЯЧЕНЕ НАУЦІ

Микола Григорчук,
доктор фіз.-мат. наук

Україна завжди славилася своїми талановитими дітьми, чії доробки ставали вагомими внесками до скарбниці світової науки і культури. Багатою на таланти була завжди Полтавщина – стрижень українства, коренева система нашого краю. Читачам добре відомі такі імена як Микола Гоголь, Іван Котляревський, Панас Мирний, Олена Пчілка, Михайло Старицький, Григорій Сковорода, Семен Петлюра, Микола Лисенко, Євген Гребінка, Олександр Білаш, Михайло Остроградський, Василь Симоненко, Олесь Гончар, Павло Загребельний, Григір Тютюнник, Маруся Чурай, Раїса Кириченко... Всі вони виростили на полтавській землі. Майже кожен шостий відомий науковець, мистець, літератор чи політик родом саме звідти.

На часі згадати ще одне призабуте сьогодні ім'я в українській фізичній науці та віддати шану фізику-теоретику, професору Андрію Федоровичу Лубченкові, якому 27 жовтня 2011 року виповнилося б 90 років.

Андрій Федорович народився на хуторі Ломаківський Миргородського району на Полтавщині. Навчання розпочав 1929 року в Сорочинській початковій школі. Під час вступу до Київського державного університету його застала Друга світова війна. Молодою людиною він пройшов важкими дорогами війни, спочатку від Києва до південного Уралу, а відтак у зворотному напрямку – до Угорщини, Австрії, Чехословаччини. Розпочинав він свої військові дороги з курсанта Лепельського мінометного училища і дійшов до першого помічника, а згодом – заступника начальника штабу мінометної бригади.

Відразу після звільнення у запас, Андрій Лубченко став студентом фізико-математичного факультету Львівського державного університету імені Івана Франка, де разом з Ігорем Юхновським навчався на одному курсі. У повоєнному Львові вони ділили між собою і ліжко-місце в гуртожитку, й кусень хліба. Згодом, з великим задоволенням він приїжджатиме в місто своєї студентської молодості на наукові конференції і в тісному колі однодумців (серед яких, наприклад, проф. Ярослав Довгий) одверто висловлюватиме свої погляди, зокрема й на становище України в сім'ї "братніх народів".



Ще студентом під керуванням професора А. Глаубермана він виконав свою першу наукову роботу, присвячену теорії діелектричних властивостей титанату барію в стаціонарних полях, яка вийшла друком 1952 року в “ЖЭТФ”.

Закінчивши 1951 року з відзнакою університет, він повернувся до Києва і незабаром вступив до аспірантури при Інституті фізики АН УРСР. Науковим керівником його став завідувач відділом теоретичної фізики в цьому інституті – Олександр Сергійович Давидов. Під його керуванням він вивчав вплив розчинів на спектри поглинання та люмінесценції молекул.

За три роки А. Ф. Лубченко успішно виконав, а наприкінці 1954 року захистив кандидатську дисертацію. За чотири роки після цього він став старшим науковим співробітником в цьому ж інституті, а 1963 року захистив докторську дисертацію за темою: “Дослідження з теорії фотопереходів у домішкових центрах та ядрах твердого тіла”.

А. Ф. Лубченко брав активну участь у створенні Інституту теоретичної фізики АН УРСР, який нині заслужено носить ім'я Миколи Миколайовича Боголюбова, в якого зародилась ідея заснування міжнародного центра теоретичної фізики в Києві. Правда, до її остаточної реалізації довелось докласти чимало зусиль на найвищому рівні.

Варто нагадати, що тоді ще не було в Росії Інституту теоретичної фізики ім. Л. Д. Ландау. Попри спротив з центра, стараннями тодішнього керівника УРСР Петра Юхимовича Шелеста та нового керівництва АН УРСР Бориса Євгеновича Патона вдалося 1966 року мрію Боголюбова втілити в життя.

З перших днів заснування ІТФ АН УРСР Андрій Федорович перейшов до нього на роботу. Одночасно з працею в ІТФ, він вів педагогічну роботу як професор на кафедрі тео-

ретичної фізики Київського державного університету ім. Т. Г. Шевченка, де читав курси “Теорія твердого тіла”, “Електромагнітна теорія світла”, “Теорія квантових переходів”, “Теорія груп”.

На запрошення академіка М. В. Пасічника А. Ф. Лубченко 1972 року перейшов працювати до новоствореного тоді в Києві Інституту ядерних досліджень АН УРСР на посаду завідувача теоретичного відділу.

Головним напрямом наукових досліджень А. Ф. Лубченка була теорія твердого тіла. Його теоретичні уподобання здебільшого можна віднести до трьох важливих напрямів: дослідження екситонних станів у молекулярних кристалах, дослідження ефекта Мессбауера та дослідження фотопереходів у домішкових центрах.

У наукових працях А. Ф. Лубченка вперше було розвинуто теорію поглинання, дисперсії світла, природного і магнетного обертання площини поляризації світла молекулярними кристалами в ділянці екситонних збуджень за слабкої екситон-фононній взаємодії, досліджені теоретико-груповими методами питання утворення екситонних станів у кристалах, що містять різні молекули в елементарній ґратці.

Теоретичні результати Андрія Федоровича отримали високу оцінку, знайшли багаточисельні підтвердження, були широко визнані в колишньому СРСР і за кордоном, увійшли до монографії з теорії молекулярних екситонів.

Разом із працями інших авторів з України (серед яких О. С. Давидов, А. Ф. Прихотько, М. С. Бродин, В. Л. Броуде) А. Ф. Лубченка 1966 року було відзначено Ленінською премією. У Радянському Союзі цією премією нагороджували за видатні наукові досягнення.

До сторіччя Леніна (1970) його з-поміж знаних науковців ІТФ АН УРСР нагородили пам'ятною медаллю, однак на колективній



На світлині серед інших професори: А. Ф. Лубченко (верхній ряд, зліва-направо, другий), О. С. Парасюк (третій), В. І. Овчаренко (четвертий), І. П. Дзюб (п'ятий), А. У. Клімик (шостий); О. С. Давидов (нижній ряд, зліва-направо, другий), В. П. Шелест (п'ятий), Д. Я. Петрина (шостий)

фотографії нагороджених (див. світлину), він стоїть без неї (скромність, можливо, не дозволила).

Велику увагу приділяв учений створенню послідовної теорії квантових переходів у домішкових центрах твердого тіла. У цих працях уперше досліджено вплив ангармонізму коливань атомів та зміни квазіпружних параметрів твердих розчинів на форму фононних смуг та безфононних ліній у спектрах поглинання і випромінювання світла домішковими центрами. Було з'ясовано природу фізичних процесів, що призводять до порушення дзеркальної симетрії спектрів поглинання і випромінювання, природу ширини безфононної лінії і закладено основи теорії концентраційної залежності спектрів домішкових центрів твердих тіл.

Не зайвим буде тут наголосити, що існування безфононних ліній у домішкових спектрах (оптичний аналог ефекта Мессбауера), було вперше передбачено саме у працях Андрія Федоровича. Результати цих досліджень

увійшли до його монографії "Квантові переходи в домішкових центрах твердих тіл" (Київ: Наукова думка, 1978), вихід якої у друкованому вигляді він уже не побачив.

А. Ф. Лубченко одержав фундаментальні результати і в теорії ефекта Мессбауера на домішкових ядрах, уперше розвинуті методи дослідження неідеальних кристалів з використанням динамічних параметрів ідеальних кристалів.

Разом з Іваном Петровичем Дзюбом (відомим нині також як 1-ий голова ВАК України та перекладач художніх творів з японської мови) було виконано низку досліджень, у яких розвивалась теорія фотопереходів у ядрах, що знаходяться в твердому тілі. Ці праці заклали підґрунтя теорії ефекта Мессбауера, стали широковідомими і у нас, і за кордоном та увійшли складовою частиною до всіх монографій з теорії ефекта Мессбауера.

В останні роки професор Лубченко успішно розвивав теорію дифузії легких атомів, зокрема, він запропонував оригінальний ме-



тод лазерного стимулювання дифузії, що й досі має принципове значення для селективного легування напівпровідникових матеріалів.

Усі роботи Андрія Федоровича виконано на високому математичному рівні. Він був одним із піонерів використання новітніх досягнень теорії поля та методів функцій Гріна в теорії твердого тіла.

А. Ф. Лубченко користувався заслуженим авторитетом серед фізиків. Упродовж чотирьох років він був першим відповідальним секретарем Українського фізичного журналу. Становлення наукових бібліотек в Інституті фізики, Інституті теоретичної фізики та Інституті ядерних досліджень НАН України нерозривно пов'язані з його іменем. Він був членом Українського координаційного комітету з фізики твердого тіла та Бюро ради з проблеми "Ядерна фізика", керівником секції "Радіаційні ефекти в твердих тілах", членом секції фізики в Комітеті з Державних премій УРСР.

Багато студентів Київського, Дніпропетровського, Львівського та Чернівецького університетів знали Андрія Федоровича. Одним він читав лекції, другі проходили в нього дипломну практику і виконували дипломні проекти, у третіх він приймав державні іспити.

Під керуванням А. Лубченка виконували свої кандидатські дисертації Б. М. Павлик, С. І. Дудкін, І. І. Фіщук, В. Н. Дубінін, М. В. Ткач, П. О. Вознюк, І. Зушман, В. М. Павлович, А. М. Коростиль, М. І. Григорчук, китаєць Цінь Юнь-вень та в'єтнамець Нгуен Кхан Ньяп.

Не можна тут пропустити важливу суспільну позицію Андрія Федоровича. Він у числі перших серед наукової еліти підтримав рух шестидесятників, поставивши свій підпис під знаменитим листом 139-и діячів науки, літератури і мистецтва, робітників та студентів, який було направлено до ЦК КПРС у квітні

1968 року на знак протесту проти незаконних репресій і закритих судів, що відбулися в Україні упродовж 1965–1966 років.

Він рано залишив нас. Останній раз я бачив його в лікарні АН УРСР, що у Києві по вулиці Смірнова-Ласточкина (колись Вознесенський спуск). Він сидів за столиком за черговою роботою й акуратним своїм почерком мережив нові формули. Ніщо не провіщало тоді швидкої біди. Ми порозмовляли, він дав мені завдання й відпустив у чергову аспірантську відпустку. Повернувшись з неї, я з прикрістю довідався, що мій науковий керівник вже в кращих світах.

Передчасна смерть 26 листопада 1977 року забрала визначного вченого у розквіті творчих сил. Майже за рік до нього померла і його мати.

Сучасники запам'ятали його як принципову, надзвичайно порядну, вимогливу і майже безкомпромісну людину (роки на фронтах Другої світової війни залишили свій слід). Він був справжнім сином нашого народу, прикладом беззастережного йому служіння. Розмовляючи скрізь і завжди рідною мовою та підтримавши як лавреат Ленінської премії рух шестидесятників, він потрапив до списків "неблагонадійних". Не дивлячись на підтримку академіків М. М. Боголюбова, Д. І. Блохінцева, М. В. Пасічника, В. Є. Лашкарьова, А. Ф. Прихотько, члена-кореспондента В. П. Шелеста та багатьох інших авторитетних учених, його так і не обрали до тодішньої Академії наук УРСР. Та й сам його передчасний відхід за тієї системи викликає роздуми...

Ім'я професора Андрія Федоровича Лубченка серед інших виданих учених вшановано на меморіальній дошці в ІФ НАН України. Воно назавжди залишиться серед щирих сердець нашого народу, вірним сином якого він завжди був.



**Ювілейна промова ректора Львівського національного університету
імені Івана Франка, професора Івана Вакарчука
у Львівському національному академічному театрі опери та балету
імені Соломії Крушельницької
на Урочистій Академії з нагоди 350-ліття Університету**



11 жовтня 2011 року

**Вельмишановний пане Голово Верховної Ради України!
Вельмишановний пане Маршалку Сейму Республіки Польща!**

Ваші Високопреосвященства!

Високодостойні панове Посли!

Вельмишановний пане Голово Львівської обласної державної адміністрації!

Вельмишановний пане Голово Львівської обласної Ради!

Вельмишановний пане Міський голово міста Львова!

Високоповажні гості!

Дорогі студенти, аспіранти, викладачі, науковці та працівники Університету!

На мою долю як Ректора одного з найстаріших університетів України та Центрально-Східної Європи випала висока історична місія – сказати та вписати у величний літопис Львівського університету ювілейне слово на вшанування його академічних традицій і його академічного духу від імені теперішнього покоління всіх, хто вважає Університет своєю alma mater.

350 років інтелектуальних інвестицій у Львівський університет, які зробили десятки поколінь студентів, професорів і науковців різних національностей і різних віросповідань, окреслили його неповторний освітній і науковий профіль, заклали в його історичну ходу такі закони динамічного розвитку, як універ-

ситетська автономія та не підвладні часу і простору академічні цінності. Цих 350 років інтелектуального неспокою, наукових пошуків і відкриттів, прагнень за допомогою освіти та науки зробити світ досконалим, гармонійним і справедливим стали серйозною заявою на вічність.

Кожне покоління студентів і професорів робило свій вагомий внесок у розбудову Львівського університету через віддане служіння ідеалам науки й освіти, гідне та відповідальне виконання своєї суспільної місії, тому кожне покоління має право зізнатися своїй alma mater устами видатного сина українського народу Івана Франка:



*Я ж весь вік свій, весь труд Тобі дав
У незламнім завязттю, –
Підеш Ти у мандрівку століть
З мого духа печаттю.*

І саме сьогодні – день данини вдячної пам'яті всім, хто причетний до заснування Львівського університету, хто впродовж трьох із половиною століть навчався тут і працював, щоб за допомогою славних традицій творити цю неповторну ідентичність нашої alma mater, яку сьогодні легко вирізнити на освітньо-науковому ландшафті не лише України, а й Європи.

Заснування Львівського університету стало символічним завершальним акордом доби ренесансного гуманізму в Україні, одним із найвидатніших представників якого є Юрій Дрогобич, котрий 1481–1482 рр. обіймав посаду ректора найвідомішого в ті часи Болонського університету і став першим українським автором друкованої книжки латинською мовою “Прогностична оцінка поточного 1483 року”, виданої 1483 року в Болоньї і в якій згадано Львів, Дрогобич і Україну-Русь. Мабуть, є очевидна символіка в тому, що у свій ювілейний рік 16 вересня саме у стінах Болонського університету наш Університет долучився до великої родини європейських університетів через акт підписання Великої університетської Хартії.

Так символічно через мандри віків індивідуальні зусилля всіх великих українців, які прагнули знань і змушені були через складні історичні обставини здобувати їх поза межами рідного краю, переросли вже в інституційне волевиявлення нашої академічної спільноти повернутися до свого європейського дому академічних цінностей.

Ідеї, що народжувалися в стінах Львівського університету, часто змінювали не лише український світ, а й впливали на світову інтелектуальну карту, що засвідчує виразний націона-

льний і водночас міжнародний академічний профіль нашої alma mater.

Над аудиторіями Університету досі витає дух присутності творчих пошуків представників Львівської філологічної школи, Львівської історичної школи, Львівсько-Варшавської школи філософії, Львівської математичної школи, праці яких принесли світову славу нашому Університету. Фізики та хеміки, правники й економісти, географи та геологи, математики та біологи, комп'ютерники та журналісти своїми науковими здобутками помножували давні академічні традиції та увиразнювали новий профіль Університету в ХХ столітті.

За кожною науковою школою стоять десятки відомих учених, прізвища яких яскравою сторінкою вписані в історію української та світової науки.

Сьогодні всі 18 факультетів і 3 коледжі, вся наша велика університетська родина, що об'єднує 36 тисяч студентів, аспірантів, викладачів, науковців і працівників, із гідністю продовжують естафету своїх великих попередників. Завдяки їхній праці наш Університет став простором академічної демократії, де традиції стимулюють інновації та є джерелом нових пошуків і особливого відчуття відповідальності перед історією своєї alma mater. Це засвідчують результати соціологічного опитування студентів, яке у вересні провів Центр моніторингу. Переважна більшість студентів 2–5 курсів 17 факультетів Університету, які взяли участь в опитуванні, назвали такі мотиви свого вибору для навчання саме Львівського національного університету імені Івана Франка:

- його престижність порівняно з іншими ВНЗ країни;
- гарантія високої якості навчання;
- поєднання традицій класичного університету з давньою історією;
- в Університеті навчалися видатні українські вчені;



— у ньому плекають в умовах сьогодення українську культуру та патріотичні цінності.

Трохи менше голосів здобув такий прагматичний мотив, як ширші можливості для працевлаштування; але це також свідчення стало високої репутації нашого Університету в очах громадськості.

В історії Львівського університету є багато високих злетів його інтелектуальної потуги, але водночас є сторінки, що затьмарювали блиск його наукових здобутків. Тривалий час Університет був майже недоступним для талановитої українській молоді, яка змушена була через протести обстоювати своє право на навчання в ньому рідною мовою і навіть віддавала своє життя за це право.

У січні 1941 року відбувся злочинний, закритий політичний процес над 59-ма молодими українцями, переважно студентами Львівського університету, 42 з яких було засуджено до смертної кари лише за те, що мріяли жити у незалежній Україні. Перед відступом зі Львова радянські каральні органи вчинили розстріли 2464 політичних засуджених у львівських в'язницях, серед яких були також колишні викладачі та студенти Львівського університету.

Не можна не згадати червневі дні 1941 року, перші дні нацистської окупації Львова, коли мученицькою смертю загинули українці, поляки, євреї — професори Університету.

Трагічною сторінкою в історію нашої *alma mater* вписані роки тоталітарних режимів, коли чимало викладачів і студентів Університету опинялися у тюрмах і концтаборах.

Львівський Університет завжди був, є і буде відкритим до світу, тут завжди відчинені двері для тих, хто прагне знань, тут ніколи не згасає дух свободи. Студенти та викладачі Львівського університету не лише створювали, розвивали та змінювали український світ, а й ста-

вали на його захист у найтривожніші часи посягання на нашу історію, культуру та мову.

Поряд зі славними науковими школами та багатими академічними традиціями Львівський університет заслужено набув символічного статусу охоронця українськості, національної гідності та культури національної пам'яті.

Так було 175 років тому, коли у кафедральному соборі Святого Юра — на свято Покрови — прозвучала перша проповідь українською мовою: на таку інтелектуальну відвагу наважився слухач Університету Маркіян Шашкевич.

Так було на початку ХХ століття, коли свідоме українське студентство добивалося права на свій український університет у Львові.

Так було у часи створення та функціонування Таємного університету у Львові у 20-і роки.

Так було на межі 80–90-х років ХХ століття, коли львівські студенти голодували в Києві під час “Революції на граніті” і брали участь у “живому ланцюзі” 22 січня 1990 року.

І так було під час “помаранчевого” спалаху 2004 року, що почався саме зі студентських страйків.

Як це не парадоксально, але так є і зараз, коли студенти та викладачі Університету на двадцятому році незалежності Української Держави змушені відвойовувати від посягань окремих високопосадовців національну територію рідної української мови, захищати свою історичну пам'ять, обстоювати національну гідність.

Для тих, хто не засвоїв уроків української історії та нашого Університету, ми у цей ювілейний рік іще раз декларуємо, що Львівський університет завжди буде на варті всього українського! У цьому нам допомагатиме Франковий ідеал україноцентризму, його влас-



ний приклад самовідданої невтомної праці, яка заклала міцний підмурівок для будівництва стійких склепінь національної держави.

Історія Львівського університету – це ілюстрація утвердження освіченості як чесноти, про що красномовно засвідчує багатозначний напис на фронтоні нашої alma mater: “*Patria decori civibus educandis*” – “*Освічені люди є окрасою Батьківщини*”.

Ця вкарбована мудрість є нагадуванням, що нашу історію творили високоосвічені люди, і водночас кредо сьогодення Університету, прелюдією до його майбутнього. Освіченість як чеснота передусім передбачає місію служіння громаді, місту, батьківщині. Очевидно, що йдеться не про псевдоосвіту, гонитву за дипломами і вченими званнями та ступенями, а освіченість як свідомий вибір громадянина, котрий прагне збагнути світ через свої знання.

Ми не лише підтвердили реноме потужної освітньо-наукової інституції зі славними академічними традиціями та школами, а й гідно продовжуємо свою історичну місію творення нового академічного середовища та клімату, розвитку нових знань і виховання нового покоління свідомих українських громадян.

Львівський національний університет імені Івана Франка – один із небагатьох вищих навчальних закладів України, який завжди сміливо та послідовно намагався запроваджувати освітні інновації і вмотивовано звертався до Міністерства освіти і науки України з пропозиціями щодо зміни змісту та структури навчальних програм, щодо відкриття нових напрямів і спеціальностей.

Викладачі та студенти Львівського національного університету імені Івана Франка завжди усвідомлювали історичну та суспільну місію нашого Університету як каталізатора трансформаційних освітніх процесів, а водночас свою відповідальність за якість освітніх реформ і їхній системний характер.

Саме з таким відчуттям і твердими переконаннями наш Університет уперше в Україні запровадив тестові випробування при вступі, щоб довести, що прозорість, рівність доступу до вищої освіти є однією із найвищих демократичних ознак освітньої системи. Сьогодні наш приклад став основою для однієї з найуспішніших суспільних реформ в Україні за весь період її незалежності. Це визнали не лише експерти, це визнало все українське суспільство.

Колектив Університету з відчуттям академічної відваги та відповідальності крок за кроком вимощував дорогу до докторантської програми з гуманітарних і соціальних наук, яка була б еквівалентною міжнародним програмам PhD і завершувала б трирівневий цикл вищої освіти. Ми подолали довгий шлях експериментальної програми докторантських студій і започаткували на загальнонаціональному рівні дискусії про українську модель PhD.

Досвід нашого Університету з розроблення та впровадження експериментальної програми докторантських студій із гуманітарних і соціальних наук став своєрідним орієнтиром для інших українських університетів. Наша докторантська програма започаткувала процес відродження дослідницького профілю університету та запропонувала міждисциплінарний підхід замість традиційного розмежування дисциплін.

Іншим вагомим здобутком вважаємо експериментальні магістерські програми з гуманітарних і соціальних дисциплін, які були своєрідною захисною реакцією на покvapливе бюрократично-механічне запровадження бакалаврських і магістерських програм.

Спільно з Варшавським університетом, Українським католицьким університетом і Національним університетом “Києво-Могилянська академія” ми успішно реалізуємо програму міждисциплінарних гуманістичних сту-



дій, яка є однією із моделей впровадження вільної траєкторії студентів – вивчення дисциплін за вільним вибором. Стратегічною метою цієї програми є відтворення та зміцнення європейської традиції університету як автономного осередку творення нових знань. Завдяки цим двом експериментам ми зуміли знайти оптимальний варіант, який водночас враховує національну специфіку вищої освіти та гармоніює з міжнародними освітніми стандартами.

Експериментальне запровадження нових бакалаврських і магістерських програм було принципово важливим моментом у новітній історії нашого Університету, оскільки, з одного боку, ми шукали механізми втілення справжньої, а не декларованої університетської автономії, а з іншого – усвідомлювали, що сьогодні Україна потребує фахівців нової генерації – активних, вільних, ініціативних, спроможних осмислити нашу спільну європейську спадщину, а в її контексті глибше усвідомити свою українськість.

Ще одне нововведення – вільний вибір навчальних дисциплін гуманітарного циклу – свідчить про наші конкретні кроки до європейського освітнього простору.

В Університеті створені всі умови для високої якості навчального процесу: оснащені новітні лабораторії, обладнані найновішою технікою комп'ютерні класи, вільний доступ до Інтернет-ресурсів, лінгафонні кабінети, відкриті електронні архіви тощо. Студенти мають змогу вивчати майже 30 іноземних мов, що дає їм змогу брати участь у багатьох міжнародних програмах обміну, претендувати на стипендії іноземних фондів, продовжувати навчання за кордоном.

Упродовж своєї історії Львівський університет постійно плекав традиції вивчення іноземних мов. Сьогодні ми пишаємося, що наш Університет єдиний в Україні, в якому

вивчають усі слов'янські мови, і єдиний в Україні, в якому вивчення латинської мови є обов'язковим для всіх студентів. Це не лише данина добрим академічним традиціям, а органічна потреба збагачувати мовну культуру наших студентів і поглиблювати їхню освіченість.

Яскравою складовою ідентичності Львівського університету є Наукова бібліотека, 400-літній ювілей якої ми відзначили 2008 року. Вона містить унікальну книгозбірню, що, насправді, була підґрунтям для заснування Університету 1661 року, коли був виданий фундаційний привілей, і 1784 року, коли формувався Йосифінський Університет.

Кілька років тому ми створили умови для відкритого електронного доступу до унікальних видань бібліотеки. Гідним ушануванням вагомої ролі книгозбірні на державному рівні стало визнання 2008 року низки колекцій Наукової бібліотеки Університету національним надбанням України. У ці дні у стінах бібліотеки відбувається непересічна подія – презентація видання інкунабул – виданих до 1 січня 1501 року книжок, які є у фондах нашої Наукової бібліотеки.

До слова, Львівський університет один із кількох українських університетів, які мають таку скарбницю духовності та долучені до списку ЮНЕСКО.

І найбільшою цінністю є наші вчені, професори. Адже саме їхня праця створює інтелектуальне середовище для молодших колег, наших студентів і дає духовну насагу пізнавати навколишній Світ і Людину.

Упродовж століть свідомі українці мали єдину велику мрію – свободу, соборність і незалежність. Багато з них поклали на вівтар свободи України найцінніше – своє життя, щоб освятити цю мрію та наблизити її здійснення. Місія сучасних освічених громадян України та їхніх провідників – це місія само-



утвердження України на світовій арені як модерної, цивілізованої, конкурентоспроможної країни.

У XXI сторіччі динаміку глобального ринку змінюють ідеї, а найпотужнішим інструментом розвитку є освіта та наука.

Цей урок світові дали всі розвинені країни, які щедро інвестують у розвиток нових технологій.

Цей урок має засвоїти Україна та зробити ставку на інтелект. Це також є вибір нашого Університету, бо його поступ, як і поступ нашої Української Держави і суспільства у висококонкурентному глобалізованому світі, немислимий без креативних ідей, інформаційних кампаній, широкої мережі комунікативної культури зі світом. Держава та суспільство мають підтримувати Університет як інституцію, що не лише крокує в ногу з духом часу, а й відчиняє двері в майбутнє.

Сьогодні всі провідні країни світу та країни, що розвиваються, переконалися у правдивості важливої тези: держави можуть занепадати та розквітати від здатності "опановувати" комп'ютерну, біомолекулярну та квантову революції.

Львівський університет має людські ресурси для інтелектуальних проривів – це наше студентство, наша талановита молодь, що чекають від суспільства та держави гідних цивілізованих умов для реалізації своїх здібностей тут, в Україні.

Європейськість – це і виховання почуття національної гідності, життєво необхідної для творення сучасної України. Даючи модерні знання, маємо пам'ятати, що лише патріот своєї держави працюватиме для її блага. Тому головними засадами діяльності Університету

залишатимуться академічна свобода, шанування гідності й індивідуальної свободи людини, європейський рівень освіти, науки та національна ідея.

Я вірю, що академічні відзначення символічної дати – 350-річчя від часу заснування Університету, які тривають упродовж усього року, творять передумови для розвитку його славної історії, сприятимуть примноженню його здобутків і надбань, збагаченню його академічних традицій і посиленню суспільної відповідальності перед українським суспільством та Українською Державою.

Я щиро вітаю академічну спільноту Львівського національного університету імені Івана Франка зі славною сторінкою в нашому літописі. Висловлюю глибоку вдячність Вам, студенти, аспіранти, викладачі, науковці, працівники, випускники і всі прихильники нашого Університету, за Вашу працю задля його розвитку, задля гідного продовження славних академічних традицій.

Бажаю всім нам надалі з таким самим творчим натхненням і наснагою примножувати славу Львівського Університету на благо України!

І наше завдання – виконувати цю високу місію з честю і гідністю, з повагою до минулого та з вірою у майбутнє!



РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ ІV ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ

*Умови задач ІV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики за 2011 р. за 8–11 класи
читайте в журналі "Світ фізики", 2011. – № 2. – С. 20–24,
розв'язки за 8–10 класи – в журналі "Світ фізики", 2011. – № 3. – С. 29–45.*

ІІ клас

Задача 1.

1. Кінетична енергія протона

$$E = E_p - E_0 = c^2 \left(\frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m \right)$$

Нехай

$$\beta = \frac{v}{c}.$$

Розв'язавши рівняння відносно β , знайдемо $\beta = 0,9999987$.

2. Природна система одиниць часто використовується для спрощення запису. Вона відповідає вимірюванню швидкості в одиницях швидкості світла c , тоді як величини з розмірністю дії вимірюються в одиницях \hbar . У такому випадку одиниці виміру будь-якої величини можна звести до лише одної: енергії, що зазвичай вимірюється в eV .

$$M = M \frac{c^2}{c^2} = \frac{eV}{c^2} = eV,$$

$$L = L \frac{\hbar c}{\hbar c} = L \frac{\hbar L / T}{ML^2 / T c} = (eV)^{-1} \hbar c = (eV)^{-1},$$

$$T = T \frac{c}{c} = \frac{L}{c} = (eV)^{-1} \hbar = (eV)^{-1},$$

$$v = \frac{L}{T} = (eV)^0,$$

$$F = \frac{mL}{T^2} = (eV)^2 \frac{1}{\hbar c} = (eV)^2,$$

$$F_e = \frac{e^2}{L^2} \Rightarrow e^2 = F_e L^2 = (eV)^0 \hbar c = (eV)^0,$$

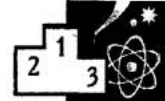
$$E = \frac{F_e}{e^2} = (eV)^2,$$

$$F_m = evB \Rightarrow B = \frac{F_m}{ev} = (eV)^2 \hbar^{-3/2} c^{-5/2}.$$

3. Зазначимо, що розмірність часу та довжини можна отримати, якщо розглянути наприклад хвилю з енергією E . Відповідна частота (що є величиною оберненою до часу) визначається з $E = \hbar \omega$ і аналогічно, довжина хвилі є величиною оберненою до енергії.

Природна система одиниць дає змогу проводити розрахунки просто, відкидаючи всі \hbar і c у рівняннях. Однак, якщо треба порівняти отриманий результат з чисельними даними, то потрібно повернутися до звичайних одиниць, як сантиметри, грами, секунди. Як бачимо, ці співвідношення є однозначні

$$1s \rightarrow \frac{1s}{\hbar} = \frac{1}{0.66} 10^{15} eV = 1.51 \cdot 10^{15} eV.$$



І навпаки, маючи час заданий у $(eV)^{-1}$, можна отримати еквівалент у стандартних одиницях

$$T(eV)^{-1} \rightarrow T(eV)^{-1} \hbar = T \cdot 0.66 \cdot 10^{-15} s.$$

Аналогічно

$$1 cm \rightarrow 1 cm \frac{1}{\hbar c} = \frac{1}{197} 10^7 (eV)^{-1} = 5,08 \cdot 10^4 (eV)^{-1}$$

І навпаки, маючи довжину задану в $(eV)^{-1}$ можна отримати еквівалент у стандартних одиницях

$$L(eV)^{-1} \rightarrow L(eV)^{-1} \hbar c = L \cdot 1.97 \cdot 10^{-7} c.$$

Для електричного заряду

$$\begin{aligned} 1 esu &= \sqrt{erg \cdot cm} \Rightarrow q^2 = 1 \rightarrow \\ \rightarrow \hbar c &= 1.05 \cdot 3 \cdot 10^{10-27} = \\ &= 3.15 \cdot 10^{-17} (esu)^2 \end{aligned}$$

Максимальна енергія протонів:

$$E = M_p \gamma c^2 = 7 \text{ TeV}.$$

4. Знайдемо кількість протонів у пучку:

$$N_p = 2.808 \times 1.15 \cdot 10^{14}.$$

Повна енергія пучка:

$$\begin{aligned} E_{tot} &= 7 \text{ TeV} \cdot N_p = 2.26 \times 10^{15} \text{ TeV} = \\ &= 2.26 \times 1.6 \times 10^{27-19} J = 362 \text{ MJ} \end{aligned}$$

Цю енергію можна порівняти з кінетичної енергією швидкісного потягу.

5. Швидкість потяга отримується як

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} M V_T^2 &= 362 \cdot 10^6 J \Rightarrow \\ \Rightarrow V_T &= \sqrt{2 \cdot \frac{3620}{4}} \cdot ms^{-1} = \\ &= 42,5 ms^{-1} = 153 \text{ Km/h} \end{aligned}$$

Задача 2.

Процес перегорання перемички триває малий, однак скінченний інтервал часу Δt .

За цей час опір перемички зростає від нуля до R_∞ .

На початку згорання перемички сила струму, оскільки котушки індуктивності вважаються ідеальними, дорівнюватиме струму короткого замикання.

$$I_0 = I_{кз} = \frac{\varepsilon}{r}.$$

Зміна опору перемички від 0 до R_∞ призводить до появи е. р. с. індукції у котушках індуктивності, відповідних сил струмів через опір R_1 і R_2 .

Після перегорання перемички через індуктивність L_1 протікатиме струм, а через L_2 і L_3 після перерозподілу магнетного потоку

$$L_2 \cdot I_{кз} = (L_2 + 3 \cdot L_2) \cdot I_x.$$

Отримаємо

$$I_x = \frac{1}{4} I_{кз}.$$

Сумарний струм у двох вітках

$$I = I_{кз} + \frac{1}{4} I_{кз} = \frac{5}{4} I_{кз}.$$

Напруга на клеммах джерела струму

$$U = \varepsilon - \frac{\varepsilon}{r} \cdot r \cdot \frac{5}{4} = \varepsilon \left(1 - \frac{5}{4}\right) = -\frac{\varepsilon}{4}.$$

$$U = -3V.$$

Знак "мінус" вказує на те, що джерело струму ε , в цей момент часу виконуватиме роль споживача, який приєднаний до джерела (е. р. с. індукції), що має протилежні знаки полюсів.

Задача 3.

Визначмо енергію, що виділяється під час перетворення чотирьох атомів водню на атом гелію:

$$\Delta E = (4m_H - m_{He})c^2 \approx 4,274 \cdot 10^{-12} \text{ Дж.}$$

98 % цієї енергії, тобто

$$\Delta E_{rad} = 0,98\Delta E \approx 4,189 \cdot 10^{-12} \text{ Дж,}$$

у вигляді сонячного випромінювання супроводжує кожні два нейтрино. Тоді щосекунди через перпендикулярний до сонячних променів квадратний метр поверхні на відстані

$$r_0 = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м проходить}$$

$$\Delta N = 2 \cdot 1370 / 4,189 \cdot 10^{-12} \approx 6,541 \cdot 10^{14}$$

нейтрино. За цей час вони заповнюють об'єм паралелепіпеда з площею основи

$$S = 1 \text{ м}^2$$

і висотою

$$ut_1 \approx ct_1 = 3 \cdot 10^8 \text{ м.}$$

Отже, концентрація нейтрино поблизу земної орбіти дорівнює

$$n = \frac{\Delta N}{Sct_1} \approx 2,18 \cdot 10^6 \text{ м}^{-3},$$

майже два мільйони на кубічний метр. Швидкістю Землі порівняно зі швидкістю світла знехтуємо. Оцінімо об'єм тіла людини, скориставшись тим, що густина тіла майже дорівнює густині води.

За умовою маса тіла

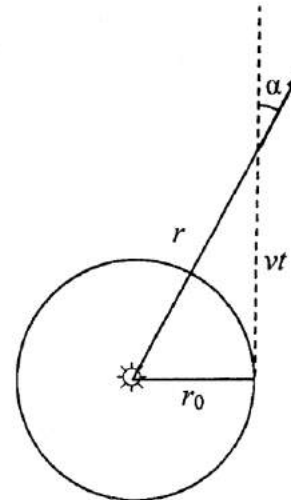
$$m = 50 \text{ кг.}$$

Тоді

$$V_0 = 0,05 \text{ м}^3 = 1/20 \text{ м}^3,$$

і знаходимо, що майже $N = nV_0 \approx 100000$ сонячних нейтрино одночасно пронизують людину масою 50 кг, яка знаходиться на Землі.

Оскільки легкі нейтрино рухаються майже зі світловою швидкістю, їхня кінетична енергія значно перевищує потенційну енергію гра-



вітаційної взаємодії з Сонцем. Отже, зменшенням швидкості частинок можна знехтувати і вважати рух нейтрино рівномірним.

Тоді за $t = 5$ годин польоту космічний корабель віддаляється від Сонця на відстань

$$r = \sqrt{r_0^2 + v^2 t^2} \text{ (припустимо, що корабель летить із вимкнутими двигунами або, попри їхню роботу упродовж 5 годин, зміною швидкості корабля можна знехтувати, що реалістично, враховуючи його швидкість } v = 0,8 \text{ с).}$$

Концентрація нейтрино зменшуватиметься з відстанню тільки завдяки розходженню радіальних напрямків руху. У скільки разів збільшується площа сфери, яку перетинають нейтрино, у стільки ж разів зменшується їхня концентрація:

$$n_r = \frac{r_0^2}{r^2} n = \frac{r_0^2 n}{r_0^2 + v^2 t^2}.$$

На великих відстанях

$$n_r \approx \frac{r_0^2 n}{v^2 t^2} = \frac{25 r_0^2 n}{16 c^2 t^2}.$$

Залишилося врахувати ефекти теорії відносності. З точки зору нерухомої системи відліку космічний корабель рухається зі швидкістю $v = 0,8 \text{ с}$ і скорочується в напрямку руху

($l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$), тобто, будь-який об'єм V_0 у космічному кораблі реєструється нерухомою системою як

$$V = V_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = 0,6V_0$$

(поперечні до напрямку руху масштаби не мають релятивістського скорочення). Отже, згідно вимірювань нерухомої системи відліку, кількість нейтрино, що одночасно пронизують людину масою 50 кг у космічному кораблі за 5 годин руху, дорівнює

$$\begin{aligned} N_r &= n_r V = \frac{25}{16} \frac{r_0^2}{c^2 t^2} n V_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = \\ &= \frac{15}{16} N \frac{r_0^2}{c^2 t^2} \approx 79 \end{aligned}$$

Зазначмо, що вимірювання об'єму тіла, яке рухається, відбувається за умови одночасного (з точки зору нерухомої системи) фіксування всіх його координат. У спеціальній теорії відносності внаслідок відносності одночасності таке вимірювання вже не виглядатиме одночасним з точки зору системи відліку тіла. Капітан космічного корабля отримає інше значення концентрації.

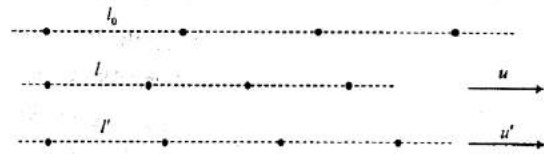
1-й спосіб розрахунку концентрації.

Для наочності розглянемо "ланцюжок" нейтрино, які летять відносно нерухомої системи відліку з деякою швидкістю u .

Припустимо, що відстані між частинками у їхній власній системі відліку l_0 . Тоді з точки зору нерухомої системи ці відстані дорівнюватимуть $l = l_0 \sqrt{1 - u^2/c^2}$, а з точки зору системи відліку космічного корабля:

$$l' = l_0 \sqrt{1 - u'^2/c^2},$$

де u' – швидкість, з якою нейтрино рухаються повз корабель (див. рис.).



Що менша відстань між частинками, то більше їх вміститься в деякий фіксований власний об'єм простору. За законом додавання швидкостей, швидкість, з якою нейтрино рухаються повз корабель,

$$u' = \frac{u_x - v}{1 - \frac{u_x v}{c^2}}$$

Отже, відношення концентрацій на великій відстані від Сонця

$$\frac{n'}{n} = \frac{l}{l'} = \frac{\sqrt{1 - u^2/c^2}}{\sqrt{1 - u'^2/c^2}} = \frac{1 - uv/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Якщо врахувати, що за умовою швидкість нейтрино майже дорівнює швидкості світла $u \approx c$, одержимо остаточну формулу:

$$n'_r = n_r \sqrt{\frac{1 - v/c}{1 + v/c}}$$

Кількість частинок у власному об'ємі V_0 (система відліку "космічний корабель") дорівнює

$$\begin{aligned} N'_r &= n'_r V_0 = n_r V_0 \frac{1 - uv/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \\ &= n_r V \frac{V_0}{V} \frac{1 - uv/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \\ &= N_r \frac{1 - uv/c^2}{1 - v^2/c^2} \approx \frac{N_r}{1 + v/c} \approx 44 \end{aligned}$$

2-й спосіб розрахунку концентрації.

Можливий й інший підхід до розв'язку, у якому використовується не скорочення довжини, а сповільнення часу. Позначмо через Δt інтервал часу, через який нейтрино з моделі "ланцюжка" (див. рис.) перетинають деяку нерухому межу. Відстань між ними з погляду нерухомого спостерігача $l = u\Delta t$. Оскільки ця межа нерухома у системі земного спостерігача, інтервал часу між подіями реєстрації двох послідовних нейтрино у системі відліку "корабель" буде

$$\Delta t' = \Delta t / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

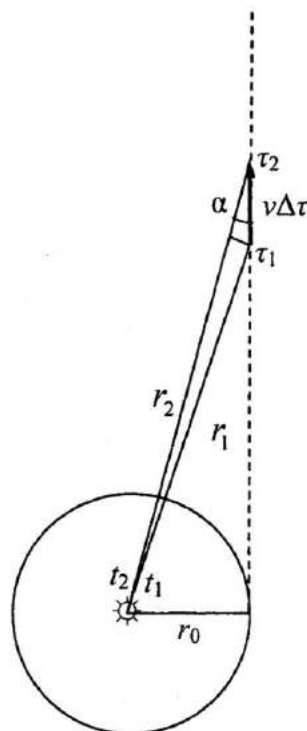
З точки зору капітана космічного корабля земний спостерігач рухається у зворотному напрямку назустріч нейтрино зі швидкістю v , а нейтрино рухається в напрямку земного спостерігача зі швидкістю u' . Отже, за час $\Delta t'$ вони разом проходять відстань l' між двома нейтрино:

$$\begin{aligned} l' &= (v + u') \Delta t' = \\ &= \left(v + \frac{u - v}{1 - \frac{uv}{c^2}} \right) \Delta t / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \\ &= u \Delta t \frac{\sqrt{1 - v^2/c^2}}{1 - \frac{uv}{c^2}} = l \frac{\sqrt{1 - v^2/c^2}}{1 - \frac{uv}{c^2}}. \end{aligned}$$

Звідси,

$$\frac{n'}{n} = \frac{l}{l'} = \frac{1 - \frac{uv}{c^2}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

Як бачимо, ми отримали такий самий результат. Якщо відразу прийняти, що $u \approx c$, можна також скористатися ефектом Доплера. Це спрощує також розрахунок концентрації



нейтрино у системі відліку корабля у довільній точці його руху.

3-й спосіб розрахунку концентрації.

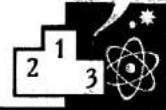
Припустимо, що нейтрино, яке вилетіло з надр Сонця у момент часу t_1 , досягло корабля у момент часу t , а нейтрино, яке вилетіло через невеликий проміжок часу Δt у момент t_2 , досягло корабля у момент часу τ_2 (див. рис.). Тоді

$$\begin{cases} \tau_1 = t_1 + \frac{r_1}{c}, \\ \tau_2 = t_2 + \frac{r_2}{c}, \end{cases}$$

а інтервал часу між отриманням нейтрино (і будь-який світлових сигналів загалом)

$$\Delta \tau = \Delta t + \frac{r_2 - r_1}{c} = \Delta t + \frac{v \Delta \tau \cos \alpha}{c},$$

де було використано те, що відстань $v \Delta \tau$ значно менша від r .



Ми отримали формулу

$$\Delta\tau\left(1 - \frac{v\cos\alpha}{c}\right) = \Delta t,$$

у якій міститься суть ефекта Доплера – зміна інтервалу часу за рахунок зміни відстані. Згадаймо тепер, що корабель рухається з великою швидкістю, отже слід враховувати ефекти спеціальної теорії відносності. Інтервалу часу $\Delta\tau$ у нерухомій системі відліку відповідатиме інтервал $\Delta t'$ у системі відліку “космічний корабель”:

$$\Delta\tau = \Delta t' / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Отже, отримуємо:

$$\Delta t' \left(1 - \frac{v\cos\alpha}{c}\right) / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \Delta t.$$

Якщо під інтервалами часу розуміти період (середній період) між отриманням нейтрино на кораблі та їх вильотом з надр Сонця, отримуємо зв'язок частот, який має назву релятивістського ефекту Доплера:

$$\nu' = \nu \left(1 - \frac{v\cos\alpha}{c}\right) / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

де ν – частота отримання нейтрино нерухомим спостерігачем на деякій відстані r від центра Сонця (загалом це і частота електромагнетних коливань), ν' – частота отримання нейтрино космічним мандрівником, який пролітає повз ту ж точку простору. Оскільки нейтрино рухаються майже зі швидкістю світла, значення якої однакове у будь-якій системі відліку, відношення частот дорівнює відношенню концентрацій.

Отже,

$$n'_r = n_r \left(1 - \frac{v\cos\alpha}{c}\right) / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Якщо тіло знаходиться далеко,

$$\cos\alpha \approx 1 \text{ і } n'_r = n_r \sqrt{\frac{1 - v/c}{1 + v/c}}.$$

Отже, якщо умову задачі інтерпретувати, як потребу визначити кількість нейтрино, що одночасно перебувають всередині людини у будь-якій точці її руху (з точки зору нерухомого спостерігача і спостерігача у космічному кораблі), тоді отримуємо:

$$\begin{aligned} N_r &= n_r V = n_r V_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = \\ &= \frac{r_0^2 n}{r_0^2 + v^2 t^2} V_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = \\ &= 0,6N \frac{r_0^2}{r_0^2 + v^2 t^2} = \frac{0,6N}{1 + v^2 t^2 / r_0^2}. \end{aligned}$$

На початку руху ($t = 0$, корабель поблизу Землі) $N_r \approx 60000$, наприкінці п'ятої години руху $N_r \approx 80$. У власній системі відліку космічного мандрівника кількість нейтрино, які одночасно перебувають всередині його тіла,

$$\begin{aligned} N'_r &= n'_r V_0 = n_r V_0 \left(1 - \frac{v\cos\alpha}{c}\right) / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \\ &= \frac{5}{3} N \frac{1 - 0,8\cos\alpha}{1 + v^2 t^2 / r_0^2}, \end{aligned}$$

$$\text{де } \cos\alpha = \frac{vt}{\sqrt{r_0^2 + v^2 t^2}}.$$

На початку руху $N' = \frac{5}{3} N \approx 180000$, наприкінці п'ятої години руху $N'_r \approx 44$.

Зазначмо, що можлива й інша інтерпретація 5 годин польоту, як часу за годинником пілота космічного корабля. У цьому випадку з урахуванням ефекту сповільнення часу з точки зору земного спостерігача пройде

$$t = 5 \text{ год} / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{5}{3} \cdot 5 \text{ год} = 8 \text{ год } 20 \text{ хв.}$$

За більший час корабель відлетить далі від Сонця. Розв'язок задачі залишиться без змін, і тільки при підстановці чисел треба буде поставити інший час руху. При цьому в кінцевій точці кількість нейтрино в об'ємі людини становитиме 36 % від попереднього значення, тобто $N'_r \approx 16$. У цьому випадку про кількість нейтрино вже слід говорити у статистичному сенсі.

Розгляньмо тепер іншу інтерпретацію умови задачі, за якою ми маємо знайти кількість нейтрино, що за 5 годин руху влітають у людину (перетинають її поверхню). Відповідь на таке запитання залежить від форми тіла та його розташування. Справді, якщо об'єм організувати у вигляді тонкої поверхні і розташувати її перпендикулярно до руху нейтрино, кількість частинок, які увійдуть в нього (але дуже швидко його й залишать) буде великою.

Якщо ж цю поверхню розташувати паралельно до напрямку руху нейтрино, їхня кількість, яка увійде в об'єм, буде відносно малою. Автор задачі приєднується до думки одного з учасників олімпіади, за якої для моделювання природно використати форму кулі, враховуючи можливий рух реального мандрівника під час польоту і зміну напрямку перетинання "променями" нейтрино його тіла. Тоді у власній системі відліку, попри напрям руху частинок, площа перерізу завжди дорівнюватиме зазначмо, що розв'язання цієї задачі в межах класичної фізики пов'язано з більшими математичними труднощами, оскільки за класичним законом додавання швидкостей відносна швидкість нейтрино змінюватиме з часом внаслідок зміни кута α .

Додаток 1

Під час знаходження відношення концентрацій 1-м способом ми отримали

$$\frac{n'}{n} = \frac{l}{l'} = \frac{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{u'^2}{c^2}}} = \frac{1 - \frac{uv}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

і фактично відтворили закон перетворення квадрата швидкості з переходу від однієї системи відліку до іншої (що можна знайти і безпосередньо через складові швидкості):

$$\frac{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{u'^2}{c^2}}} = \frac{1 - \frac{u_x v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

З урахуванням останнього виразу формула для концентрації потоку частинок у власній системі відліку спостерігача (навіть якщо вони рухаються зі швидкістю не обов'язково близької до світлової) має вигляд:

$$\frac{n'}{n} = \frac{1 - uv \cos \alpha / c^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

Якщо швидкість близька до світлової, отримуємо результат, який співпадає з доплерівським:

$$\frac{n'}{n} = \frac{1 - v \cos \alpha / c}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

Додаток 2

Під час розв'язання задачі, звісно, не вимагалося знайти всі способи розв'язку або врахувати всі можливі інтерпретації. Ідея наведеного розширеного пояснення до задачі має просвітницьку мету і демонструє існування різних підходів, які, знаходячись у межах шкільної програми, пояснюють як використовувати ефекти сповільнення часу і скорочення довжини для розв'язання задач зі спеціальної теорії відносності.



Зазначмо, що такі підходи, зазвичай, не використовують у реальних розрахунках, а виходять з чотиривимірного формулювання теорії відносності. Але для кращого розуміння змісту релятивістських співвідношень, вони досить корисні.

Також слід застерегти від формального використання ефектів сповільнення часу і скорочення довжини.

Наприклад, час обгону нерухомого потягу потягом, який рухається з релятивістською швидкістю, але має таку ж кількість таких самих вагонів буде однаковим за результатами вимірювань обох систем відліку, а на ідеальному миттєвому фото кулі, яка пролітає повз нас з релятивістською швидкістю, ми побачимо не еліпс, а таку ж кулю, але дещо повернуту. Все це також теорія відносності.

Задача 4.

З умови випливає, що

$$\omega^2 R = g,$$

тобто кутова швидкість обертання станції

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}.$$

Коливання відбуватимуться навколо положення стійкої рівноваги. Очевидно, таке положення відповідає радіальному напрямку нитки маятника. У цьому положенні сила натягу нитки зрівноважує відцентрову силу інерції (ми розглядаємо рух у неінерціальній системі відліку, яка обертається разом із циліндром).

Можна показати, що рівновага буде стійкою, тільки коли точка підвісу та вантаж маятника перебувають по один бік від осі обертання (у всіх інших випадках існують такі малі відхилення від положення рівноваги, що спричинять виникнення рівнодійної сил, яка збільшуватиме це відхилення). Тому коливання можливі тільки за умови $l < R$.

1. Розглянемо спочатку коливання в площині, перпендикулярній до осі обертання. Позначимо відстань від осі обертання до точки підвісу h , тоді в рівновазі вантаж перебуває на відстані $(l + h)$ від осі ($l + h < R$).

Оскільки коливання малі, змінами цієї відстані під час коливань можна знехтувати.

Отже, модуль відцентрової сили інерції $F = m \omega^2 (l + h)$ залишається незмінним, проте слід урахувати зміну напрямку цієї сили.

Якщо кут відхилення маятника від рівноваги φ , то

$$\beta = \frac{l\varphi}{l+h},$$

а кут між напрямками нитки та відцентрової сили інерції дорівнює

$$\varphi - \beta = \frac{h\varphi}{l+h} \text{ (див. рис.)}.$$

Тоді рівняння коливань буде:

$$m x'' = -F \sin \frac{h\varphi}{l+h},$$

або для малих коливань

$$x'' = -\omega^2 (l+h) \frac{h\varphi}{l+h} = -\frac{\omega^2 h}{l} x = -\frac{gh}{lR} x.$$

Ми отримали рівняння гармонічних коливань з періодом

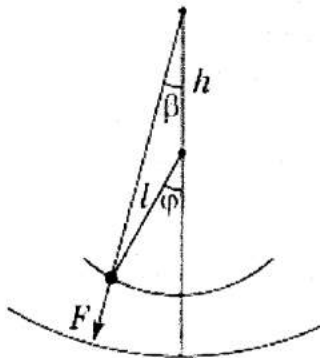
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{lR}{gh}}.$$

Зауважимо:

а) цей період більший від періоду коливань такого самого маятника на поверхні Землі;

б) коли точка підвісу наближається до осі обертання ($h \rightarrow 0$), період прямує до нескінченності (рівновага наближається до байдужої);

в) у нашій системі відліку під час коливань виникає ще одна сила інерції (сила Кориоліса), проте вона напрямлена вздовж нитки, тому не впливає на характер коливань.



2. Розгляньмо тепер коливання у площині, яка проходить через вісь обертання. Відцентрову силу інерції в цьому випадку можна вважати незмінною і за модулем (оскільки під час малих коливань відстань вантажу від осі майже не змінюється), і за напрямком. Тому можна скористатися відомою формулою періоду коливань математичного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{lm}{F}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{\omega^2(l+h)}} = 2\pi \sqrt{\frac{IR}{g(l+h)}}.$$

Зауважимо:

а) цей період теж більший від періоду коливань такого самого маятника на поверхні Землі, але менший від періоду, отриманого в пункті 1;

б) для малих коливань складова швидкості вантажу, перпендикулярна до осі, набагато менша від модуля швидкості, тому можна знехтувати її силою Коріоліса.

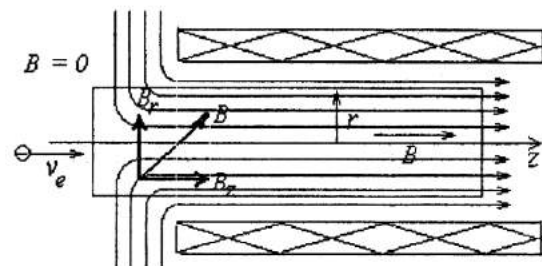
Якщо припустити можливість "примусового" обмеження руху вантажу тільки площиною, яка проходить через вісь обертання, то можливий випадок стійкої рівноваги, за якої точка підвісу та вантаж перебувають по різні боки від осі. Тоді отримуємо період малих коливань

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{IR}{g(l-h)}}.$$

3. Якщо рух відбувається поза розглянутими площинами, то через відмінність отриманих значень періоду коливання не будуть плоскими. Це не відповідає умові задачі, тому цей випадок ми не розглядатимемо.

Задача 5.

Вважатимемо магнетне поле аксіально-симетричним. Тоді в околі отвору, де електрони входять у ділянку однорідного магнетного поля, останнє, як видно з рисунка, має мати радіальну компоненту B_r . На електрони, що пролітають крізь цю ділянку, діє сила, яка має азимутальну компоненту. Тому під час проходження крізь отвір у діафрагмі електрон зазнає дії сили в азимутальному напрямку і набуває обертального руху з деякою кутовою швидкістю ω .

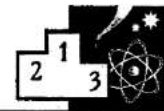


Отже, рух електрона в ділянці, де є магнетне поле, складається з поступального руху вздовж осі z з початковою швидкістю і набуттого обертального руху, так що результуюча траєкторія має вигляд гвинтової лінії. Позначимо довжину перехідної ділянки через l .

Для опису обертання електрона можна скористатися другим законом Ньютона у формі

$$K = \frac{\Delta G}{\Delta t}, \quad (1)$$

де $K = ev_0 B_r(r)$ – момент сили; $\Delta G = mr^2 \omega$ – момент кількості руху (щодо осі z), якого електрон набуває, потрапляючи в однорідне магнетне поле; $\Delta t = l/v_0$ – час прольоту через



перехідну ділянку; v_0 – початкова швидкість пучка; r – віддаль від траєкторії окремого електрона до осі системи; e та m – заряд і маса електрона. $B_r(r)$ – це значення певної компоненти у перехідній ділянці на віддалі r від осі системи.

Підставивши ці величини у (1), можна знайти вираз для ω :

$$\omega = \frac{eB_r(r)l}{mr} \quad (2)$$

Для оцінки величини $B_r(r)$ скористаємося умовою неперервності магнетних силових ліній.

Розглянемо циліндр довжиною l , вісь якого збігається з віссю z , одна з основ лежить у ділянці, де магнетного поля немає, а друга – в ділянці, де воно однорідне й паралельне осі z . Тоді всі силові лінії, що входять у циліндр крізь одну з його основ, мають виходити крізь бічну поверхню.

Як відомо, індукція магнетного поля обернено пропорційна до густини (на одиницю

площі нормальної поверхні) силових ліній. Тоді умова рівності кількості ліній, що входять у циліндр крізь його основу і виходять крізь бічну поверхню, набуває вигляду:

$$\pi r^2 B = 2\pi r l B_r(r), \quad (3)$$

звідси

$$B_r(r)l = \frac{1}{2} Br. \quad (4)$$

Підставляючи (4) до (2), остаточно отримуємо:

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{e}{2m} B = \\ &= \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-31}} = 2,67 \cdot 10^9 \text{ рад/с} \end{aligned}$$

або

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = 4,25 \cdot 10^8 \text{ Гц} = 425 \text{ МГц.}$$

Оскільки ω не залежить від r , то весь пучок як ціле обертатиметься довкола осі z із цією кутовою швидкістю.

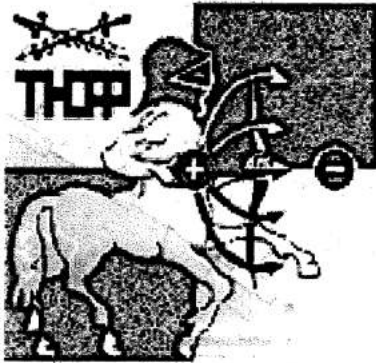
До видатних людей завжди пильніше приглядаються інші: про них складають дотепні історії, вигадують різні розповіді, записують їхні вислови, що згодом часто стають відомими цитатами...

ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Якось, перебуваючи у Швеції, Нільс Бор поїхав зі своїми друзями на вокзал зустрічати брата. На вокзалі Бор пішов придбати квитки для всіх. Невдовзі він повернувся з квитками і сказав: – У нас у Данії квиткові автомати працюють на електриці, а тут перед тим, як опустити монету, треба стати на невелику площадку. Тут автомат спрацьовує завдяки силі тяжіння, не витрачаючи дорогу електроенергію.

Однак, коли Бор з друзями підійшли до виходу, контролер не пропустив їх на перон.

– Це не квитки, – пояснив він Бору. – Це квитанція ваги-автомата, на якому ви чомусь декілька разів зважувались.



ЗАДАЧІ ХХ ВСЕУКРАЇНСЬКОГО ТУРНІРУ ЮНИХ ФІЗИКІВ (2011/2012 навчального року)

1. Придумай сам – біогаз.

Під час виготовлення натурального хлібного квасу відбувається бродіння; у результаті виділяється газ. Сконструйте кораблик, двигун якого працював би на цьому газі. Від чого буде залежати потужність і ККД виготовленого Вами двигуна? Вихідної хлібної сировини для виготовлення квасу повинно бути не більше 100 г.

2. Пилова клякса.

Поясніть і опишіть явища, які спостерігаються, якщо висипати на поверхню води суху суміш легких частинок (кава, пил, сухе молоко тощо). Як залежить поведінки суміші від “контактних” властивостей суміші й рідини (змоцувальність, розчинність тощо).

3. Піщаний кратер.

“Пісок вузьким струменем сиплеться з деякої висоти на білий аркуш паперу, утворюючи гірку. Які основні параметри і як впливають на зміну форми профілю піщаної гірки у міру висипання піску?”

4. Ефект Едісона.

Едісон демонстрував термоелектронну емісію за допомогою електрометра й лампочки розжарювання. Як цим способом можна оцінити величину “термоемісійного струму”?

*Наука робить витонченим розум,
навчання ж відточує пам'ять.
(Козьма Прутков, афоризм № 7)*

5. Спотворення.

Якщо розмовляти через багаття, то звук дещо спотворюється. Спотворюється він й у тому випадку, якщо кореспондент бере інтерв'ю у вітряну погоду. Проведіть порівняльний аналіз спотворень звуку в зазначених випадках.

6. Платонові тіла.

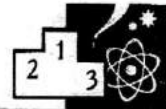
Дослідіть експериментально траєкторію платонових тіл, коли вони котяться по абсолютно шорсткій площині при різних кутах її нахилу. Чим визначається середнє поперечне відхилення платонових тіл при такому русі?

7. Стрибунець.

Відомо, що зварена гречка “стрибає”, коли її розігрівають на сковорідці. Чому? На яку максимальну висоту може підстрибнути зернятко?

8. Рідка лінза.

Дослідіть, лінзу якої максимальної оптичної сили можна одержати, використовуючи краплю дистильованої води.



9. Крапля, що вибухає.

Дослідіть, як залежить максимальний розмір краплі, що вільно падає, від максимального заряду на ній.

10. Гармата Гауса.

Ряд однакових сталевих кульок і сильний магнет розташовані в немагнетному каналі. Ще одна сталева кулька котиться в напрямку до них і стикається з останньою кулькою. Кулька на протилежному кінці ряду починає рухатися зі швидкістю більшою, ніж швидкість, з якою кулька котилася перед зіткненням. Як треба розташувати магнет, щоб досягнути найбільший ефект?

11. Рідкий місток.

Якщо прикласти високу напругу до діелектричної рідини (наприклад, дистильованої води) у двох дотичних склянках (наприклад, пластикових), то між ними може утворитися місток із цієї рідини. Дослідіть, від яких параметрів залежить довжина містка.

12. Яскраві хвилі.

Освітліть резервуар з водою. Коли на поверхні води є хвилі, на дні резервуара можна побачити яскраві й темні візерунки. Вивчіть зв'язок між хвилями та візерунками.

13. Бульбашки.

Чи можна плавати у воді, що містить велику кількість бульбашок? Вивчіть, як сила Архімеда, що діє на предмет, залежить від наявності бульбашок.

14. Пласка течія.

Заповніть рідиною зазор між двома великими прозорими паралельними горизонтальними пластинами. У центрі однієї з них зробіть маленький отвір. Дослідіть течію у такій комірці залежно від рідини, що вливають крізь цей отвір.

15. Запітніле скло.

Подихайте на поверхню скляної холодної пластинки так, щоб на ній сконденсувалася водяна пара. Подивіться на білу лампу через запітнілу пластинку, і ви побачите кольорові кільця довкола розмиті білої плями. Поясніть явище. Як за цим явищем визначити кількість крапель на одиниці поверхні та їхній розмір?

16. Спливаюча бульбашка.

Вертикальна пробірка заповнена в'язкою рідиною. На дні пробірки знаходиться велика повітряна бульбашка. Вивчіть, як ця бульбашка піднімається з дна на поверхню.

*“Входить... й виходить...
Чудово виходить!”*

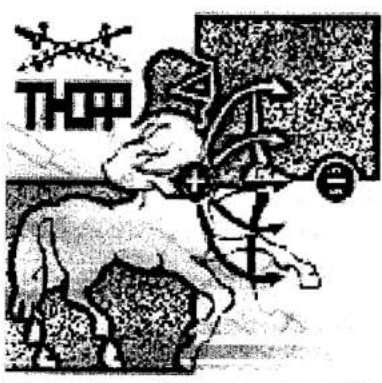
А. Мілн “Вінні-Пух і всі-всі-всі”

17.

Часто трапляється, що м'ячик для гольфа вилітає з лунки відразу ж після того, як він туди потрапив. Поясніть це явище, дослідіть умови, за яких його можна спостерігати.

Задачі запропонували та підготували:

Анісімов І. О. (Київ), Віктор П. А. (Одеса), Гельфгат І. М. (Харків), Главацький К. С. (Трондхейм), Гребенюк Ю. В. (Харьков), Гребенюк М. К. (Ужгород), Зарицький А. М. (Харків), Камін О. О., Камін О. Л. (Луганськ), Кельник О. І. (Київ), Колебошин В. Я., Колебошин С. В. (Одеса), Колупасв І. М. (Харків), Кременський Б. Г. (Київ), Кулінський В. Л. (Київ), Маслечко А. М. (Одеса), Матвейчук О. І. (Ейндховен), Ненашев І. Ю. (Харків), Орлянський О. Ю. (Дніпропетровськ), Соколов А. Ю. (Одеса), Соколов Е. П. (Запоріжжя), Філатова О. Г. (Ейндховен), Хоменко О. В. (Київ), Чепижко О. О. (Одеса), Чернецький І. С. (Київ) та оргкомітет Міжнародного турніру юних фізиків.



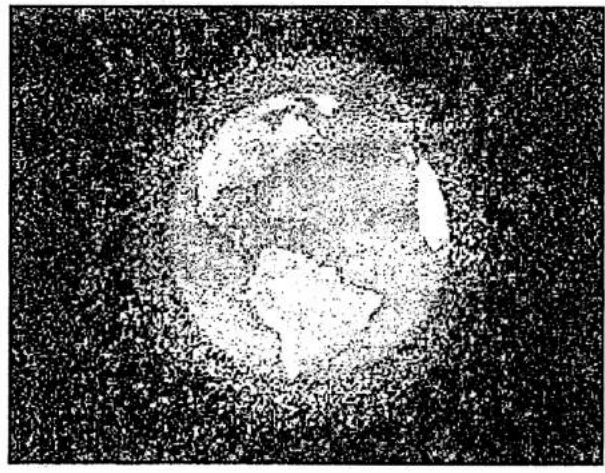
ЗАДАЧІ ХVІ ВІДКРИТОГО ЛУГАНСЬКОГО ТУРНІРУ ЮНИХ ФІЗИКІВ (2012 р., юніорська ліга)

1. Придумай сам. Лазерна мітла.

На світлині – Земля в оточенні космічного сміття (ця світлина – результат комп’ютерного моделювання НАСА). За нинішніми підрахунками, на орбіті Землі перебуває до 600 тисяч об’єктів діаметром від одного сантиметра. Та за космічних швидкостей навіть найменші об’єкти дуже небезпечні.

Розгляньте з фізичного погляду ідею очищення довколаземного космосу шляхом опромінення лазером частинок “сміття”. Придумайте оптимальну конструкцію пристрою очищення.

Що буде з частинкою в результаті опромінення? Які оптимальні характеристики має мати лазер? Скільки часу забере очищення довколаземного простору? Обчисліть теоретично і зробіть числові оцінки.



2. Весільна аеродинаміка.

Існує звичай: зверху до автомобіля, в якому їдуть наречені, прив’язують повітряні кульки. Опишіть теоретично і дослідіть експериментально поведінку кульок під час руху автомобіля. Зробіть числові оцінки.

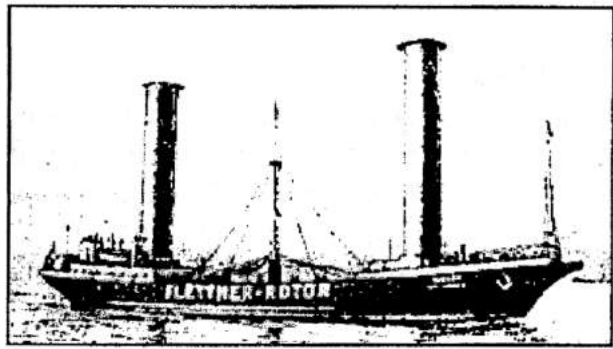
3. Непуста забава.

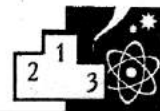
У спокійному морі вдалині від берегів упав камінь. На якій віддалі від місця падіння ще можна без спеціальних приладів виявити хвилі від падіння? Від чого і як залежить ця віддаль? Чи можна визначити місце падіння каменя лише за цими хвилями? Якщо можна, то як? Якщо ні, то чому?

4. Це не труби!

У 1925 році Атлантику пересік корабель, який рухався завдяки обертанню двох великих вертикальних циліндрів.

Поясніть принцип дії такого корабля. Розрахуйте взаємозв’язок між параметрами циліндрів і швидкістю корабля. Зробіть числові оцінки.





5. Бах-бах – і мимо!

Ольга Зайцева, учасниця Кубка світу 2011 року із біатлону, стріляючи по мішені з гвинтівки, промахнулася шість разів із восьми вистрілів. Цю невдачу вона пояснила тим, що дув сильний вітер і “кулі відносило на цілу мішень!”

Наскільки це пояснення правдоподібне з фізичного погляду? Розрахуйте теоретично вплив вітру на віднесення кулі і зробіть числові оцінки.

6. Бешкетна балістика.

Яку гранично можливу швидкість “знаряду” можна отримати за допомогою рогатки? Якими мають бути параметри такої рогатки? Якими мають бути оптимальні параметри “знаряду”?

7. Загадковий фонтанчик.

Консервна банка прив’язана на шнурку, зверху вона відкрита, а в дні просверлена невелика дірка. У банку наливають воду, а тоді її обертають на шнурку у вертикальній площині. За певної швидкості обертання із дірки починає вилітати “фонтанчик” води. Якої максимальної висоти фонтану можна досягти? Дослідіть ефект, який спостерігаєте, експериментально і теоретично. Зробіть числові оцінки.

8. Пекло чи холодильник?

У 1860 році в Індії впав метеорит. Намалювавши на небосклоні вогняний слід, розпечене тіло впало в болото. Як здивувались люди, коли виявили на місці падіння метеорита глибу льоду (сама впливла!). Тобто, “небесний вогонь” приніс до теплої Індії лід!

1. Поясніть цей парадокс.
2. Розрахуйте і числово оцініть, яку масу порівняно з “глибою льоду” мало “розпечене тіло” до контакта із землею атмосферою.

9. Інструмент для рок-концерту.

Якщо кусок гофрованої пластикової трубки (як шланг від пилотяга) крутити над головою, чути музикальний звук. Дослідіть експериментально та опишіть теоретично, як зв’язані характеристики звуку з параметрами обертання трубки. Зробіть числові оцінки.

10. Вибив дно і пішов геть!

У книжці рекордів Гіннеса описано, як каратист б’є долонею по горлу скляної пляшки, при цьому у пляшці вилітає дно, а сама пляшка залишилася ціла. Поясніть явище, опишіть теоретично, зробіть числові оцінки.

11. Кінь біжить – земля дрижить...

Американські індіанці та російські богатири зазвичай прикладали вухо до землі, щоб виявити ворожу кінноту, коли її ще не видно і не чути. З якої відстані це можливо? Опишіть ефект кількісно. Зробіть числові оцінки.

12. Жребій кинутий!

*Не бачу, чому би трьом
благородним донам
не зіграти в кості там,
де їм хочеться!
А. і Б. Стругацькі.
“Важко бути богом”*

Ви вирішили зіграти в кості за допомогою сірникових коробок. Обґрунтуйте з фізичного погляду, скільки очків треба позначити на кожній грані. Дослідіть проблему експериментально, розрахуйте теоретично, зробіть числові оцінки. Розгляньте випадки повної і пустої коробки.

Склад команди – до шести школярів 7–9 класів. Можлива участь двох десятикласників. Турнір відбудеться у м. Луганську наприкінці квітня або початку травня 2012 року.

Змагання відбувається за правилами Всеукраїнського ТЮФу з такими доповненнями: десятикласник має право виходити в ролі Доповідача, Опонента чи Рецензента раз упродовж бою (участь у полеміці виходом не вважається). У фіналі турніру учасникам пропонують нові задачі, які учасники розв’язують упродовж 4–5 годин перед фіналом без участі керівників.



10 КОСМІЧНИХ СЕНСАЦІЙ 2011 РОКУ

1. До Марсу полетів марсохід шукати життя

Апарат нового покоління з атомним двигуном запустили 26 листопада 2011 року з мису Канаверал. Це автономна хемічна лабораторія, яка в декілька разів більша і важча від своїх попередників – марсоходів Spirit і Opportunity. Дослідники передбачають, що марсохід долетить до Марса в серпні 2012 року і приземлиться в районі кратера Гейла діаметром 150 км. За один марсіанський рік або 686 земних днів, марсохід мав би виявити найпростіші організми і провести підготовку до висадки людини на Марс.

2. У метеоритах збереглись інопланетні “цеглинки життя”

У деяких метеоритах в Антарктиді виявили два з чотирьох ланцюгів “цеглинок життя” – як називають молекулу ДНК, в яку вбудовано генетичну програму всіх живих організмів. “Цеглинки” – це аденін і гуанін – позаземного походження.

3. Відкрито планету з двома сонцями

Планета Kepler 16b здивувала вчених тим, що вона обертається довкола двох зір, подібно як наше Сонце, точно як у серіалі “Зоряні війни”.

Згадаймо, що фантастична планета Татуїн, де сонце сходить і заходить двічі, була батьківщиною головного героя кіносаги Люка Скайвокера. На справжній планеті Kepler 16b жити було б неможливо: вона дуже рихла – наполовину з газу і наполовину з каменя. Та попри два сонця, на ній холодно: температура поверхні майже $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це тому, що обидва сонця знаходяться далеко від неї.

4. Фігурки з конструктора “Лего” – подарунки “мешканцям” Юпітера

Американська міжпланетна станція “Юнона” (Juno) у серпні 2011 року стартувала до Юпітера.

На борту станції вчені помістили три фігурки, які зібрано з конструктора “Лего”: богів Давнього Риму (Юпітера та Юнони), а також мініатюрного Галілео Галілея. У руках бога Юпітера – блискавки, Юнони – лупа як символ пошуку істини.

Галілео тримає глобус Юпітера і телескоп. Це фігурки як послання “мешканцям” Юпітера.

Науковці підраховали, що “Юнона” за п’ять років долетить до Юпітера, десь у липні 2016 року.

5. Знайдено величезний алмаз розміром як планета

Учені виявили планету-алмаз – у 10 квінтильйонів карат.

Як стверджують учені з Массачусетського технологічного інституту, вуглець усередині планети під сильним тиском кристалізується, тому планета перетворилася у дорогоцінний камінь. Знаходиться він від Землі відносно недалеко – лише тисячу світових років. Напевно колись люди обов’язково доберуться до космічного алмазу. Діаметр “кристала” – 55 тисяч кілометрів.

На відміну від звичайних, для подібних планет водню і гелію в атмосфері планети домінує кисень.



6. Найближчу до Сонця планету – Меркурій – сфотографував зонд “Посланник”

Уперше в історії астрономії на орбіту Меркурія вийшов зонд НАСА “Посланник” (Messenger). Учені довго очікували цієї події – від 1974 року, коли перший зонд Mariner 10 декілька разів облетів довкола цієї крихітної планети, що розташована найближче від Сонця. Нинішній зонд подолав шлях довжиною майже 8 мільярдів кілометрів від дня запуску 2004 року.

7. У космосі з’явилася величезна хмара води

Учені виявили довкола квазара АРМ 08279+5255 хмарку води масою 140 трильйонів мас світового океану. Це найбільше і найдалше з відомих джерел води у Всесвіті. До того ж, як з’ясували астрофізики, космічний “океан” ледве не зник. Була загроза, що його поглине величезна чорна діра, яка у 20 мільярдів разів більша від маси нашого Сонця.

Уперше астероїд Веста зблизька розглянув зонд “Схід”.

8. Астероїд Веста виявився під наглядом зонда “Схід”

Зонд НАСА “Схід” у липні 2011 року наблизився до мети своєї місії – астероїда Веста. Це другий за величиною астероїд, який входить до групи гліб, які обертаються між Марсом і Юпітером. Його діаметр – 530 км.

Нині “Схід” став штучним супутником Вести, він передає цікаві світлини. Наприклад, недавно він виявив гірську вершину висотою 20 км. Побачив величезний кратер діаметром 458 км і глибиною 12 км.

Веста цікава ученим тим, що її вважають протопланетою, тобто об’єктом, який не встиг сформуватися із “зародка” у “дорослу” планету. Так, спостерігаючи за астероїдом, можна дізнатися, як Земля виглядала у перші дні свого народження.

Місія у Вести має закінчитися у липні 2012 року. Далі “Схід” прямуватиме до карликової планети Церери.

9. Виявлено двійники Землі

Орбітальний телескоп “Кеплер” виявив дві планети поблизу сонцеподібної зорі.

Одна – діаметром майже як Венера, а інша – розміром як Земля. Правда, для життя ці два об’єкти не підходять: розташовані дуже близько до свого світила. Відтак температури на поверхні планет досягають 760 і 427 градусів Цельсія.

А на Kepler 20e загалом не припинялися багаторазові вулканічні викиди.

10. Епоха американських шатлів закінчилась

Закінчилась тридцятирічна програма польотів американських шатлів. Після 135 рейсів останній з них “Атлантик” приземлився на мисі Канаверал у липні 2011 року.

У майбутньому США хоче відмовитись від послуг Росії і передати здійснення космічних польотів приватним космічним компаніям. Планують, що новий літальний апарат з’явиться у США 2016 року.



НАЙДИВОВИЖНІШІ НАУКОВІ ВІДКРИТТЯ 2011 РОКУ

Відомий авторитетний журнал Nature за опитуванням читачів склав рейтинг найдивовижніших наукових відкриттів 2011 року. Погляди були різноманітні та у підсумку на перші місця вийшла фізика

1. Матерія з нічого

Найбільша кількість читачів зацікавилась новиною про те, що шведський учений з Технологічного університету Чалмерса вдалося створити світло з вакууму. Тобто, отримати матерію – фотони – з нічого.

З погляду квантової механіки нічого дивного в експериментах, які провів Пер Делсинг з колегами, нема. Адже вакуум далеко не пустий. У ньому постійно з'являються та відразу зникають частинки. Такі частинки називають віртуальними. Делсингові вдалось їх матеріалізувати.

Під час експериментів учені перетворили віртуальні фотони у справжнє світло.

Як передбачали ще понад 40 років тому, перетворення мало б відбуватися за допомогою дзеркала, що переміщається з дуже великою швидкістю – близькою до швидкості світла. У цьому випадку спостерігачеві здавалося б, що воно само випромінює світло, як ліхтарик. Це гіпотетичне явище називають динамічним ефектом Казимира. Його вперше на практиці продемонстрували шведи.

Замість дзеркала учені використали пластину з надпровідника. Змінювали напрямок магнетного поля декілька мільярдів разів за секунду. У результаті пластина вібривала з величезною частотою. І переміщувалась туди-сюди зі швидкістю 5 % від швидкості світла. Цього вистачило, щоб спостерігати ефект.

2. Швидше від світла

Новина про те, що швидкість світла – це не межа, зайняла лише друге місце в рейтингу. Хоча саме вона поставила під загрозу сучасну фізику разом з теорією відносності Айнштейна, що ні одне матеріальне тіло не може рухатися швидше від світла.

Дослідники, які працюють у ЦЕРНі, запевняли, що зафіксували частинки зі швидкістю більшою від швидкості світла.

Світло, що обігнало нейтрино – субатомні елементарні частинки, що мають масу. Їх випустили з лабораторії в Швейцарії, а зафіксували в Італії датчики детектора OPERA.

Новина про надсвітлові нейтрино з'явилась у вересні 2011 року. Природа феномену досі не зрозуміла. Сенсацію не спростували, інтрига зберігається.

Якщо з'ясується, що швидкість світла в 300 тисяч кілометрів за секунду справді не межа для матеріальних тіл, то колись з'являться шанси перетворити в реальність всю нинішню фантастику про міжзоряні перельоти.

І кораблі полетять швидше від світла, а не лише малесенькі частинки.



Шведська академія наук нагородила Нобелівською премією з фізики 2011 року американських учених Сола Перлмуттера (половиною), Брайана Шмідта та Адама Рісса (розділили другу половину премії) за "відкриття пришвидшення розширення Всесвіту шляхом спостереження далеких наднових".

НОБЕЛІВСЬКІ ЛАВРЕАТИ

2011

Пришвидження розширення Всесвіту



Сол Перлмуттер



Брайан Шмідт



Адам Рісс

Те, що Всесвіт розширюється із пришвидшенням, виявили дослідники із США, Франції, Швеції, Великої Британії, Чилі, Японії, Іспанії та інших країн після декількох років праці у Національній лабораторії Лоренса у Берклі. Учені ще з 1988 року шукали методи використання далеких наднових, щоб виміряти швидкість розширення Всесвіту. Американський фізик Сол Перлмуттер зробив найбільший внесок у дослідження "темної" матерії. Він очолив дослідницьку групу, що й довела наявність пришвидшеного розширення Всесвіту.

Вивчаючи випромінювання наднової зорі такої як Іа, науковці встановили, що Всесвіт розширюється з пришвидшенням. Вони з'ясували, що хоча ця зоря за своєю масою така ж, як і Сонце, а її розміри небагато перевищують Землю, та при цьому вона випромінює таку кількість світла, якого вистачило б, щоб освітити всю галактику.

Сол Перлмуттер (Saul Perlmutter) народився 1959 року в Шампейн-Ербані (штат Іллінойс, США) в інтелектуальній родині.

Його батько, Даніель Перлмуттер, був інженером-хіміком, молекулярним біологом, професором Пенсильванського університету. Мати, Темпл Феліс Дейвідсон, – соціальний працівник, професор Університету. Дідусь по материнській лінії 1919 року емігрував до Канади, а згодом до США із бесарабського містечка Флорешти.

Сол Перлмуттер 1981 року з відзнакою закінчив Гарвардський університет, а 1986 року захистив дисертацію в Каліфорнійському університеті в Берклі. Його науковим керівником був Річард Мюллер.

Вся подальша наукова робота С. Перлмуттера нерозривно пов'язана з Каліфорнійським університетом у Берклі. Нині професор Перлмуттер працює у Національній лабораторії Лоренса, що входить до структури цього університету.

С. Перлмуттер також співпрацював з НАСА і Міністерством енергетики США, щоб побудувати і запустити першу космічну обсерваторію, яку розроблено спеціально для дослідження природи "темної" енергії.



С. Перлмуттер є членом Національної академії наук США, Американської академії мистецтв і наук, від 2003 року – членом Американської асоціації сприяння розвитку науки.

За успішні наукові дослідження Сол Перлмуттер, крім Нобелівської премії, отримав й інші нагороди, серед них премію Ернеста Орландо Лоуренса (2002), звання Ученого року Каліфорнії (2003), премію Джона Скотта (2005), премію Падуї (2005), Міжнародну премію Антоніо Фельтринеллі (2006), премію Шао¹ з астрономії разом з Адамом Ріссом та Брайаном Шмідтом (2006), премію Грубера з космології (2007), премію Діксона в галузі науки Університету Карнегі-Меллона (2009), медаль Альберта Айнштейна (2011).

Брайан Шмідт (Brian P. Schmidt) (австралієць, має також американське громадянство) народився 24 лютого 1967 року в Міссула (штат Монтана, США) у сім'ї екологів. Невдовзі сім'я переїхала до Аляски. Там, в Анкоріджі, Брайан 1985 року закінчив школу, далі продовжив навчатися в Арізонському університеті, який закінчив 1989 року. За чотири роки (1993) він захистив дисертацію у Гарвардському університеті. Науковець 1993–1994 роках працював у Гарвард-Смітсонівському центрі астрофізики.

Б. Шмідт 1995 року переїхав до Австралії, почав працювати в обсерваторії Маунт-Стромло поблизу Канбери, де працює й досі. Він – професор Австралійського національного університету і керівник міжнародного космологічного проекту з виявлення та вивчення далеких наднових таких як Ia. Нині науковець очолює проект із дослідження неба південної півкулі за допомогою телескопа SkyMapper.

¹Премію Шао Іфу називають азійською нобелівською премією. Її заснував 2002 року медіамагнат із Гонконга Шао Іфу. Нею нагороджують науковців за видатний внесок у розвиток важливих галузей світової науки.

Б. Шмідт одружений з Лаурою Нельсон, вони мають доньку.

За успішні наукові дослідження Брайан Шмідт, крім Нобелівської премії, отримав й інші нагороди, серед них премію Австралії та премію Бока (2000), медаль Позі (2001), медаль Вайну Балпу (2002), премію Шао з астрономії разом з Адамом Ріссом і Солом Перлмуттером (2006).

Адам Гай Рісс (Adam G. Riess) народився у грудні 1969 року у Вашингтоні (округ Колумбія, США). Його батько був інженером-кораблебудівником, власником компанії. Мати працювала психологом.

А. Рісс 1992 року закінчив Массачусетський технологічний інститут, 1996 року захистив дисертацію в Гарвардському університеті. Темою його дисертації було дослідження наднових, таких як Ia.

Починаючи з 1998 року Адам Рісс разом із Брайаном Шмідтом стали провідними дослідниками у межах програми пошуку наднових Ia. Того ж року його групі разом із групою дослідників, якою керував С. Перлмуттер, вдалось довести наявність пришвидшеного розширення Всесвіту.

А. Рісс два роки працював у Каліфорнійському університеті в Берклі, з 1999 року продовжив наукові спостереження в Науковому інституті космічного телескопа при Університеті Джонса Гопкінса в Балтіморі (штат Меріленд, США), де працює й досі.

А. Рісс також очолює дослідницьку програму з виявлення віддалених наднових за допомогою телескопа Хаббла. Його групі вдалося відслідкувати розширення Всесвіту на етапах до 10 мільярдів років назад.

А. Рісс одружений з Ненсі Дой Рісс. Вони мають двоє дітей – сина і доньку.

Від 2009 року науковець є членом Національної академії наук США.

За успішні наукові дослідження Адам Рісс, крім Нобелівської премії, отримав й інші нагороди, серед них премію Трамплера (1999),



премію Бока (2001), премію Гелен Ворнер (2003), премію Саклера (2004), премію Шао з астрономії разом із Б. Шмідтом і С. Перлмуттером (2006), грант Мак-Артура (2008), медаль Альберта Айнштейна (2011).

Як сказав Сол Перлмуттер у своєму інтерв'ю, він, як й інші фізики, досліджував Всесвіт, проводячи астрофізичні дослідження. Метою дослідження наднової було виміряти сповільнення розширення Всесвіту завдяки силі тяжіння. Однак науковці побачили пришвидшення. Цей неочікуваний результат свідчить про те, що більша частина Всесвіту може складатися з невідомої енергії (майже 75 %), яку тепер називають "темною" енергією, тобто пришвидшенням розширення.

Ця "темна" енергія є новою таємницею, яка породжує багато нових запитань. Яка фізика за цим стоїть? Чи це є енергія вакуума?

Сол Перлмуттер сподівається, що невдовзі учені знайдуть відповідь на ці фундаментальні питання. Нині активно ведуться дослідження у цьому напрямі.

Здійснюється проект Supernova Cosmology Project (SCP) з дослідження наднової Ia на ве-

ликих червоних зміщеннях, щоб аналізувати результати досліджень розширення Всесвіту, дати оцінки космологічних параметрів і рівняння темної енергії.

Дослідження проводили за допомогою космічного телескопа Хаббла. Дослідники виявили наднові, і розпочалось вивчення їхніх спектрів за допомогою величезних наземних обсерваторій (Keck, VLT, Subaru).

Вивчення наднових у різних галактичних умовах (наприклад, в еліптичних галактиках у скупченнях) може допомагати аналізувати різні системні ефекти, такі як зникнення пилу.

Ще в одному напрямі учені проводять дослідження в межах франко-канадської програми, де досліджують статистику проміжного червоного зміщення наднових в обсерваторії Мауна-Кеа².

Для подальшого вивчення цих наднових зір, створено велику спектроскопічну програму, яку виконують за допомогою обсерваторії Кека та телескопів Близнюків³.

Відкриття Сола Перлмуттера, Брайана Шмідта та Адама Рісса дало поштовх для активних досліджень астрофізики.

²Обсерваторія Мауна-Кеа (англ. Mauna Kea Observatory) – міжнародний проект, до якого входить декілька незалежних дослідницьких центрів, телескопи розташовані на вершині вулкану Мауна-Кеа на висоті від 3730 до 4190 м над рівнем моря в США, на острові Гаваї.

Це одне з найкращих у світі місць для оптичного спостереження в інфрачервоній і видимій ділянці спектра, оскільки розташована вона дуже високо, посеред Тихого океану.

³Обсерваторія "Близнюки" (Gemini Observatory) – це Південний Близнюк (Gemini South) розташований на висоті 2740 м в Андах (Чилі), його брат Північний Близнюк (Gemini North) – на вершині заснулого вулкану Мауна-Кіа (Гаваї). Потужні обсерваторії належать сімом країнам.

До найкращих обсерваторій світу належать також:

- Європейська південна обсерваторія;
- Національна радіологічна астрономічна обсерваторія;
- Космічні телескопи Чандра і Шпітцер;
- Телескоп Корот і космічний телескоп Кеpler;
- Обсерваторія В. М. Кека;
- Обсерваторія Маунт-Вілсон;
- Обсерваторія Паломар;
- Телескоп Галілея;
- Космічний телескоп Габбл.

Галина Шопя,
Львівський національний університет
імені Івана Франка



РОДИНА ВИДАТНИХ ФІЗИКІВ

Видатний данський фізик Нільс Бор походить із професорської родини.

Його батько Христіан Бор був лікарем, доктором медицини, професором фізіології в Копенгазькому університеті, відомим ученим, якого за наукові досягнення двічі висували кандидатом на Нобелівську премію з медицини і фізіології (1907 і 1908 р.).

Нільс Бор став видатним фізиком, наукові праці якого зробили величезний внесок у розвиток фізики ХХ сторіччя. Він 1920 року заснував у Копенгагені Інститут теоретичної фізики. Н. Бора 1922 року нагороджено Нобе-

лівською премією з фізики за “заслуги в дослідженні будови атома”.

Його син, Оге Бор, також став фізиком. Він у роки Другої світової війни працював разом із батьком у Лос-Аламоській лабораторії в США. Після смерті Нільса Бора, 1962 року син очолив Інститут теоретичної фізики, який створив його батько. Оге Бор 1975 року також отримав Нобелівську премію з фізики за “відкриття взаємозв’язку між колективним рухом і рухом окремої частинки в атомному ядрі та розвитку теорії атомного ядра, яке ґрунтується на цьому взаємозв’язку”.

А. Айнштайн так сказав про Нільса Бора:

“Що дивовижно приваблює у Борі як науковцеві-мислителів, то це рідкісне поєднання сміливості та обережності: мало хто володів такою властивістю інтуїтивно схоплювати суть прихованих речей, поєднуючи це із загостреним критицизмом. Він, без сумніву, є одним із найвеличніших розумів нашого сторіччя”.

СТІВЕНУ ГОКІНГУ – 70 РОКІВ

Видатному англійському фізику Стівену Гокінгу виповнилося 70 років. Він народився 8 січня 1942 року в Оксфорді (Велика Британія). Відзначити його ювілей у Кембриджському університеті зібралася на конференцію під назвою “Стан Всесвіту” велика кількість відомих учених. За станом здоров’я сам ювіляр не зміг брати участь у заходах. На конференції виступили Нобелівський лауреат з фізики 2011 року Сол Перлмуттер, королівський астроном Мартін Ріс, відомий фізик-теоретик Кіп Торн та інші.

Стівен Гокінг з молодих років страждає важким неврологічним захворюванням: він втратив здатність ходити, згодом – розмовляти, більшу частину життя науковець прикутий до інвалідного крісла, та це не завадило йому стати одним із найвидатніших фізиків-теоретиків, який досліджує чорні діри і появу Всесвіту. Він спілкується за допомогою комп’ютера.

Науковець сподівається, що відповідь на запитання про появу Всесвіту дослідники отримають за допомогою Великого адронного колайдера. Головним відкриттям у фізиці Гокінг назвав виявлення варіацій у реліктовому випромінюванні Всесвіту, яке збереглося після Великого вибуху. Це підтвердили американські вчені Джордж Смут і Джон Мазер ще 1992 року, а 2006 року за це відкриття вони отримали Нобелівську премію з фізики.

Стівен Гокінг проводить наукові дослідження, написав декілька науково-популярних книжок, зокрема “Коротка історія часу”, “Світ у горіховій шкарлупі”, “Чорні діри і молоді всесвіти” разом із відомим фізиком Роджером Пенроузом, разом із донькою написав дві книжки для дітей “Джордж і тайни Всесвіту” та “Джордж і багатства Всесвіту”, знявся у деяких фільмах.



ПРО КНИЖКУ ОЛЕКСАНДРА ВАЙСБЕРГА “ХОЛОДНА ГОРА”

*Пропонуємо читачеві уривки з передмови до книжки Олександра Вайсберга
“Холодна гора” українського фізика, перекладача книжки Юрія Ранюка.*

Книжка Олександра Вайсберга “Холодна гора” вперше побачила світ 1951 року в Лондоні у видавництві “Хаміш Гамільтон” під назвою “Змова мовчання”, і майже відразу ж у Нью-Йорку у видавництві “Саймон енд Шустер” уже під назвою “Звинувачуваний”, а також у Франкфурті-на-Майні під третьою назвою – “Відьомський шабаш. Росія в горнилі чисток”. Книжку видавали також у Франції, Чехо-Словаччині, Ізраїлі. Останній раз її було видано в Польщі 1990 року як “Велика чистка”.

Народився О. Вайсберг 8 жовтня 1901 року в Кракові в родині заможного купця Самійла Вайсберга та його дружини Марії Бланкштейн. Коли йому виповнилося п’ять років, батьки переїхали до Відня, де він закінчив загальну школу та гімназію. У 1920 році він вступив до університету й водночас до Вищої технічної школи, де вивчав математику, фізику, електротехніку. 1929 року отримав диплом інженера в галузі технічної фізики. Працювати подався до Берліна, оскільки у Відні було важко знайти роботу.

Ще будучи гімназистом, Вайсберг активно поринув у політичну діяльність. Уже в 17-річному віці він долучився до молодіжного соціалістичного руху, згодом його вже можна було бачити серед австрійських соціал-демократів. Вайсберг 1927 року вступив до комуністичної партії Австрії і став активним діячем комуністичного руху. Тому немає нічого дивного, що, отримавши запрошення директора Українського фізико-технічного інституту (УФТІ) І. В. Обреїмова переїхати на роботу до Харкова, Вайсберг без вагань і застережень погодився на його пропозицію. Він вважав,

що його місце комуніста, інженера, науковця у країні будівників соціалізму. У березні 1931 року він разом із дружиною Євою Штріккер уже в Харкові, де для нього почалися роки гарячкової наукової, організаційної та адміністративної діяльності.

Свою наукову роботу в Харкові Вайсберг почав у кріогенній лабораторії, якою керував молодий, але вже досить відомий у науковому світі професор Л. В. Шубников. Маючи деякий досвід видавничої діяльності, Вайсберг виявляє ініціативу в започаткуванні у Харкові міжнародного фізичного журналу, що став видаватися 1932 року німецькою, французькою та англійською мовами.

Перед лабораторією низьких температур УФТІ на той час постала складна дилема: як поєднати фундаментальні та прикладні дослідження в одній лабораторії. І тоді було прийнято, мабуть, чи не єдине правильне рішення – розділити лабораторію. У селищі Липовий Гай на околиці Харкова розпочинається будівництво приміщень дослідної станції глибокого охолодження (ДСГО).

Проект станції та її будівництво від самого початку очолив Вайсберг, який виявив неабиякі господарські та організаторські здібності. Будівлі ДСГО, для зведення яких Вайсберг віддав п’ять років свого життя, стоять ще й досі.

Наприкінці 1934 року політична обстановка в країні стала особливо загострюватись, і Вайсбергові ставало працювати все важче й важче. Міська влада почала наполягати на його виїзді, як іноземця, з СРСР. Але на його захист стало керівництво інституту та Наркомважпрому. Незважаючи ні на що, він про-



довжив швидкими темпами закінчувати будівництво дослідної станції та обладнувати її потрібним устаткуванням.

Неминуче наближався 1937 рік. Навесні 1936 року в Ленінграді було заарештовано дружину Вайсберга, яку він марно намагався визволити з лабет НКВС, користуючись своїми зв'язками в Москві та Ленінграді. На початку 1937 року його самого починають викликати на Раднаркомівську вулицю в Харкові в управління НКВС на допити. На цих допитах йому було запропоновано не більше й не менше, як зізнатися у створенні в УФТІ шпигунсько-диверсійної групи, що працює на користь гестапо, та назвати співників. Це, власне, була пропозиція співпрацювати, яку Вайсберг рішуче відхиляє, після чого 1 березня 1937 року його було заарештовано. Почалася вакханалія "слідства" з його тортурами, "конвеєрами", карцерами, жахливе животіння в тюремних камерах на Холодній Горі та Раднаркомівській вулиці.

Три місяці протримався Олександр Семенович перед тим, як дати згоду на підписання сфабрикованих слідством звинувачень. У лютому 1939 року його переводять до київської Лук'янівської в'язниці, а у вересні того ж року – до головної катівні країни – московської Луб'янки.

Врятували Вайсберга від загибелі три обставини.

По-перше, йому вистачило здорового глузду не прийняти радянське громадянство. Його друг Конрад Вайсельберг, який також прибув до Харкова із Австрії і взяв радянське громадянство, був розстріляний без зайвих церемоній.

По-друге, Вайсберг на слідстві виявив неабияку особисту мужність, не піддаючись ні на умовляння, ні на залякування, стійко переносячи тяжкі катування. Ну й, нарешті, не останню роль відіграла потужна кампанія на його захист, що була організована на Заході і в якій брали участь видатні вчені того часу.

Нижче ми подаємо листа Альберта Айнштейна до Сталіна, який, здається, ніколи не був надрукований у колишньому Радянському Союзі і на який учений так і не отримав відповіді:

“Пасадена, 16 травня 1938 року.
Панові Йосифу Сталіну, Москва, СРСР.

Вельмишановний пане Сталіне,

останнім часом мені все більше доводиться чути про те, що запрошені до Росії вчені звинувачуються у злочинах як люди, які мають стосунки зі своїми іноземними колегами. Я розумію, що під час криз та соціальних напруг на подібних людей можуть падати звинувачення. Але я впевнений, що під загальнолюдським кутом зору, а також в інтересах розвитку російської науки треба знайти спосіб тактовного поводження з людьми виняткових творчих сил та рідкісних здібностей.

З огляду на це прошу Вас звернути увагу на справу Олександра Вайсберга, м. Харків. Вайсберг, австрійський громадянин, інженер-фізик, працював в Українському фізико-технічному інституті в Харкові.

Я особливо хочу попросити Вас узяти до уваги свідчення щодо доктора Вайсберга, професора Мартіна Руемана, керівника дослідної дільниці відділу низьких температур, яке він направив навесні 1937 року в Наркомат важкої промисловості.

З повагою,
професор Альберт Айнштайн.”

Мартін Руеман, британський громадянин, був колегою Вайсберга. Після арешту останнього, він активно став на його захист.

Аналогічного змісту телеграму надіслали Сталінові в червні 1938 року лауреати Нобелівської премії Жан Перрен і подружжя Жоліо-Кюрі. Не обмежившись телеграмою, Нобелівські лавреати також направили Генеральному прокуророві СРСР Вишинському лис-



та, в якому доводили, що Вайсберг – видатний учений і що він ніколи не був ворогом радянської влади та що вони вимагають негайного його звільнення.

“Париж 15 липня 1938 р.
Генеральному Прокурору СРСР
Вишинському,
Москва, СРСР

Шановний пане Генеральний прокурор!

Ми, що нижче підписалися, друзі Радянського Союзу, вважаємо своїм обов'язком довести до Вашого відома такі факти.

Ув'язнення двох видних іноземних фізиків, д-ра Фрідріха Гоутерманса, заарештованого 1 грудня 1937 року в Москві, і д-ра Олександра Вайсберга, заарештованого 1 березня того ж року в Харкові, викликало велике незрозуміння в наукових колах Європи і Сполучених Штатах. Імена пп. Гоутерманса і Вайсберга широко відомі в цих колах, і є небезпека, що їхнє тривале ув'язнення є не що інше, як нова політична кампанія, одна з тих кампаній, що останнім часом завдали тяжкого удару по престижу соціалізму і співпраці СРСР з великими демократіями Заходу. Це тим більш тяжко для тих людей науки, друзів СРСР, котрі завжди намагалися захищати Радянський Союз від нападок його противників. Не отримавши досі ніякої інформації від радянської влади про ситуацію з пп. Гоутермансом і Вайсбергом, попри значний час, що минув після їхнього арешту, неможливо зрозуміти подібні заходи. Пани Гоутерманс і Вайсберг мають численних друзів серед таких відомих діячів науки, як професор Айнштайн у Пасадені, професор Блеккет у Манчестері, професор Нільс Бор у Копенгагені, котрі дуже зацікавлені і не перестають цікавитися їхньою долею. Вайсберга, який є фундатором і редактором “*Journal de Physique de USSR*”, було запрошено професором Айнштайном до університету в Пасадені. На це запрошення він не зміг відповісти, оскільки був арештований.

Аналогічно і д-ра Гоутерманса було запрошено для наукової роботи в один із лондонських інститутів і безпосередньо в день його від'їзду заарештовано на митниці на вокзалі в Москві.

Єдиним офіційним повідомленням про причини арешту п. Вайсберга було звернення радянських властей у березні 1937 року до посольства Австрії в Москві, в якому Вайсберг звинувачувався у шпигуванні на користь Німеччини та підготовці збройного повстання в Україні. Що ж до п. Гоутерманса, то ніякого офіційного повідомлення не було.

Усі ті, хто особисто знайомий з пп. Вайсбергом і Гоутермансом глибоко переконані, що вони є справжніми друзями СРСР і не здатні ні на який ворожий акт. Вони глибоко переконані, що звинувачення проти пп. Вайсберга і Гоутерманса абсурдні і є наслідком прикрого непорозуміння, термінове з'ясування якого є бажаним і з політичного, і з персонального поглядів.

Офіційні заяви відповідальних представників СРСР підкреслюють останнім часом ту обставину, що в процесі кампанії чистки в країні, якій загрожують внутрішні та зовнішні вороги, трапляються помилки, що є неunikним у такий критичний час, і які здійснюються органами. Ці ж люди наполягають на необхідності виправлення цих помилок і випадкових порушень. Ми, що підписали цього листа, та всі друзі обох звинувачуваних переконані, що йдеться про подібне непорозуміння.

Ось чому ми апелюємо до Прокурора СРСР, звертаючи особливу увагу на випадок з пп. Вайсбергом та Гоутермансом, і просимо для порятунку престижу СРСР у іноземних наукових колах вжити потрібних кроків для їхнього негайного звільнення. Політичне значення цієї справи спонукує нас направити копію цього листа п. Сталіну дипломатичними каналами і ми передаємо його копію до посольства СРСР у Парижі.



Просимо Вас дати відповідь якомога швидше, враховуючи терміновий характер цієї справи. Ми просимо Вас, пане Генерал прокурор, прийняти вираження наших щирих почуттів.

Ірен Жоліо-Кюрі,

колишній заступник державного секретаря з наукових досліджень, Нобелівський лауреат

Жан Перрен,

колишній заступник державного секретаря з наукових досліджень, Нобелівський лауреат

Фредерік Жоліо-Кюрі,

професор Коледж де Франс, Нобелівський лауреат.”

Клопотання досягло мети, і 5 січня 1940 року на мосту через Буг офіцери НКВС передали його до рук гестапо. Щоб, боронь Боже, не поперелякувати своїх колег із гестапо, Вайсбергові перед його переданням було встановлено режим підсиленого харчування.

Це була ганебна акція. З одного боку, було буцімто задоволено прохання видатних учених, а з іншого – Вайсберга було передано до рук, які до нього давно пожадливо тяглися й з яких він лише випадково вирвався живим. Дев'ять років провів Вайсберг у “Країні Рад”, із них шість працював в УФТІ, а три – просидів у в'язницях Харкова, Києва та Москви.

По війні Олександр Вайсберг перебрався спочатку до Швеції, а згодом – до Англії, де й опублікував свою книжку. Помер Вайсберг 4 квітня 1964 року в Парижі.

Книжка Вайсберга запізнилася до українського читача на 60 років. Чим же вона може бути цікавою для тих, хто прочитав Антоненка-Давидовича, Гжицького та, особливо, Багрянного? Насамперед, Вайсберг – іноземець, і він звертає увагу на такі сторони радянської дійсності, яких не помічали звиклі до неї місцеві автори.

Книжка Вайсберга написана на харківському матеріалі, й вона разом із “Садом Гетсиманським” Івана Багрянного може слугувати джерелом до вивчення історії харківського ДПУ-НКВС. Саме завдяки цим двом в'язням харківські чекісти сподобилися чи не першими у Союзі прославитись своїми “подвигами” на увесь світ.

І все ж ми вважаємо книжку Вайсберга, яку вже прочитав увесь цивілізований світ, цікавою й корисною для українського читача. Її автор, будучи надзвичайно спостережливою і вдумливою людиною, об'єктивно свідчить про події 1936–1939 років, жертвою яких він сам був. Особливо цікаво та пізнавально прочитати його сповідь разом із документальними матеріалами про справу Українського фізико-технічного інституту (Павленко Ю. В., Ранюк Ю. Н., Храмов Ю. А. Дело УФТИ. – Киев, 1995).

Багато чого з того, про що свідчить Вайсберг, ми тепер уже знаємо. Але його особисті спостереження і враження не можуть бути замінені архівними документами.

Видання книжки О. Вайсберга є здійсненням давньої мрії перекладача, який усе життя працював науковцем в Українському фізико-технічному інституті, бував у колишній квартирі Вайсберга, де його було заарештовано, відвідав колишню Дослідну станцію глибокого охолодження, спорудженням якої керував Вайсберг; мав змогу частково проглянути його досє із архівів.

Переклад із деякими несуттєвими скороченнями здійснено з англomовного лондонського видання 1951 року, що вийшло у видавництві “Саймон енд Шустер”. Перекладач також користувався польським перекладом варшавського видавництва “Чительник” 1990 року, який значно доповнений порівняно з англійським. Зокрема, в польському виданні більше подробиць про життя автора в Харкові та його роботу в УФТІ.

Олександр Вайсберг. Холодна гора / Переклад українською мовою Юрія Ранюка.
– Харків: Права людини, 2010. – 588 с.: іл.

Книжка “Холодна гора” написана Олександром Вайсбергом, довоєнним працівником Українського фізико-технічного інституту (УФТІ). Свою наукову роботу в Харкові Вайсберг розпочав у криогенній лабораторії, якою керував молодий, але вже досить відомий у науковому світі професор Л. В. Шубніков. Маючи деякий досвід видавничої діяльності, Вайсберг започаткував у Харкові міжнародний фізичний журнал, що почав виходити 1932 року німецькою, французькою та англійською мовами. Він був беззмінним членом його редколегії. Вайсберг 1933 року очолив будівництво Дослідної станції глибокого охолодження (ДСГО) в Липовому Гаю в передмісті Харкова, яке було закінчено 1937 року. Того ж року його було ув’язнено, а 1940 року передано гестапо.

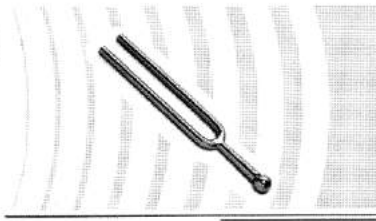
Книжка “Холодна гора” під різними назвами побачила світ 1951 року у Лондоні, Нью-Йорку та Франкфурті-на-Майні. На теренах колишнього СРСР її ніде не видавали.



РЕЗОНАНСИ

Асоціації та афоризми

з колекції
проф. Ярослава Довгого



1. Часопростір

Таїна Часу – це найбільша інтрига в науці, більша, ніж таїна багатовимірною Простору. А може – це єдина сутність?..

2. Мамина арифметика

Мати не дозволяє своїй 15-річній дочці йти на дискотеку:

– Я у твої роки навіть з дому не виходила. Ти краще допоможи мені спекти торт до мого 30-річчя...

3. Найбільший попит

Найбільшим попитом серед друкованої продукції досі користуються грошові купюри.

4. Цікаво знати

Корпус фізичного факультету Львівського університету на вул. Драгоманова, 19 (колишня вул. Мохнацького) – це колишня „Вілла Морачевського”. Там до Першої світової війни була резиденція німецького консульства.

5. Резонанс

– Ану, красуне, негайно взуйся, бо захворієш!
– каже лікар дівчинці, що бігає босоніж.

- Ти чула, що сказав лікар?
- Так, він сказав, що я – красуня!

6. Нова дисципліна

З екологічного погляду, ми дожилися, що у шкільних програмах доцільно було б запровадити актуальну дисципліну – „Сміттєзнавство”.

7. Фізичний закон

Фізичний закон має бути математично гарним.

Поль Дірак

8. Діагностика

Лікар: Роздягайтеся!

Пацієнт: Уже роздягнувся.

Лікар: Тепер одягайтеся!

Пацієнт: Як це?

Лікар: Слух у Вас у порядку!

9. Мінливість моди

Лондонський музей воскових фігур мадам Тюссо, що на вул. Бейкер-стріт, відвідують майже два мільйони осіб у рік. Працівники музею виявили цікаву закономірність: привабливість („популярність”) воскових скульптур не може тривати довше п’яти років. Їх треба „переселяти” у запасники, що знаходяться у графстві Соммерсет, замінивши новими „персонажами”. За певний час це періодично повторюється.

Щось подібне спостерігаємо у періодичній зміні „моди” щодо наукових концепцій. Наприклад, зацікавлення до екситонної концепції то згасало, то поновлювалося через певний період (приблизно 10 років).

10. Тестове запитання у військовому училищі

Чи не в амперах вимірюють силу струму?

Варіанти відповіді:

1. Так;
2. Так точно.



Микола Глущенко (1901–1977)
Зима. Картон, олія. 1972

Народився в Новомосковську Катеринославської губернії (нині Дніпропетровська область).

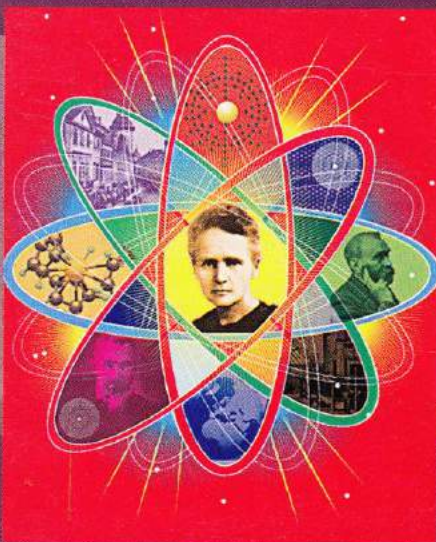
У 1918 році закінчив комерційне училище в Юзівці (нині Донецьк). Незабаром Глущенко зарахували в Добровольчу армію Денікіна. За деякий час він опинився на території Польщі. Там потрапив у табір для інтернованих осіб, звідти втік до Німеччини. Займався в Школі-студії Ганса Балушека в Берліні. У 1920–1924 рр. навчався в Берлінській вищій школі образотворчих мистецтв. У 1925 р. переїхав до Парижа, де зазнав впливу французьких імпресіоністів: К. Моне, Е. Дега, А. Матісса, Ван Гога. Створив портрети Ромена Ролана, Анрі Барбюса та ін. Оформив радянський павільйон Ліонської ярмарки.

Живучи в Берліні та Парижі, Глущенко поєднував амплуа художника і розвідника.

Улюбленою темою Глущенко був пейзаж. Наприклад, рання серія "Берлінські етюди" (1939), цикли документальних пейзажів післявоєнного Києва (1944), картини: "Березень на Дніпрі" (1947), "Київська осінь" (1950), "Відлига" (1956), "Зимове сонце" (1956), "Весна в Карпатах" (1957), "Весна під Києвом" (1961), "Травневий цвіт" (1971), "Травень", "Сонце на морі" (1974), цикли пейзажів з подорожей Італією, Францією, Бельгією, Швейцарією та багато інших.

Понад тридцять років мистецтво Глущенко було безпосередньо пов'язане з Україною. Безліч картин, етюдів, малюнків присвятив рідній природі, її чарівній неповторній красі.

Картини майстра знаходяться в багатьох українських та іноземних музеях і приватних колекціях.



**Наука є підґрунтям
будь-якого прогресу,
що полегшує життя людства
і зменшує його страждання**

Марія Склодовська-Кюрі