

С В І Т

ФІЗИКИ

№1
2011

науково-популярний журнал

*Obiama Privilegy super Leade
mam Leopoli in collegio
pp soc jesu erigendam*



ОСВІЧЕНІ ЛЮДИ Є ОКРАСОЮ БАТЬКІВЩИНИ



350
РОКІВ

ЛВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

100 років
НАДПРОВІДНОСТІ

ЛЬВІВСЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА 350 РОКІВ

*Дорогі студенти, аспіранти, випускники,
викладачі та працівники
Львівського національного університету
імені Івана Франка!*



Сердечно вітаю Вас із початком ювілейного року нашого Університету – одного з найдавніших і найпрестижніших університетів України та Європи.

До 350-літнього літопису Львівського університету золотими літерами вписано імена видатних учених, письменників, митців, політичних і громадських діячів – випускників Університету, імена яких увійшли в українську та світову науку й культуру.

Наука, яку творили у Львівському університеті, належить усьому людству. Учені різних епох формували академічні традиції нашого Університету. Завдяки цій праці він утверджувався, охоплював щораз більшу кількість студентів і викладачів, розширював свій науковий потенціал.

Пам'ятаймо про тих викладачів і студентів, які у нелегких, часом і трагічних, умовах боролися за Український Університет у Львові, помираючи в тюрмах і концтаборах.

Університет уже три з половиною століття перебуває в центрі освітнього, мистецького та політичного життя не лише Львова, а й України та Східної Європи, творить фундаментальні науки, відроджує духовну культуру, зберігає середовище інтелектуальної свободи та поваги до гідності кожної людини, є силовим центром притягання для тих, хто прагне служити Істині, відкриваючи тасмниці Природи і Людини.

Львівський університет останнє сторіччя формувався під впливом великого мислителя, видатного сина українського народу Івана Франка. Його слова: “Якби ці люди зуміли віднайти український національний ідеал, оснований на тих самих свободолюбивих думках, якими вони пройняті, і якби повернули свої великі сили на працю для того ідеалу серед рідного народу, якби поклали свої голови в боротьбі за той ідеал, справа вільної автономної України стояла б як справа актуальна” – донині спонукають кожного з нас укладати своє життя з усвідомленням ваги національної гідності та відповідальності за творення повсякденного сучасного буття української нації.

Університет сьогодні живе завдяки сотням учених, викладачів та десяткам тисяч студентів – тим, чий дії, твори, слово долають кордони, розбивають кригу непорозумінь, формують нові погляди на життя. Університетська спільнота здобуває та поширює нові знання, творить національну культуру, розвиває міжнародну співпрацю, понад усе цінує академічні традиції та відстоює ідеали Свободи.

Університетське життя є багатогранним: для випускників – це спогади про минуле, юні студентські роки, для нинішніх студентів – це здобуття знань, становлення їхніх особистостей, для викладачів і працівників – це творення науки і можливість передавати свої знання і досвід, фундаментальні цінності, що переходять із покоління в покоління, проникають у душі молодих людей і надихають їх удосконалювати суспільство, ушляхетнювати помисли і дії кожної людини. 350-річчя Університету – свято, з яким пов'язане минуле й сьогоднішнє, час роздумів про прийдешнє. Доля України, майбутнє Львівського національного університету імені Івана Франка залежить насамперед від нашої самовідданості та працьовитості, від нашої громадянської позиції, послідовності та рішучості дій кожного з нас. За покликом власного сумління й за велінням серця маємо відстоювати свою національну гідність, захищати державотворчі позиції, берегти і розвивати рідну українську мову, творити і поширювати та популяризувати серед інших народів національну духовну культуру, виховувати покоління свідомих українців, які б гідно представляли нашу державу в європейському й світовому багатомірному просторі.

Бажаю усім сили творчого духу, нестримного прагнення до нових знань та відкриттів, успіхів у здійсненні великої місії – служінню ідеалам мудрості, освіченості і добра на благо Університету й України.

Ректор Іван Вакарчук

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

Виходить 4 рази на рік

Засновники:

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

Головний редактор

Іван Вакарчук

заступники гол. редактора:

Олександр Гальчинський

Галина Шопя

Редакційна колегія:

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", наклад 1000 прим.

Адреса редакції:

редакція журналу "Світ фізики"

вул. Саксаганського, 1,

м. Львів 79005, Україна

тел. у Львові 380 (0322) 39 46 73

у Києві 380 (044) 416 60 68

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

www.franko.lviv.ua/publish/phworld

20 січня 1661 р. – польський король Ян Казимир надав Львівській єзуїтській колегії "гідність академії і титул університету".

24 березня 1759 р. – Папа Римський Климентій XIII підтвердив права Львівського університету.

1773 р. – Львівський університет було закрито.

21 жовтня 1784 р. – імператор Йосиф II підписав диплом про відновлення університету у Львові.

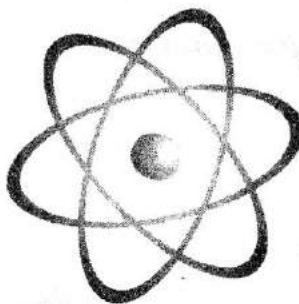
18 листопада 1918 р. – Міністерство віровизнань і освіти Польщі оголосило, що бере Львівський університет під свою опіку і присвоїло йому ім'я польського короля Яна Казимира.

після 1939 р. – Львівський університет імені Яна Казимира перейменовано на Львівський державний університет СРСР.

8 січня 1940 р. – Президія Верховної Ради УРСР присвоїла Львівському державному університету ім'я видатного письменника Івана Франка.

11 жовтня 1999 р. – Указом Президента України Львівському державному університету імені Івана Франка надано статус національного, день Університету.

29 липня 2009 р. – Університетові надано статус самоврядного (автономного) дослідницького національного вищого навчального закладу.



*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

- Свідзинський А.* Мікроскопічна теорія надпровідності –
найяскравіше досягнення теоретичної фізики другої
половини ХХ сторіччя 3
- Локтев В. М.* Кімнатно-температурні надпровідники
як актуальна проблема сучасної фізики і нанофізики 10

2. Фізика України

- Видатний спектроскопіст (до 90-річчя від дня народження
академіка НАН України Михайла Павловича Лисиці) 17

3. Університети світу

- Литовченко В. Г., Стріха М. В.* Українському фізичному
товариству – 20 років 20
- Резолюція Ювілейної конференції “УФТ-2011” 24

4. Олімпіади, турніри...

- Умови задач ІІІ (обласного) етапу Всеукраїнської олімпіади
з фізики (Львів, 2011 р.) 26
- Розв’язки задач ІІІ (обласного) етапу Всеукраїнської
олімпіади з фізики (Львів, 2011 р.) 30

5. Інформація

- Михальчишин Адріан.* Фізика і шахи 41
- Річард Фейнман про фізику з погляду гри в шахи 46

6. Фізика для наймолодших

- Парадокси 48





Мікроскопічна теорія надпровідності – найяскравіше досягнення теоретичної фізики другої половини ХХ сторіччя

А. Свідзинський,

професор Волинського національного університету імені Лесі Українки

Відкриття надпровідності стало несподіваним викликом для теоретиків. На відміну від багатьох явищ і об'єктів світу воно ніким заздалегідь не передбачалося. Подібно до мюона воно з'явилося цілком неочікувано. Парадоксальним здавалося те, що саме найкращі провідники: мідь, срібло, золото не виявляли властивості надпровідності принаймні за тих температур, за яких перейшли у надпровідний стан ртуть, алюміній та багато інших металів.

Лише значно пізніше з'ясувалося, що саме той механізм, який спричиняє опір – взаємодія електронів з коливаннями ґратки (фононами), є відповідальним за надпровідність.

Перші теоретичні успіхи у розумінні поведінки надпровідників ґрунтувалися на феноменологічних міркуваннях, але мікроскопічний механізм явища довго залишався таємницею. Зараз ми розуміємо, що дивного тут нічого немає. До Другої світової війни у статистичній фізиці ще не вміли розв'язувати задачі з урахуванням взаємодії між частинками. Та й навіть після війни у такому сильному фізичному центрі як Харків теоретики розв'язували деякі задачі стосовно поведінки електронів у металах на підставі уявлення, що взаємодія між електронами модифікує їхній закон дисперсії, який навчилися відновлювати на основі експерименту, але надпровідність це ніяк не пояснювало, бо за межі наближення ідеального газу не вийшли.

Водночас квантова теорія поля (квантова електродинаміка) досягла великих успіхів у розробленні ефективного математичного апарату: методу вторинного квантування (Дірак,

Гайзенберг, Паулі, Фок), техніки функцій Гріна (Швінгер, Дайсон), методу функціонального інтегрування (Фейнман, Боголюбов)¹.

Микола Боголюбов став ініціатором застосування цих нових потужних методів квантової теорії поля у статистичній фізиці. Фундаментальним досягненням на цьому шляху стало застосування ним 1947 року методу вторинного квантування в теорії слабо неідеального бозе-газу. Він запропонував і використав своє знамените канонічне перетворення від операторів народження і знищення вихідних частинок – атомів гелію – до квазічастинок і цим заклав основи мікроскопічної теорії надплинності. Згодом (1957) методи цієї роботи були з належною модифікацією перенесені на випадок фермі-системи (електронів у металах) і лягли в основу теорії надпровідності.

Уже у 1950-ті роки почали з'являтися праці, у яких нова математична техніка стала використовуватися для побудови теорії надпровідності.

Герберт Фрьоліх 1950 року висунув важливу ідею, яка стала першою ключовою ідеєю для теорії надпровідності. Зміст її був такий:

¹Власне кажучи, Боголюбов зробив вагомий внесок в усі перелічені методи, зробивши оригінальне формулювання методу вторинного квантування і встановлення його зв'язку з формалізмом операторів комплексів частинок; точний розв'язок у функціональних квадратурах рівнянь Швінгера для функцій Гріна електрона і фотона; він же вказав модель квантової теорії поля, для якої ці квадратури можуть бути точно обчислені.



“надпровідність є наслідком взаємодії електронів з хвилями ґратки, що й зумовлює непряму взаємодію між електронами”. Сміливість концепції Фрьоліха особливо підкреслювалася тією вже зазначеною вище обставиною, що саме та взаємодія, яка у нормальному стані призводить до електричного опору, спричиняє надпровідність. Зі своєї ідеї Фрьоліх зміг зробити висновок про те, що критична температура у родині надпровідних ізотопів певного елемента має бути зворотно пропорційна до квадратного кореня з маси йона. Цей так званий ізотопічний ефект був відкритий того ж року двома групами експериментаторів, що стало вагомим підтвердженням ідеї Фрьоліха. Однак на шляху кількісної реалізації програми Фрьоліха виникли істотні аналітичні труднощі.

Зусиллями Джона Бардіна та Девіда Пайнса 1953 року було проаналізовано суттєво багаточастинкову задачу про взаємодію електронів з коливаннями ґратки і було показано, що внаслідок обміну віртуальними фононами між електронами може виникати ефективне притягання.

Леон Купер 1956 року подав, хоча і в нестрогій евристичній формі, розрахунок, який показав нестійкість основного стану ідеальної фермі-системи при “вмиканні” скільки завгодно слабкого притягання. Явище куперівської нестійкості стало вирішальною ключовою ідеєю для побудови мікроскопічної теорії надпровідності.

Джон Бардін, Леон Купер та Джон Шріффер, спираючись на ідею Купера, 1957 року побудували перший варіант успішної мікроскопічної теорії надпровідності (теорію БКШ). Слід підкреслити, що незалежно від їхньої роботи того ж 1957 року з’явився дубненський препринт Боголюбова, у якому на підставі ідеї Купера про нестійкість був побудований інший варіант теорії надпровідності, який виявився у багатьох відношеннях досконалішим,

аніж теорія БКШ: Боголюбов виходив не з модельного гамільтоніана БКШ, а зі значно реалістичнішого гамільтоніана Фрьоліха, він запровадив канонічне перетворення від операторів електронів до операторів квазічастинок і за допомогою принципу компенсації небезпечних діаграм (певного варіанту варіаційного принципу) отримав всі основні результати теорії БКШ, однак у обґрунтованішій формі. Слід зауважити також, що ще 1958 року (у працях з його учнем В. Г. Соловйовим) з’явилися узагальнені боголюбівські канонічні перетворення – не обов’язково в імпульсному представленні – та відповідно рівняння Боголюбова як умова діагональності по квазічастинковим змінним.

У первісній праці БКШ, а також у публікаціях багатьох інших авторів була спроба розвинути на її підставі теорію ефекту Майсснера, але ці спроби приводили до порушення градієнтної інваріантності. Однак 1959 року в ґрунтовній статті в УФН Боголюбов застосував свої рівняння для побудови послідовної градієнтно-інваріантної теорії ефекту Майсснера. Цим була завершена побудова основ теорії надпровідності, оскільки ефект Майсснера завжди відзначався не менш фундаментальною рисою явища надпровідності, ніж нульовий опір.

Зручний варіант мікроскопічної теорії надпровідності подав також Лев Горьков ще у публікації 1958 року. Він використав техніку мацубарівських функцій Гріна і наближений прийом розщеплення вищих функцій Гріна, який хоч і приводив до успіху, але викликав серйозні питання, що на них сам автор не мав задовільної відповіді, посилаючись на пораду вчинити запропоноване розщеплення з боку Л. Ландау. Насправді запропоноване розщеплення негайно отримувалося з узагальненої теореми Віка у техніці Боголюбова після переходу шляхом канонічного перетворення до квазічастинкових операторів.



Так чи інакше мікроскопічна теорія надпровідності була побудована, і теоретики зайнялися розрахунком великої кількості конкретних явищ, що відбуваються у надпровідниках.

Дуже яскравим досягненням на цьому шляху стало відкриття студентом Браяном Джозефсоном ефекту, що назвали його іменем. Він полягав у можливості протікання слабкого надпровідного струму через контакт двох надпровідників, розділених тонким прошарком ізолятора. Ефект завдячував своїм існуванням явищу фазової когерентності між надпровідниками по обидві сторони контакту і міг інтерпретуватися як когерентне тунелювання куперівських пар. Наскільки нетривіальним було це явище видно з того факту, що Бардін опублікував листа в редакцію "Physical Review" про неможливість спостереження джозефсонівського струму як надзвичайно малого. Однак він був знайдений експериментально і, до речі, важливий внесок у відкриття і вивчення нестационарного ефекту Джозефсона зробили харківські експериментатори (група Ігоря Янсона). Варто зазначити, що відкриття Джозефсоном нового ефекту було ініційоване лекціями з теорії надпровідності Ф. Андерсона, який всерйоз сприйняв вказівку Боголюбова, що на ній той незмінно наголошував, про те, що параметр надпровідного впорядкування визначається рівнянням для щільності з точністю до довільної фази. Різниця фаз між двома надпровідниками в контакті, розділеному тонким прошарком ізолятора, стала тим визначальним параметром, який і зробив можливим опис ненульового струму в тунельному контакті Джозефсона.

Попри всі перелічені досягнення, серед фізиків-теоретиків все ж таки нуртували певні сумніви, які знаходили свій вихід у спробах побудови уточненої теорії надпровідності порівняно з теорією БКШ-Боголюбова; щодо експериментаторів, то вони передусім грішили надто буквальним розумінням концепції куперівського спарювання та утворення бозеконденсату пар зв'язаних електронів з протилежними імпульсами та спінами.

Щодо теоретиків, то деякі з них будували ланцюжки рівнянь для функцій Гріна і намагалися просумовувати ширші класи діаграм або поліпшувати вибір пробної функції. Через те я при нагоді спитав самого Миколу Миколайовича Боголюбова:

– Які гарантії того, що варіаційний метод, давши гарне наближення для енергії, водночас встановить близьку до істинної форму хвильової функції стану?

– Ніякої.

На це Микола Миколайович негайно відповів:

– Ніякої.

Але після цього запитання він надіслав мені препринт одного американського автора, у якому розширювався клас враховуваних членів взаємодії між електронами (зверх тих, що мають протилежні імпульси та спіни) та отримувалася нижча енергія основного стану порівняно з теорією БКШ-Боголюбова. До препринту була додана лаконічна приписка: "Що з цього приводу думаєте?" Уже наступного дня, перевіривши розрахунок, я виявив, що вільна енергія, знайдена у цій праці, залежить від об'єму в степені $4/3$, що є неприйнятним.

Інший випадок був пов'язаний з конденсацією електронів з ненульовим орбітальним моментом. Горьков і Галицький піддали критиці існуючий результат Андерсона і Мореля і за допомогою іншого способу розщеплення функцій Гріна отримали нижчу енергію, ніж у названих авторів. Однак неважко було переконатися, що при їхньому виборі структури конденсату в теорії порушується принцип ослаблення кореляцій на великих відстанях – фундаментальний принцип, на потребі врахування якого завжди наголошував Микола Боголюбов.

Все це спонукало до спроб відійти від варіаційного методу і зрештою привело до фор-



мулювання теорії надпровідності через точну функціональну квадратуру для вільної енергії. Так, замість розв'язку, заснованого на варіаційному принципі, був отриманий точний розв'язок у формі функціонального інтеграла. Останній можна було обчислювати лише наближено, але в принципі ми мали справу з регулярним методом. У головному наближенні відтворилися результати теорії БКШ-Боголюбова, в наступному отримувався опис флуктуаційних ефектів у наближенні хаотичних фаз.

Важливим здобутком була побудова квазі-класичних рівнянь, які мають порівняно з вихідними майже таку ж точність (похибка $\sim 10^{-4}$), але як диференціальні рівняння вони за порядком нижчі, ніж вихідні, а тому допускають розв'язок для вельми широкого класу задач. Зокрема була побудована послідовна теорія надпровідних контактів типу джозефсонівського. Важливі результати в теорії надпровідності пов'язані також з вивченням кінетичних процесів у надпровідниках (Володимир Галайко та ін.).

Теорія надпровідності спричинилася до утвердження глибшого розуміння серед широких кіл фізиків-теоретиків ролі математики у фізиці. Кажу про широкі кола, тому що великі вчені, починаючи з Галілея, добре розуміли, що закони природи написані мовою математики. Однак мірою того як фундаментальні поняття теоретичної фізики ставали звичними, загал фізиків забував про виразні попередження, такі як парадокси Зенона, що вказували на потребу акуратного математичного визначення навіть таких "простих" понять як швидкість (до речі, Фейнман у своїх лекціях з фізики наводить блискучий діалог пані – порушниця правил дорожнього руху – і полісмена, який дозволяє загнати себе у глухий кут через нерозуміння того, що миттєва швидкість є похідна).

Ще у XIX столітті серед широкого загалу було поширене уявлення про те, що математика подібна до млина, який сумлінно перемелює все, що у нього засипають, безвідносно до змісту. А в XX столітті серед фізиків-теоретиків було модно починати доповідь на семінарі словами, близьким до таких: "Фізика справи доволі проста і може бути пояснена на пальцях". Після того як доповідач закінчував такий вступ, він оголошував:

– А тепер займімося математичною стороною справи, – так, немовби фізику і математику можна було розділити.

Поміж тим Боголюбов в одній зі своїх статей чітко нагадав, що в сучасній фізиці фізичні величини набувають дедалі виразнішого математичного змісту. Класичним прикладом є, звичайно, спіні.

Каменем спотикання в теорії надпровідності стали для багатьох молодих науковців поняття куперівської пари та конденсату куперівських пар. Чи є ці пари бозонами, які творять конденсат? – Ні. Як вони тунелюють через тунельний бар'єр? Чи електрони тунелюють незалежно (а згодом знову спарюються) чи пара тунелює як цілісність? Тут легко збачити і прийти до хибного уявлення про надзвичайну мализну джозефсонівського струму у різних контактах. Що ж тунелює насправді? Задовільна відповідь може бути дана у термінах математичного об'єкта – парної кореляційної функції. Відповідний аналіз цієї функції та її ролі в описі конденсату був зроблений у знаменитому боголюбівському преп'ятті "Квазісередні в задачах статистичної механіки", де "фізика справи" була роз'яснена в точних математичних термінах і поклала край болісним дискусіям, які точилися, наприклад, серед теоретиків ФТНТ'у, чому я був і свідком, і учасником. Загострюючи формулювання, можна сказати, що скорше "тунелюють" парні кореляційні функції, аніж поодинокі електрони. Як приклад розглянемо



контакт нормального металу (N) і надпровідника (S) з пласкою границею між ними. У надпровідній частині параметр впорядкування $\Delta(x) = |g|F(x, x, \tau, \tau)$. У нормальному металі константа ефективного притягання $g = 0$ (вона зануляється на відстані від границі порядку атомної $a \sim 10^{-8}$ см), тому в нормальному металі $\Delta = 0$. Щодо аномальної функції Гріна F , то вона змінюється на відстанях порядку довжини когерентності $\xi_0 \sim 10^{-4}$ см, отже, на такій відстані від границі в нормальному металі наводяться парні кореляції. Якщо розглянути систему SNS, де відстань між надпровідниками буде порядку ξ_0 , система загалом стане надпровідною і, за умови увімкнення в електричне коло, через нормальну частину такого контакту, де параметр порядку обертається на нуль, але існують парні кореляції, буде протікати надпровідний струм.

Через проблему надпровідних кореляцій зачитую думки М. М. Боголюбова: “Відзначимо цікаву особливість... корельованих пар частинок. На відміну від звичайних кореляцій класичного типу у конфігураційному просторі, коли два тіла пов’язані між собою силами притягання (Земля і Місяць, протон і електрон у атомі водню) і, так би мовити, індивідуальним чином надовго (якщо не назавжди) приписані один до одного, у розглядуваному випадку, по-перше, треба взяти до уваги квантовий принцип нерозрізнювальності тотожних частинок, а по-друге, той факт, що кореляції мають імпульсний, а не просторовий характер. Тому, по-перше, корельовані пари неперервно змінюють “партнерів”, а по-друге, це швидкоплинне “партнерство” має характер швидкого танцю, під час якого “партнери” знаходяться на значній відстані один від одного”².

²Боголюбов Н. Н. Собрание научных трудов. Т. XII. – М.: Наука, 2009. – С. 454.

Важливий ідейний вплив спричинила теорія надпровідності також на дослідження в галузі квантової теорії поля. Маю на увазі створення єдиної теорії електрослабкої взаємодії. Через те зачитую інші думки М. М. Боголюбова, висловлені ним з нагоди отримання премії ім. А. П. Карпинського:

“У праці про квазісередні була доведена також фундаментальна теорема, за якою у квантовій системі при спонтанному порушенні неперервної симетрії завжди наступає дальнодія. Іншими словами, з’являються безмасові збудження – квантів типу фотона або фонона, обмін якими й призводить до взаємодії з нескінченно великим радіусом. Невдовзі після цього аналогічний результат у квантовій теорії поля отримали інші дослідники.

Згодом було зауважено, що коли об’єднати теорію так званих калібрувальних полів з теорією спонтанно порушеної симетрії, то сукупність безмасового голдстоунівського бозона і безмасового калібрувального бозона еквівалентна масивному калібрувальному бозону. Цей факт був використаний наприкінці 1960-тих років при побудові об’єднаної моделі електромагнетних і слабких взаємодій. Зараз вона вважається вельми ймовірним претендентом на роль реалістичної теорії.

Із наведених прикладів видно, як спільність математичних методів дає змогу встановити ідейні та фізичні зв’язки між різними явищами природи, зумовлює взаємовплив прогресу теорії в різних галузях знання”³.

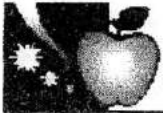
Наведу до висловленого М. М. Боголюбовим такий коментар.

Розгляньмо дві формули:

Першу – для енергії ε квазічастинки в надпровіднику:

$$\varepsilon = \sqrt{\xi^2 + \Delta^2},$$

³Боголюбов Н. Н. Собрание научных трудов. Т. XII. – М.: Наука, 2009. – С. 455.



де ξ – енергія електрона, відрахована від енергії Фермі.

І другу – для релятивістської енергії частинки:

$$E = \sqrt{p^2 + m^2}$$

(швидкість світла $c = 1$).

Впадає у вічі зовнішня подібність цих формул, хоч змістовно вони цілком різні. Але зі сказаного вище Боголюбовим зрозуміло, що аналогія між обома формулами має глибокий внутрішній зміст: подібно до того як виродження стану термодинамічної рівноваги і запровадження квазісередніх забезпечує появу в енергетичному спектрі надпровідника ненульової щільності Δ , так і в теорії калібрувального поля виникає з аналогічних причин відмінна від нуля маса гітсівського бозона m .

Звичайно, у згаданому об'ємному препринті було одержано й чимало інших нових і принципово важливих результатів. Зокрема, були доведені знамениті нерівності Боголюбова, на підставі яких американськими теоретиками було роз'яснено, чому відсутні звичайні фазові переходи у певному класі низькорозмірних систем.

Зауважу, що згаданим препринтом Боголюбов завершив свої дослідження низькотемпературної надпровідності, домігшись для себе граничної ясності. У таких випадках він полюбляв казати:

– На цьому серце заспокоїлося.

Як цікавий казус зазначу, що керівник харківського міського семінару з теоретичної фізики відмовився заслухати доповідь за матеріалами боголюбовського препринта: “Мовляв, там лише одна математика і немає нових фізичних результатів”. І лише за рік цей же керівник семінару запропонував присвятити боголюбовському препринту про квазісередні аж два засідання поспіль, але “вершки” вже були зняті динамічними американцями Гоенбергом, Мерменом і Вагнером.

Успішні пошуки надплинності рідкого He-3 також стимулювалися усвідомленням того, що у цій фермі-системі може реалізуватися “надпровідний” механізм бездисипативної течії. Зауважимо, що теорія надплинності He-3 виявилася вельми багатоманітною і складною завдяки тому, що куперівське спарювання в цій фермі-системі відбувається в станах з орбітальним моментом $l \neq 0$ і може мати різні типи симетрії. Зараз ця галузь стала важливою самостійною цариною низькотемпературної фізики. Так само фундаментальні ідеї боголюбовських теорій надпровідності та надплинності стали провідними в теоріях відповідних ефектів у наносистемах за наднизьких температур.

І нарешті, останнім за чергою, але не за значенням, стало відкриття цілого класу сполук з високотемпературною надпровідністю. Хоча універсальної теорії високотемпературної надпровідності на сьогодні немає, ця галузь фізики привертає увагу великої кількості активних дослідників.

Додаток.

Із виступу під час обговорення доповіді щодо присудження Нобелівських премій у галузі надпровідності

Нині вже велика кількість фізиків-теоретиків усвідомлює, наскільки фундаментальний внесок зробив М. М. Боголюбов і в теорію надпровідності, і в суміжні галузі: теорію надплинності, теорію фазових переходів, загальну теорію конденсованих систем і в стані рівноваги, і в нерівноважному. Визначним є також його внесок в теорію квантових полів. Через те незрідка висловлюються різні здогади, з якої причини він не став Нобелівським лавреатом; часом доводилося чути міркування, на мій погляд, зовсім далекі від істини.

Як на мене, справжні причини доволі прості. Їх дві. Перша полягає в дуже високому



ступені новаторства, повній неочікуваності ідей Боголюбова, особливо для старших за віком науковців, наукова парадигма яких вже склалася і певною мірою закріпилася. Я уже наводив приклад, коли керівник міського теорфізичного семінару відмовився заслухати роботу Боголюбова, не побачивши в ній нічого нового, крім незрозумілої для нього математики. Прозріння прийшло запізно. Ще один характерний випадок подібного роду я спостерігав на захисті дипломних робіт у Харківському університеті, коли в процесі викладу теми дипломниця сказала:

– А тепер зробимо звичайне канонічне перетворення Боголюбова.

При цих словах присутній доктор наук зіскочив з місця і вигукнув:

– Чи чуєте, що вона каже?! Ще рік тому я шукав і не знайшов у всьому Харкові людину, яка могла б мені пояснити, що таке перетворення Боголюбова, а сьогодні ця студентка каже про них, як про щось самоочевидне!

Так, боголюбівські методи здебільшого якось непомітно ставали невіддільною частиною понятійного арсеналу фізичних теорій.

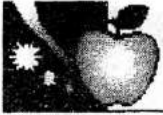
Друга причина полягає в тому, що Боголюбов довгий час сприймався як математик і він справді був феноменальним явищем у цій науці, бо маючи лише освіту за 7 класів середньої школи, вже в 20 років став кандидатом, а в 21 рік – доктором наук після присудження йому премії Болонської академії наук. Уявлення про нього як про надзвичайної сили математика міцно закріпилося в свідомості науковців. А як відомо, згідно із заповітом Нобеля математикам премії його імені не надаються. Коли ж Боголюбов зайнявся фізикою, складні

фізичні проблеми, які він розв'язував, потребували нових надзвичайно потужних математичних засобів, що їх йому доводилося створювати. Як наслідок поставала не лише методично, а й концептуально і змістовно нова фізика, однак цієї обставини не могли одразу усвідомити, бо незвична математика дуже багатоманітно просто затуляла зір.

Сам Боголюбов все це чудово розумів. Якось у розмові про Анрі Пуанкаре із знаменитим математиком В. І. Арнольдом він висловлювався так: “Пуанкаре, як і ми з Вами обидва, був не тільки математиком, а й також і фізиком, навіть природодослідником” (В. І. Арнольд. “Что такое математика?”). Але чи розумів це Нобелівський комітет? Мабуть, не розуміє й досі.

Коли Боголюбов (разом із О. С. Парасюком) опублікував роботу про множення узагальнених функцій типу причинних, вона ще довго сприймалася як суто математична. Але зараз ця основоположна праця належить до найцитованіших у фізичних дослідженнях у сучасній релятивістській квантовій теорії поля, адже з неї випливає існування самого об'єкту дослідження, до неї спроби побудови квантової теорії полів вели до внутрішніх суперечностей, парадоксів.

Боголюбов цілком спокійно ставився до будь-яких нагород (чи їхньої відсутності). Його життя втілювало принцип, декларований Борисом Пастернаком у вірші “Буть знаменитим некрасиво”: “Цель творчества – самоотдача, а не шумиха, не успех”. Щоправда, він сформулював для себе цей принцип ще до того, як поет висловив його у вірші.



Кімнатно-температурні надпровідники як актуальна проблема сучасної фізики і нанофізики

Вадим Михайлович Локтєв,
академік НАН України

Errando discimus.

(Ми вчимося на помилках.)

Латинський вираз

Навіть читачам журналу “Світ фізики”, яких можна вважати освіченими у науково-природничих питаннях, важко уявити, наскільки швидкими або, правильніше назвати, пришвидшеними темпами розвивається сучасна наука. Досить подумки простежити період у одне-два людських життів, як починаєш усвідомлювати, що багато оточуючих нас речей існують чи відкриті, встигнувши перетворитися на буденні, відносно недавно, якщо, звичайно, порівнювати з часом історії людства. Врешті рещт, самій науці в її нинішньому розумінні не більше 350 років, що майже на порядок менше від часу існування, наприклад, християнства. Тому, зрозуміло, вплив науки на розвиток і добробут людей і країн може тільки посилюватися, що спонукає хоча б на популярному рівні, уявляти, які наукові досягнення мають шанс змінити світ у найближчому майбутньому.

Подібні прогнози ніколи не втрачали своєї популярності, особливо актуальними стали на початку XXI сторіччя. Добігає кінця лише його перша декада, а відомий науково-популярний часопис “Scientific American” знову оприлюднив черговий список наукових подій, від яких може суттєво залежати швидкість просування людей до розв’язання їхніх глобальних проблем. Однією з них, на думку багатьох експертів, й найголовнішою є *енергетична проблема*, що,

звісно, не нова і має дві рівноправні складові: забезпечення людства різними видами енергоносіїв й економне їхнє витрачання.

Отже, не дивно, що й раніше, задовго до початку нового тисячоліття і на його порозі, до списку нагальних суспільних очікувань, реалізація яких цілком покладається на людей розумової праці, продовжують вносити такі загальновідомі науково-технічні проблеми, як будівництво реакторів керованого термоядерного синтезу або створення штучного Сонця на Землі, і розв’язання проблеми невитратної доставки електричної енергії від виробника до споживача, для чого треба мати невідомі поки що матеріали (фактично металеві природи) без електроопору – в ідеалі – за нормальних температур і тиску.

Очевидно, що переважна більшість питань, які виникають перед фахівцями відповідного профілю, мають виключно фундаментальний характер, вимагають, зазвичай, значних витрат, тому їх можна буде розв’язувати лише за концентрації зусиль не окремих країн, нехай і передових, а міжнародної наукової спільноти.

Далі спробуємо проаналізувати лише одне з цих питань, а саме: 100-відсоткове енергозаощадження, що спирається на використання таких матеріалів, в яких під час проходження по них електричного струму не відбу-



вається жодних невірних втрат, тобто коефіцієнт їхньої корисної дії досягає свого максимального значення, що дорівнює одиниці.

Для цього нагадаю, що стан металів, які за певної температури починають переносити електричний струм без будь-якого опору, називається надпровідним, а самі вони – *надпровідниками*. При цьому є взагалі великий привід ще раз докладніше поговорити про чудове явище надпровідності та його перспективи саме нині, 2011 року, коли виповнюється 100 років від дня відкриття цього вражаючого й водночас надзвичайно глибокого феномену сучасних фізики і техніки, про який “Світ фізики” вже писав.

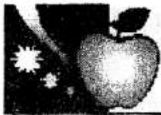
Надпровідність як фізичний ефект зовсім несподівано відкрив нідерландський фізик Гейке Камерлінг-Оннес у Лейденській лабораторії в процесі систематичних експериментів, що ставили за мету вимірювання електричного опору простих металів – олова, свинцю, ртуті – за максимально низьких температур із метою отримання деякого його найменшого, як вважалося, значення (звичайно, для кожного металу свого). Фактично перевіряли висунуту в цей період німецьким фізиком П. Друде гіпотезу про існування в них електронного газу, за якою опір будь-якого металу визначається саме зіткненнями рухомих електронів з його граткою, а точніше коливаннями вузельних атомів (йонів), що утворюють “каркас”, або, як кажуть фізики, періодичну в просторі гратку кристала. При цьому залежність частоти зіткнень від температури була невідома і лише припускалося, що вона має зменшуватися зі зниженням останньої і, як наслідок, падає опір, тобто електрони пересуваються вільніше.

Однак сталося абсолютно не так, як очікували: ще до досягнення найнижчої на той час температури – температури 2,2 К (нижчою від $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$) конденсованого ^4He , що ви-

користовувався в цих експериментах як холодоагент, а точніше, за температури $T_{\text{кр}} = 4,15\text{ K}$, яка згодом отримала назву *критичної*, опір вимірюваних зразків ртуті стрибкоподібно *повністю* зникав, і електрони починали пересуватися в сформованому йонами просторі гратки так, начебто її взагалі не існує.

Відповідні повідомлення Г. Камерлінг-Оннеса про спостереження такої неочікуваної аномалії з’явилися в квітні й травні 1911 року, а вже 1913 року автор цього відкриття отримав Нобелівську премію з фізики. Цікаво, що її формулювання було таке: “*За дослідження властивостей речовини за низьких температур, що зумовили, крім усього іншого, одержання рідкого гелію*”. Тобто формально ученого за відкриття надпровідності премією відзначено не було, хоча у своєму Нобелівському виступі Г. Камерлінг-Оннес присвятив йому значну увагу, де, власне, вперше назвав відповідні провідники надпровідниками. До того ж, як це не дивно, дослідник, будучи “лише” професором університету, зрозумів перспективи і торкнувся тоді тільки можливого в принципі застосування в майбутньому відкритого ним явища для промислового виробництва дротів, що утворюють різноманітні електромережі, щоб електронний рух у них, або струм, якнайменше витрачався на тепло і слугував виключно корисним цілям. Такі дроти розв’язали б енергетичні проблеми людства на багато років уперед. Проте треба зазначити, що загалом ця видатна подія фізики, а як продемонструвала історія, й техніки ХХ сторіччя в той час отримала дуже скромний резонанс, якщо до неї підходити з сучасними мірками.

У подальших дослідженнях упродовж майже п’яти десятиріч було відкрито і синтезовано багато нових (серед них і штучні) надпровідників, але їхня критична температура ледь перевищувала 20 К, що фактично обмежувало їх широке застосування. Там, де цього вимагали певні наукові, виробничі або якісь



інші цілі, а кошти не лімітувалися, надпровідники працювали, але про справді значне проникнення надпровідників у різні галузі, а головне – побут людей, мова не йшла, бо за надто дорогими та громіздкими виявлялися установки з охолодження металів до потрібних низьких температур.

Доречно нагадати, що у 30–40-і роки минулого сторіччя фізика низьких температур посідала дуже помітне місце і в всесвітньому масштабі, і в колишньому СРСР, де особливого розмаху вона набула в Україні. Насамперед, це було пов'язано з славетним ім'ям Л. В. Шубнікова¹, який очолював Кріогенну лабораторію Харківського фізико-технічного інституту. Там уперше в СРСР було отримано рідкий гелій та проводилися всесвітньо відомі дослідження надпровідників. Зокрема, були відкриті надпровідники II-го роду, до яких, зазвичай, відносяться не прості метали, які досліджував Г. Камерлінг-Онесс та його послідовники, а різноманітні сполуки (насамперед сплави) і які тільки й можуть, насправді, використовувати у приладах і електромережах.

Було зрозуміло, що головною перепорою на шляху якнайширшого застосування явища надпровідності є надзвичайно малі значення критичних температур, але свідомі пошуки нових надпровідних речовин унеможлилювались тим, що були невідомі чинники, які її зумовлюють. Про останні взагалі не було ніякої гадки упродовж кількох десятиріч, бо надпровідність виявилась явищем, яке, образ-

но кажучи, вивилось “не по зубах” кільком поколінням найкращих фізиків світу, зокрема й таким геніальним як А. Айнштейн, Р. Фейнман, Л. Ландау. До певного часу, майже півстоліття, попри значні зусилля, теорія була неспроможна що-небудь ґрунтовно пояснити про причини формування надпровідного стану, аж поки 1955 року не було експериментально відкрито так званий ізотопічний ефект, за яким величина $T_{кр}$ виявилась залежною від маси елементів (ізотопів), що утворюють ґратку того чи іншого металу. Це, в свою чергу, означало, що ґраткові вузли, а точніше їхні коливання, про які йшлося вище, хоча і відіграють гальмівну роль для процесу струмопереносу, у надпровідності можуть виявитись конструктивними по суті. Але в чому полягала конструктивність, залишалося загадкою.

На щастя, до вивчення природи надпровідності долучився визначний американський теоретик Дж. Бардін (єдиний учений, що двічі нагороджений Нобелівською премією за дослідження в одній галузі науки, а саме – фізиці), який 1957 року разом із своїми, тоді ще молодими колегами Л. Купером і Дж. Шріффером розробив і опублікував мікроскопічну теорію надпровідності. Вона не тільки пояснила це явище, а й передбачила низку нових ефектів, які спостерігали згодом, зокрема, появу в спектрі металів, що переходять у надпровідний стан, так званої *щільності*.

Великий методологічний внесок у теорію надпровідності зробив наш видатний співвітчизник М. М. Боголюбов, тому часто ця теорія в науково-навчальній літературі зветься теорією БКШ-Боголюбова. Якщо коротко, то в ній було зроблено і доведено безглузде, на перший погляд, припущення, що спрощено зводилось до такого: необхідною і достатньою умовою появи надпровідного стану є *притягання* (!) електронів, яке явно суперечило загальновідомому і добре перевіреному законові Кулона про відштовхування однойменних і

¹На жаль, Л. В. Шубніков працював у ХФТІ лише кілька років, що припали на роки сталінського терору: 1938 року його заарештували і стратили у віці 36 років. Така ж доля чекала і Л. Д. Ландау, що також працював у ХФТІ, але він встиг переїхати до Москви, де хоча й потрапив до тюрми, та завдяки вчасному втручання П. Л. Капиці його не знищили, протримавши там “лише” рік.



притягання різнойменних зарядів. З'ясувалось, що електрони не тільки розсіюються на вузлах ґратки, що породжує опір, а при цьому, попри згадане кулонівське відштовхування, й слабо притягуються один до одного, утворюючи досить стабільні за низьких температур пари, ідею щодо можливості існування яких незадовго перед цим одноосібно висунув Купер. На фізичній мові причина міжелектронного притягання полягає в обміні ними (електронами) коливаннями ґратки. При цьому саме *куперівські* пари стають носіями заряду, що рухаються без опору в надпровідному стані, бо протидіючі одноелектронному струму ґраткові степені вільності вже задіяні в утворенні пар, тому в першому наближенні не заважають їхньому вільному рухові. Звичайно, збільшення температури сприяє їхній руйнації, тому безопірний когерентний рух пар і явище надпровідності загалом можуть існувати лише за достатньо низьких температур, найвищою фізичною межею яких є якраз критична температура.

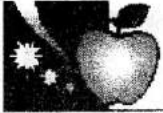
У найпростішому випадку вона визначається з відомої формули теорії БКШ-Боголюбова $T_{кр} \propto \exp(-1/\lambda)$, де \propto – безрозмірна константа електрон-ґраткового зв'язку. Що більший цей зв'язок, то більше значення можна очікувати для $T_{кр}$ того чи іншого матеріалу.

Як тільки механізм формування надпровідного стану став зрозумілим, на пошуки металів і сплавів із відносно великими $T_{кр}$ було кинуте великі сили, але не тільки кожний градус, а й кожна його десята давалися після величезних експериментальних і технологічних зусиль. До того ж теорія, під час звертання до конкретних (і часто-густо досить складних і з хемічного, і з структурного погляду) речовин виявилась неспроможною щодо правильних передбачень величин $T_{кр}$ або хоча б порад експериментаторам і технологам, тому пошук проводили переважно методом проб і поми-

лок, але більше ніж 22–23 К критичну температуру підняти не вдалося.

Такий стан речей все ж не задовольняв дослідників і 1964 року американець У. Літл і радянський фізик В. Л. Гінзбург незалежно і майже одночасно звернули увагу на те, що, врешті-решт, коливання ґратки, тобто фонони, не єдині елементарні збудження в металах, з якими електрони можуть взаємодіяти так, щоб утворити куперівські пари. До таких збуджень було також віднесено деякі інші – зокрема, власні коливання намагнетченості у магнетних металах (так звані *магнони*), малі коливання густини самих вільних електронів (їх називають *плазмонами*), колективізовані в кристалах збуджені стани окремих йонів (*екситони*) тощо. Більш-менш достовірні оцінки показували, що взаємодія електронів з ґраткою не може дати критичної температури, вищої від кількох десятків градусів, але для збуджень електронної природи такого обмеження в принципі не виникає.

Можна вважати, що саме з цих робіт почалася доба високотемпературної надпровідності (ВТНП) – принаймні, як дослідницького полігону, на якому відшліфовувалися ідеї, методи та технології отримання нових сполук з єдиною метою – отримання якомога вищого значення $T_{кр}$. Певна річ, що це були виключно фундаментальні пошуки, але в них знаходило відображення розуміння тих фізичних і хемічних властивостей матеріалів, які, з одного боку, не суперечать високим критичним температурам, а з іншого, – сприяють їхньому формуванню. Важливо також, що відповідні експерименти були спрямовані на розв'язання нагальної й надзвичайно суттєвої для людства проблеми – створення максимально енергозаощадливих матеріалів. Зауважу, що стосовно них один з висновків свідчив на користь низьковимірних сполук, що заздалегідь здавалося дивним.



Фактично знаходячись у руслі цих пошуків, швейцарські експериментатори Й. Беднорц і А. Мюллер звернули увагу на *оксиди міді*, в яких для отримання високої $T_{кр}$ сподівалися використати відому і справді відносно велику електрон-граткову взаємодію. Ідея спрацювала, і 1986 року вони відкрили новий клас надпровідників з температурами, що не на відсотки, а в рази перевищували попередній рекорд. Їм особисто вдалося синтезувати ВТНП сполуку “всього” з $T_{кр} = 35\text{--}40\text{ K}$, та це був шалений прорив у нову шкалу і нові уявлення про можливі величини критичних параметрів, оскільки критична температура – лише один з них, хоча й найважливіший.

Невдовзі, 1987 року, Й. Беднорц і А. Мюллер були нагороджені Нобелівською премією з фізики. Уже знаючи і перевіряючи їхній результат, інші дослідники швидко досягли так званих азотних температур у діапазоні 90–110 K (оскільки температура 77 K зрідження азоту справді помітно нижча). На цей час зафіксований максимум критичної температури становить для купратів 164 K (правда, з використанням техніки високих тисків), який не можна не визнати досить високим, а з позицій ще нещодавніх уявлень він майже фантастичний.

Так, чверть століття тому (ще один ювілей!) почався період експериментального дослідження реальних ВТНП, які, як це не дивно, справді виявились шаруватими сполуками, причому цікавими з фізичного погляду не менше, ніж з прикладної точки зору. Упродовж майже 15 років інтенсивність насамперед фундаментальних досліджень ВТНП була настільки потужною, що ситуацію, яка склалася, фахівці називали дослідницьким бумом. Нині вона дещо впала завдяки проведенню частини робіт в інженерно-технічних лабораторіях й деколи у фірмах, та все ж таки залишилася стабільно високою.

Нинішні школярі та студенти мають знати, що за роки, що минули від часу відкриття ВТНП, виконано тисячі вимірювань, опубліковано десятки тисяч праць, але ясності у фізиці механізму ВТНП як не було, так і нема. ВТНП як явище виявилось таким, до якого ні експериментальна, ні теоретична світові спільноти не були підготовлені. Справді, вихідні сполуки ВТНП – це не метали, а діелектрики, які металізуються лише внаслідок їх гетеровалентного легування, до того ж і їхні властивості, і сама величина $T_{кр}$ безпосередньо від нього залежать, що вимагає певного узагальнення теорії БКШ. Пропозицій є чимало, проте жодна з них не стала загальноприйнятою. Крім того, в них взаємодія між електронами настільки велика, що будь-яка теорія збурень не застосовна для обчислення ВТНП параметрів, а головне – з матеріалознавчого погляду ці сполуки є твердими і досить крихкими *кераміками*, а не пластичними матеріалами, що теж викликає неабиякі труднощі під час їхнього застосування на практиці. В цьому сенсі занадто оптимістичні прогнози застосування конкретних сполук ВТНП, на жаль, не виправдались, але дещо робиться і зроблено – не дуже довгі кабелі, елементи сквідів тощо.

З іншого боку, відкриття ВТНП спонукало до пошуків надпровідності у тих речовинах, де раніше її можливість не припускалася, і в результаті були синтезовані так звані вуглецеві ВТНП на основі молекул фулерену C_{60} . Знайдена надпровідність у давно відомій сполуці MgB_2 , а два роки тому також у сполуках на основі заліза та миш'яку. Критична температура у всіх перелічених випадках досягає 40–50 K, що, як зазначалося, багато років також вважалося недосяжним.

Ці відкриття вкрай важливі з погляду вивчення дотепер невідомих чинників щодо формування в різних речовинах електронних пар. Річ у тому, що чим би не відрізнялись ці речо-



вини одна від одної, єдине, що їх об'єднує – це існування механізму утворення куперівських пар, і фактично мова йде про знаходження такого з них, де б він спрацьовував за максимально високих температур. Закономірності виникнення і величина міжелектронного притягання залишаються головною метою переважної більшості сьогоденних, а також майбутніх експериментальних досліджень, спрямованих на збільшення $T_{кр}$.

Отже, відкриття ВТНП, будучи суттєвим успіхом фізичного матеріалознавства, не зняло з порядку денного основне бажання всіх тих, хто професійно займається надпровідністю – створити хоча б один матеріал, який би був надпровідником саме за нормальних, або, як кажуть, *кімнатних*, умов.

Про синтез подібних сполук, що вже отримали в літературі назву КТНП, згадується у статті в американському журналі саме як про спроможні змінити наше життя. Проте там цілком справедливо та обережно зазначається – *якщо вони взагалі існують*. Не можна при цьому не погодитись, що якою б не виявилась остаточно відповідь на певною мірою риторичне запитання щодо існування КТНП, останнє слово залишатиметься виключно за фундаментальною наукою. Багато з того, що треба зробити, попереду, а, отже, основний “тягар” інтригуючої дослідницької роботи лягає на сучасних, а головне – майбутніх фізиків, хеміків і технологів. Чим це не надздача для молодих читачів “Світу фізики”?!

Не треба бути фантастом, щоб зрозуміти, що надпровідні дроти, що без будь-якого охолодження спроможні переносити електричний струм, особливо якщо йдеться про великі відстані на відкритому повітрі або під водою, кардинально змінили б ландшафт земної карти енергозбереження. Тоді місце розташування електростанцій стало б неважливим і могло б обиратися лише з міркувань екологічної безпеки і зручності.

З азотними надпровідниками, до яких відносяться відомі ВТНП, цього досягти, звичайно, не вдалося. Так, вони значно здешевили використання надпровідників як матеріалів, але все ж не зробили його комерційно вигідним, бо те ж азотне охолоджувальне обладнання не можна назвати дешевим, а якщо можна, то лише порівняно з гелієвим.

Здавалося б, тема вичерпана і задачі зрозумілі. Проте хотілося б звернути увагу читачів на ще один аспект пошуків КТНП, який пов'язаний з нині модними та широко розгалуженими нанофізичними і нанотехнологічними дослідженнями. Не боюсь помилитися, стверджуючи, що однією з найважливіших проблем останніх років могло б стати створення саме нано надпровідників з гранично високою критичною температурою, наприклад, чого було б досить, 20 °С (або майже 300 К).

Коли підійти до справи формально, то такі цифри не здаються недосяжними. ВТНП підняло попередній рекорд приблизно у 4–5 разів (від 20 до 100 К). Тепер же мова, якщо відраховувати від наведеної вище рекордної температури порядку 150 К, йде про, грубо кажучи, двійку, якої б вистачило з великим запасом. Але так стверджувати, звичайно, не можна, задача не здається легкою, й отримання КТНП має бути вельми важкою проблемою.

Оскільки питання ще не визріло, спробую висловити власні міркування. Для отримання притягання між електронами навіть у межах стандартного підходу БКШ, треба зрозуміти, структури яких ґраток найпридатніші (за інших рівних умов) для формування максимальних значень $T_{кр}$. А створення наперед заданих ґраток – це одна з найактуальніших проблем фізики і хемії твердого тіла. Для звичайних кристалів щось нове тут вигадати важко, а от щодо нанооб'єктів, за ними, гадаю велике майбутнє. Справді, можливості провідних нанотехнологів зросли настільки, що вони навчилися складати атоми у ґратки по одному. Якщо знати



оптимальну структуру, яка призводить до формування найбільших $T_{кр}$, то, напевно, отримання такого інтегрального параметра, яким є критична температура, може виявитись технічною проблемою.

Отже, на мою думку, синтез штучних КТНП сполук – це одночасно створення структур з визначеним спектром, сильною електрон-гратковою взаємодією і металевими властивостями.

Для трошки підготовленіших читачів поясню, що складність обговорюваної задачі зумовлюється відсутністю так званого малого параметра та потребою врахування міжелектронних кореляцій.

Є, звичайно, і полегшуючі обставини – досить часто надпровідність мало чутлива до тонкощів і чистоти технології порівняно з технологіями, наприклад, вирощування напівпровідникових структур. Це дає змогу сподіватися, що конструюванням нанокристалічних об'єктів можна досягти бажаної цілі. Так, можна також використовувати різноманітність структур, які утворюються завдяки спеціальному дизайну і правильному, тобто наперед визначеному, підбору хемічних елементів. А з іншого боку, дослідження надпровідників може бути деяким полігоном для відпрацювання нанотехнологічних методик.

Нарешті, варто, здається, звернути увагу молодого читача і на такий аспект пошуків КТНП систем, як можливість існування надпровідних властивостей у біологічних структурах *живих організмів*, які, зазвичай, функціонують лише за нормальних умов. Відповідні

питання зараз жваво обговорюються у науковій літературі, але загалом ще не можуть вважатися остаточно з'ясованими і вимагають, можливо, окремої статті. Єдине беззаперечно: попереду науковців і на цьому напрямі чекає чимало цікавих і складних міждисциплінарних досліджень, які також з повним правом треба відносити до тієї чи іншої науки з приставкою “нано” – нанофізики, нанохемії, нанобіохемії тощо.

А завершуючи, ще раз наголошу, що створення реальних КТНП є, значною мірою, нанотехнологічною проблемою. Її розв'язання зможуть очікувати в тих країнах, які мають сучасні, добре оснащені лабораторії нанокристалічного будівництва. Вони нині є в США, Японії, а нещодавно створено в Росії.

Було б бажано організувати подібну наукову одиницю в Україні, яка завжди була в перших рядах у вивченні надпровідності. Така лабораторія могла б стати джерелом красивих фізичних результатів, генератором “виробництва” нових знань з методів отримання нових матеріалів, базою для підготовки кваліфікованих фахівців, а також вихідною точкою для так званого трансферу технологій.

Справа за “малим” – потрібними рішеннями владних структур і достатніми коштами. Ну і потрібна освічена молодь, розумом і руками якої всі поставлені цілі можуть бути досягнуті.

Хотілося б сподіватися, що серед тих, хто зробить ці мрії реальністю, будуть й сьогоднішні читачі журналу “Світ фізики”...

ФІЗИЧНИЙ СЛОВНИЧОК

Нейтрино – надзвичайно легка частинка, на яку діють тільки слабкі сили і гравітація.

Нейтрон – незаряджена частинка, дуже подібна на протон. Нейтрони становлять майже половину частинок атомного ядра.



ВИДАТНИЙ СПЕКТРОСКОПІСТ



*До 90-річчя від дня народження
академіка НАН України
Михайла Павловича Лисиці*

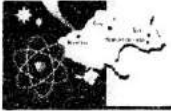
Михайлові Павловичу Лисиці – академіку НАН України, професорові, лавреатові двох Державних премій України в галузі науки і техніки, видатному українському вченому, відомому широкому загалу дослідників своїми основоположними результатами в галузі оптики і спектроскопії, нелінійної оптики і квантової електроніки, фізики твердого тіла і фізики напівпровідників – 15 січня 2011 року виповнилося 90 років.

М. П. Лисиця народився в селі Високому на Житомирщині у селянській родині. Закінчивши 1938 року Київський педагогічний технікум, він працював учителем російської мови і літератури у Фастівській школі, та вже за рік вступив на фізико-математичний факультет Київського державного університету імені Тараса Шевченка. Навчання в університеті перервала війна, до якого він повернувся лише 1945 року. Отримавши університетський диплом 1950 року, Михайло Павлович став аспірантом кафедри оптики, а 1954 року захистив кандидатську дисертацію.

У той час він виконав цикл робіт з оптики тонких шарів, який завершився розробленням теорії багатошарових систем, що стало основою створення важливих оптичних систем для просвітлення оптики, багатошарових поляризаторів і відбивачів світла.

Михайло Павлович упродовж десяти років займався проблемою температурних залежностей інтенсивностей спектрів нормальних коливань молекулярних сполук у газоподібному, рідкому та твердому станах. За результатами цих досліджень учений 1961 року захистив докторську дисертацію. Було започатковано широкий цикл експериментальних і теоретичних досліджень внутрішньомолекулярного резонансу Фермі та міжмолекулярного резонансу О. Давидова, що дало змогу відкрити та обґрунтувати нове явище – комбінований резонанс Фермі-Давидова, яке знайшло визнання у спектроскопістів світу.

Михайло Лисиця 1961 року перейшов працювати в щойно організований академічний Інститут напівпровідників, обійнявши посаду завідувача відділу оптики, і продовжував пра-



цювати за сумісництвом на фізичному факультеті Київського університету ім. Т. Г. Шевченка на посаді професора.

Талант М. Лисиці як ученого широкого світогляду забезпечив успішний розвиток оптичних методів досліджень не лише в його інституті, а й у деяких вищих навчальних закладах України. Серед учнів Михайла Павловича два члени-корреспонденти НАН України, понад 20 докторів і 50 кандидатів наук. Напрями наукової школи з оптики і спектроскопії, яку він створив, включають абсорбційну оптику різних типів елементарних і колективних збуджень у напівпровідниках, люмінесцентні дослідження, комбінаційне розсіяння світла в твердих тілах, нові поляризаційні явища.

Організація відділу оптики збіглася за часом з однією з найважливіших подій розвитку оптики в XX сторіччі – винаходом лазерів. Михайло Лисиця відразу оцінив історичне

значення й перспективу цього відкриття і долучився до досліджень з квантової електроніки і нелінійної оптики. Він був заступником голови комісії з квантової електроніки Академії наук, завданням якої було сприяти швидкому розвитку досліджень у цій новій галузі. Згодом став відповідальним редактором нового періодичного збірника наукових праць “Квантова електроніка” – одного з перших періодичних видань такого напрямку в світі.

У відділі, яким керував Михайло Павлович, було створено діючі зразки твердотільних лазерів і розпочато дослідження механізмів генерації когерентного випромінювання та явищ нелінійної оптики.

Масштабним напрямом досліджень, які започаткували Лисиця та його учень чл.-кор. НАН України М. Я. Валах, стало вивчення коливних фононних збуджень у напівпровідникових кристалах.

Золота медаль імені В. І. Вернадського Національної академії наук України – найвища відзнака НАН України, якою нагороджують за видатні досягнення в галузі природничих, технічних та соціогуманітарних наук.

Медаль засновано 2003 року – в рік 85-річчя створення НАН України на честь першого президента Академії, видатного вченого, академіка В. І. Вернадського. Першим лавреатом став президент НАН України Борис Патон.

Щорічно нагороджують двох учених 12 березня (до дня народження В. І. Вернадського): одного – українського ученого та одного – іноземного.

Медаллю нагороджують лише окремих осіб персонально і за окремі наукові досягнення, і за сукупність наукових праць. Одна й та ж особа не може бути нагороджена медаллю більше одного разу. Медаллю не нагороджують посмертно, крім випадку, коли лавреат помер після прийняття рішення про його нагородження.

Право висунення кандидатів для присудження медалі надається:

Дійсним членам, членам-кореспондентам та іноземним членам НАН України.

Науковим установам, вищим навчальним закладам та науковим радам НАН України.

Науковим та науково-технічним товариствам, іншим громадським об'єднанням учених.

Науково-технічним (технічним) радам міністерств, відомств, науково-виробничих об'єднань, конструкторських бюро, промислових підприємств.

Вручення медалі відбувається в урочистій обстановці на річній сесії Загальних зборів НАН України. Лавреати золотої медалі імені В. І. Вернадського НАН України виступають на цій же сесії з науковими доповідями. Тексти виголошених доповідей публікують у “Віснику Національної академії наук України”.



Великого резонансу серед фахівців набуло експериментальне відкриття М. Лисицею з учнями двох нових нелінійних оптичних поляризаційних явищ: передбаченої раніше теоретично фізиками московського університету ім. М. В. Ломоносова додаткової нелінійної оптичної активності у гіротропних кристалах та принципово нової гігантської оптичної активності у негіротропних кубічних кристалах з домішковими тунельними центрами. Ці явища дали змогу реалізовувати нові методи керування характеристиками світлових променів.

Ще на початку своєї науково-педагогічної діяльності М. Лисиця розпочав експерименти з нанорозмірними структурами – надтонкими шарами атомарних напівпровідників і металів. Тому не дивно, що в останнє десятиріччя він зі своїми учнями дуже результативно долучився до всіх наукових програм, які спрямовані на розвиток нанофізики напівпровідників і наноелектроніки.

До кола зацікавлень Михайла Павловича входять також проблеми фізики живого. Він обґрунтував резонансний характер взаємодії електромагнетних хвиль міліметрового діапа-

зону з живими організмами, зокрема з організмом людини, встановивши ті квантові переходи коливальної, обертальної, інверсійної та спінової природи, які дають лікувальні наслідки під час опромінення згаданими хвилями точок акупунктури меридіана, пов'язаного з хворим органом.

Михайла Лисицю як видатного спектроскопіста Академія наук Чехословаччини нагородила медаллю Йоганеса Маркуса Марці. Він нагороджений чотирма орденами і багатьма медалями колишнього СРСР, є лавреатом двох Державних премій України в галузі науки і техніки. Національна академія наук України 2 лютого 2011 року нагородила Михайла Лисицю найвищою відзнакою – золотою медаллю імені В. І. Вернадського, “за видатні досягнення в галузі оптики і спектроскопії”¹.

Академік М. Лисиця – автор понад 500 наукових праць і майже 40-ка авторських свідоцтв на винаходи. В співавторстві зі своїми учнями він видав 6 монографій, серед яких перша в світі “Волоконная оптика”, перевидана за кордоном англійською мовою, а також 4-томне видання “Занимательной оптики”.

*Редакційна колегія журналу “Світ фізики” щиро вітає
академіка Національної академії наук України*

МИХАЙЛА ПАВЛОВИЧА ЛИСИЦЮ

з 90-річчям від дня народження.

*Бажаємо йому міцного здоров'я, великого творчого довголіття
на благо української та світової науки.*



УКРАЇНСЬКОМУ ФІЗИЧНОМУ ТОВАРИСТВУ – 20 РОКІВ

Українське фізичне товариство стало однією з перших громадських наукових асоціацій, що виникла на хвилі демократичних змін початку 1990-х років не за вказівкою “згори”, а з ініціативи “знизу”.

18 лютого 2011 року в головній аудиторії фізичного факультету Київського національного університету ім. Т. Г. Шевченка відбулася ювілейна конференція “УФТ-2011”, присвячена 20-річчю Українського фізичного товариства, 40-річчю Європейського фізичного товариства та 100-річчю відкриття явища надпровідності.

У конференції брало участь понад 100 фізиків-викладачів, студентів та науковців із різних міст України. Почесним гостем та активним учасником був один з видатних фізиків ХХ сторіччя академік В. Г. Бар'яхтар, перший



Перший президент Українського фізичного товариства, академік Віктор Бар'яхтар

президент УФТ на початку 1990-х, віце-президент НАН України, академік В. Г. Наумовець, проректор Київського національного університету ім. Т. Шевченка В. І. Григоруک, декани фізичного та радіофізичного факультетів цього ж університету та інші гості.

У конференції брав участь президент Європейського фізичного товариства проф. М. Колвас (Польща), що надало зібранню українських фізиків міжнародного характеру.

Перед відкриттям конференції президента ЄФТ було прийнято у президії НАН України, де відбулася важлива розмова про розвиток контактів з головним ученим секретарем та академіком-секретарем Відділення фізики та астрономії, академіками А. Г. Загороднім та В. М. Локтевим.

У вступному слові нинішній президент УФТ В. Г. Литовченко наголосив, що упродовж двох минулих десятиріч УФТ проведе-



Президент Європейського фізичного товариства, професор Мацей Колвас (Польща)



Президент Українського фізичного товариства на початку 1990-х років, член-кореспондент НАН України Сергій Рябченко

но важливу роботу задля виконання своїх статутних завдань – поширення фізичних знань та розвитку фізичних досліджень в Україні.

За ініціативи та за участі УФТ було проведено низку авторитетних міжнародних та українських наукових форумів, зокрема й представницький з'їзд “Фізика в Україні”, який став унікальним майданчиком для спілкування представників різних галузей фізичної науки.

Діяльність УФТ зі зміцнення міжнародного авторитету української фізики мала наслідком визнання Європейським фізичним товариством (ЄФТ) провідних національних наукових видань фізичного профілю: “Українського фізичного журналу”, “Journal of Condensed Matter Physics” та “Журналу фізичних досліджень”. Проведення за ініціативи УФТ у Києві засідання правління ЄФТ дало змогу провідним фізикам континенту на власні очі побачити роботу провідних українських наукових установ та ВНЗ фізичного профілю, переконатися, що фізична наука в Україні має великі традиції і значний потенціал розвитку.

Важливим напрямом діяльності УФТ стала боротьба за покращення рівня фізичної освіти. Саме після звернення товариства (Меморан-

дум про стан природничої освіти в Україні, а також публікацій УФТ у центральній пресі) попередній міністр освіти і науки І. О. Вакарчук провів всеукраїнську нараду з проблем викладання фізики, й кількість годин для вивчення фізики у старших класах було збільшено. На жаль, після зміни керівництва Міністерства ці позитивні кроки були значно знівельовані.

Учасники засідання – перший президент УФТ В. Г. Бар’яхтар, перший голова координаційної ради О. В. Слободянюк, президент УФТ наприкінці 1990-х років С. М. Рябченко – згадали й про важливі сторінки історії товариства. У перші роки своєї діяльності УФТ, встановивши робочі контакти з Американським фізичним товариством, зуміло залучити значні кошти для грантів, для придбання наукової літератури, оргтехніки тощо. Така діяльність допомогла українській науці пережити скрутні кризові 90-ті роки. УФТ налагодило тоді видання й розповсюдження бюлетеня “Фізичний кур’єр”. Згодом основним міжнародним партнером УФТ стало Європейське фізичне товариство. Було також встановлені корисні зв’язки з українськими науковими громадськими організаціями, зокрема з Українською астрономічною асоціацією (президент – академік Я. С. Яцків), якій УФТ щиро вдячно за постійну підтримку.

Про сучасний стан і перспективи ЄФТ у своїй доповіді розповів професор М. Колвас. ЄФТ в останні роки концентрує свою діяльність на підтримці та популяризації відтворювальної енергетики, фізики високоенергетичної плазми, лазерної фізики, Болонської системи освіти, на підтримці коротких повідомлень в експрес-виданні “Europhysics News” з найяскравішими статтями, що опубліковані, зокрема, і в українських журналах, визнаних ЄФТ, а також ініціює нові форми підтримки молодих талантів у межах проекту Young Minds та інше.



Наукову частину склали доповіді з актуальних проблем сучасної фізики.

Академік В. Г. Бар'яхтар, академік М. Ф. Шульга та А. Г. Шепелев торкнулися різних аспектів визначного наукового ювілею: 100-річчя з відкриття надпровідності та 75-річчя відкриття в Українському фізико-технічному інституті (м. Харків) надпровідності 2-го роду. М. Ф. Шульга нагадав про маловідомі сторінки того часу, коли Харків на межі 20–30-х рр. ХХ ст. був не лише столицею України, а й однією з фізичних столиць Європи, куди приїздили не лише виступати з доповідями, а й працювати провідні фізики континенту (членами вченої ради УФТІ були П. Ернфест та П. Дірак, з обома вели поважні переговори щодо завідування теоретичним відділом УФТІ, який врешті-решт очолив Л. Д. Ландау). Син Г. Д. Шепелева, асистента першовідкривача надпровідності-2 Л. В. Шубнікова (що загинув у горнилі сталінських репресій), співробітник ННЦ "ХФТІ" А. Г. Шепелев дав розгорнуту наукову панораму 30-х років, що супроводжувала перші роботи з надпровідності 2-го роду. У доповіді А. Г. Шепелева було подано унікальні архівні документи – зокрема копію особистого рішення наркому внутрішніх справ СРСР Єжова та прокурора СРСР Вишинського від 25 липня 1937 року про розстріл основоположника криогенної фізики в Україні, фізика світової слави Л. В. Шубнікова, довідку про реабілітацію ученого від 1957 року, посвідчення про присудження 1938 року Г. Д. Шепелеву ступеня кандидата фізико-математичних наук за роботу "Магнітні властивості надпровідних сплавів" (на жаль, талановитий учений молодим поліг 1942 року на фронті). А. Г. Шепелев також торкнувся сучасних аспектів фізики надпровідності 2-го роду, зокрема, через потребу створення великих магнетних полів у сучасних пришивидшувачах елементарних частинок надвисоких енергій.



Президент Українського фізичного товариства (2004–2008), професор Іван Вакарчук

М. В. Стріха зробив доповідь на тему "Фізика графену: стан і перспективи". Хоча графен було отримано тільки 2004 року, вже кажуть про появу нової "фізики графену" – інтердисциплінарної науки, яка лежить на стику фізики твердого тіла, фізики високих енергій, фізичної хімії та інженерії. Фізиці графену вже присвячено тисячі статей, а кількість посилань на піонерську працю А. Гейма і К. Новосьолова, де повідомлялось про одержання графену та перші вимірювання на новому матеріалі, на кінець листопада 2010 року перевищило 3300. Присудження Нобелівської премії з фізики 2010 року авторам цієї роботи дало фізиці графену новий поштовх.

Важливо зазначити, що у творенні підвалин фізики графену помітний внесок зробили українські теоретики В. П. Гусинін та С. Г. Шарпов (Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова НАН України). Вони теоретично передбачили такі неординарні властивості графену, як незвичайний цілочисельний квантовий ефект Холла (КЕХ), зсув фази квантових магнетних осциляцій (зокрема осциляцій Шубнікова-де Гааза) і концентраційна залежність циклотронної маси.



Іншою сферою, де внесок українських науковців був і є помітний, стала фізика нерівноважних електронів і дірок. Натхненником і центральною постаттю цих робіт став Ф. Т. Васько (Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України). Він разом зі співпрацівниками провів низку квазікласичних розрахунків явищ переносу для власного та легованого графену, які зумовлені розігрівом носіїв постійним електричним полем, а також фотозбудженням електрон-діркової плазми. Отримані результати можуть мати важливе прикладне значення в оптоелектроніці.

Нарешті, доповідач зупинився на експериментальних і теоретичних роботах, які з кінця 80-х років проводили під керівництвом В. Г. Литовченка (Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України). На підставі робіт нині запропоновано новий напрямок – формування (інженерія) вуглецевих графеноподібних напівпровідників зі зміною ширини забороненої зони. В його основі – фундаментальний механізм змін зонних параметрів напівпровідникових речовин вуглецевого складу (комбінована гібридизація sp^2 - sp^3 , притаманна тільки для вуглецю).

Президент УФТ В. Г. Литовченко зробив доповідь “Сонячна енергетика – досягнення і перспективи”. Давши широкий огляд стану проблеми у світі, доповідач зупинився на розробках українських учених. До них належать сонячні елементи із комбінованими бар’єрами, системи з фасеточними концентраціями сонячної енергії, розробки фоточутливих композитів з квантованим енергетичним спектром (нанопоруватий Si з прозорим ІТО шаром та бар’єром Шотткі, системи з комбінованим (пасивуючим та просвітлюючим) покриттям). Сьогодні роботи в галузі фотовольтаїки важливі як ніколи – адже глобальне потепління ставить перед людством нагальне завдання



Президент Українського фізичного товариства (з 2008 р.), член-кореспондент НАН України Володимир Литовченко

переходу до енергетики на основі нових, відновлюваних джерел, що не приводить до хемічного й теплового забруднення довкілля.

Були також заслухані доповіді історичного та організаційного характеру.

За результатами дискусії було ухвалено Резолюцію, де відзначено основні досягнення УФТ упродовж його 20-річної історії. Водночас у Резолюції висловлено тривогу сучасним станом вивчення фізики у середніх школах та вищих навчальних закладах, загальним станом освіти і науки в державі. Резолюція містить заклик до органів державної влади зробити освіту й науку своїми реальними, а не декларативними пріоритетами, адже від цього залежить майбутнє України. Резолюцію направлено керівникам Міністерства освіти і науки та Національній академії наук України, а також регіональним осередкам Українського фізичного товариства.

В. Г. Литовченко,
президент УФТ,

член-кореспондент НАН України

М. В. Стріха,

*член Бюро координаційної ради УФТ,
доктор фіз.-мат. наук*



РЕЗОЛЮЦІЯ ЮВІЛЕЙНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ “УФТ-2011”

з нагоди 20-річчя Українського фізичного товариства,
40-річчя Європейського фізичного товариства,
100-річчя відкриття явища надпровідності

Ми, учасники ювілейної конференції Українського фізичного товариства, відзначаємо:

упродовж двох минулих десятиріч наша громадська організація, утворена на хвилі демократичних змін початку 1990-х років, провела важливу роботу задля виконання своїх статутних завдань – поширення фізичних знань та розвитку фізичних досліджень в Україні.

За ініціативи та участі УФТ було проведено низку авторитетних міжнародних та українських наукових форумів, зокрема й представницький з'їзд “Фізика в Україні”, який став унікальним майданчиком для спілкування представників різних галузей фізичної науки.

Діяльність УФТ зі зміцнення міжнародного авторитету української фізики мала наслідком визнання Європейським фізичним товариством (ЄФТ) провідних національних наукових видань фізичного профілю: “Українського фізичного журналу”, “Journal of Condensed Matter Physics” та “Журналу фізичних досліджень”. Проведення з ініціативи УФТ у Києві засідання правління ЄФТ дало змогу провідним фізикам континенту на власні очі побачити роботу провідних українських наукових установ та ВНЗ фізичного профілю, переконатися, що фізична наука в Україні має великі традиції і значний потенціал розвитку. На цій Ювілейній конференції був присутній і виступив з доповіддю Президент ЄФТ професор М. Колвас, що також свідчить про зрослий міжнародний авторитет УФТ.

УФТ у взаємодії з ЄФТ приділяло і приділяє значну увагу підтримці молодих науковців-фізиків, створенню для них належних умов для розширення міжнародних контактів і твор-

чого росту, зокрема і в рамках розпочатого ЄФТ проекту “Young Minds”. Зі свого боку, УФТ сприяє через мережу своїх первинних осередків поширенню бюлетеню ЄФТ “Europhysics News”, який інформує наукову спільноту про пріоритетні роботи і досягнення провідних фізиків контенту.

Для виконання своїх завдань УФТ неодноразово звертало увагу органів української влади на неприпустимість падіння рівня фізичної освіти в середніх школах, на потребу подолання занепаду української мікроелектроніки та на небезпеку руйнування системи атестації наукових кадрів через поспішну ліквідацію ВАК України, привертало увагу громадськості до проблем розвитку фізики, освіти й науки загалом через публікації в центральній пресі, виступи на радіо та телебаченні.

УФТ розвивало плідні контакти з іншими науковими організаціями, насамперед з Національною академією наук України (якій УФТ щиро вдячне за допомогу у розв'язанні питання сплати членських внесків до ЄФТ), громадськими організаціями – Академією наук вищої школи України, Українською астрономічною асоціацією тощо.

На жаль, нині ми констатуємо негативні тенденції, які становлять загрозу не лише українській фізиці, а й національній освіті й науці загалом.

Зокрема непродуманий перехід від так і не реалізованої 12-річної середньої освіти, прийнятої в більшості країн Європи, до 11-річної, поставив українських випускників шкіл у відверто неконкурентне становище порівняно з їхніми європейськими однолітками. Особливо очевидно це на прикладі фізики, де вже



було випущено якісний підручник академічного рівня з механіки для 10 класу, одним з авторів якого є видатний український фізик, перший президент УФТ В. Г. Бар'яхтар. Однак всю подальшу програму вивчення фізики, що охоплює основи молекулярної фізики, оптики, електрики та атомної фізики, було стиснуто до рамок одного 11 класу (замість передбачених раніше 2-х: 11 і 12-го), що унеможливило якісне вивчення матеріалу. Фактично це означає, що слід відмовитися від усіх апробованих підручників і докорінно переглянути всю схему вивчення фізики (а також усіх інших дисциплін) упродовж 7–11 класів, що потребуватиме величезних зусиль, матеріальних ресурсів і неминучого кількарічного перехідного періоду, впродовж якого учні не зможуть отримувати по-справжньому системних знань.

Водночас зниження рівня фізико-математичної підготовки у загальноосвітніх школах ставить під загрозу формування наукового світогляду у майбутніх активних громадян України.

УФТ глибоко непокоїть нинішня широка пропаганда антинаукових положень на сторінках газет, у передачах радіо і телебачення. Така ситуація має шкідливі наслідки, зокрема, в області освіти – з молодого людини, сформованої на псевдонаукових положеннях, неможливо буде підготувати фахівця, здатного розв'язувати реальні проблеми. Тому УФТ звертається до засобів масової інформації з пропозицією залучати провідних науковців для наукового коментування їх передач і програм. Водночас УФТ вважає за потрібне під час розв'язання зазначених вище проблем тісно співпрацювати з Асоціацією викладачів фізики у середній школі.

Далі занепадає вивчення фізики в більшості ВНЗ. Ми вважаємо абсолютно неприйнятним зведення курсу загальної фізики у технічних і технологічних університетах до рамок двох, чи навіть одного семестру. За такого знання базової дисципліни майбутні інженери

не можуть задовольняти потребам сучасного виробництва. Нас хвилює те, що здійснення серйозних інноваційних проектів уже оголило проблему підготовки сучасних кадрів, здатних забезпечувати високотехнологічні процеси.

Особливе занепокоєння викликає ігнорування Міністерством освіти і науки, молоді та спорту проблеми оновлення наукового обладнання в найпрестижніших університетах України. Справа дійшла до того, що неможливим стає навіть виконання лабораторних робіт з використанням сучасного наукового обладнання студентами-старшокурсниками.

УФТ хвилює брак уваги з боку сьогоденного державного керівництва до Національної академії наук, що ставить під загрозу перспективи розвитку науки загалом та фізичних досліджень світового рівня зокрема. Ще в гіршому становищі опинилася університетська фізична наука, оскільки вперше за історію незалежної України в Міністерстві освіти і науки було навіть ліквідовано фаховий "науковий" департамент. Нарешті, у стані стагнації перебувають міжнародні наукові контакти України. Не пролонговано термін дії угоди про науково-технічну співпрацю України та ЄС, не створено нової правової бази відносно України з ЦЕРН, не використовуються можливості, які дає Україні її повноправне членство в Європейській науково-інноваційній програмі EUREKA.

УФТ закликає фізичну спільноту України згуртуватися задля захисту системи національної освіти й науки.

Ми переконані: сьогоденній науково-освітній потенціал дає нашій державі підстави реально претендувати на участь у престижному "клубі розвинутих держав". Але це може бути реалізовано лише тоді, коли освіта й наука перетворяться з декларативних на справжні пріоритети державної політики. Як відомо, без науки не може бути сучасної держави.

Ухвалено 18 лютого 2011 року в м. Києві



УМОВИ ЗАДАЧ ІІІ (ОБЛАСНОГО) ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Львів, 2011)

8 клас

Задача 1.

Шматком господарського мила прали 7 разів, у результаті чого його довжина, ширина та висота зменшилися удвічі. Скільки ще разів його можна використати для прання?

Задача 2.

Для охолодження установки потужністю $P = 10$ кВт проточну воду проганяють по трубці з поперечним перерізом $S = 1$ см². Коли режим роботи встановився, вода при проходженні системи нагрівається на $\Delta T = 20^\circ\text{C}$. Яка швидкість протікання води по системі?

Густина води $\rho = 1000$ кг/м³, питома теплоємність води $c = 4200$ Дж/(кг·град).

Задача 3.

Два жуки біжать по прямій доріжці зі сталими швидкостями. У початковий момент $t_0 = 0$ с відстань між ними дорівнювала $s_0 = 20$ м. У момент часу $t_1 = 10$ с відстань між ними стала дорівнювати $s_1 = 5$ м. Яка відстань s_2 буде між жуками у момент часу $t_2 = 20$ с?

Задача 4.

У теплоізоляованій посудині містяться дві рідини з питомими теплоємностями c_1 та c_2 за різних температур, розділені теплоізолюючою перегородкою. Перегородку забирають, і після встановлення теплової рівноваги різниця між початковою температурою однієї з рідин і температурою, що встановилася у посудині, виявилася вдвічі меншою від різниці початкових температур рідин. Знайдіть відношення мас першої та другої рідин.

Задача 5.

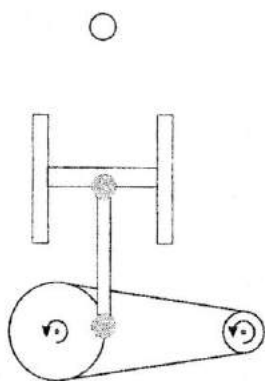
На один кінець легкого тонкого стрижня на низали свинцеву кульку, на інший – алюмінієву. Середина стрижня опирається на вістря. Кульки розміщені симетрично відносно точки опори, а відстань між їх центрами $l = 20$ см. Система перебуває у рівновазі у воді. У який бік та на яку відстань слід змістити алюмінієву кульку для збереження рівноваги системи в повітрі?

Густина свинцю $\rho_c = 11\,300$ кг/м³, алюмінію $\rho_a = 2700$ кг/м³, води $\rho_w = 1000$ кг/м³.

9 клас

Задача 1.

Легка тенісна кулька падає з висоти 80 см на масивний поршень, який приводиться в рух за допомогою маховика радіусом 8 см, як зображено на рисунку. Маховик з'єднаний зі шківом двигуна (радіусом 4 см) пасовою передачею. Двигун обертається зі швидкістю 1200 об/хв. Знайдіть, на яку найбільшу висоту може відскочити кулька після відбивання від поршня. Опором повітря знехтуйте.

**Задача 2.**

На кінцях непровідного тонкого стрижня довжиною $L = 10$ см закріплені дві кульки. Між ними по стрижні вільно ковзає третя кулька масою $m = 20$ г. Усім кулькам надали однакового додатнього заряду $q = 10^{-4}$ Кл. Знайдіть період малих коливань кульки (амплітуда набагато менша від довжини стрижня), якщо її вивести з положення рівноваги і відпустити.

Прийняти

$$\pi = 3, \quad k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}.$$

Задача 3.

Літальний апарат, що складається з підвішених до декількох наповнених гелієм кульок крісла, пасажира та баласту з мішечків із піском, завис на невеликій висоті. Раптом одна з кульок тріснула. Яку мінімальну масу баласту має скинути пасажир, щоб припинити падіння?

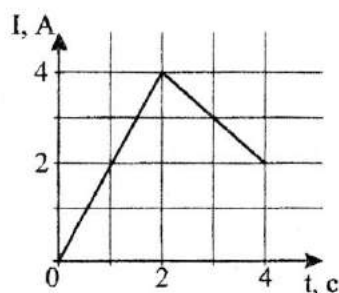
Об'єм однієї кульки – 10 м^3 . Густина повітря $\rho_{\text{п}} = 1,225 \text{ кг/м}^3$, густина гелію $\rho_{\text{ге}} = 0,178 \text{ кг/м}^3$. Масою матеріалу, з якого виготовлено кульки, знехтуйте.

Задача 4.

Предмет знаходиться на відстані 9 см перед збірною лінзою з фокусною відстанню 18 см. Де знаходиться зображення предмета? Яке це зображення – дійсне чи уявне? Збільшене чи зменшене? У скільки разів?

Задача 5.

У посудині з водним розчином хлориду міді (CuCl_2) проводять електроліз. Знайдіть, яка маса міді виділиться на катоді, якщо крізь посудину пройшов струм, залежність якого від часу зображено на графіку. Електрохімічний еквівалент міді становить $3,3 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}$.



10 клас

Задача 1.

Соломинка масою M може рухатися без тертя вздовж схилу, що утворює кут α з горизонтом. З яким пришвидшенням рухатиметься по соломинці мурашка масою m , щоб припинилося зісковзування соломинки?

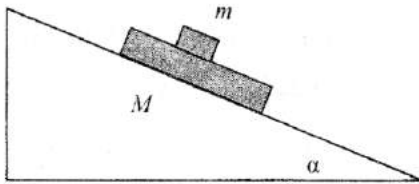


Рис. 1

Задача 2.

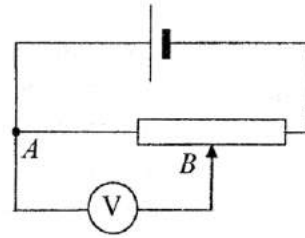
Під час зважування металеві кулі на не рівноплечих важільних терезах вага її на одній шальці $P_1 = 10$ Н, а на другій $P_2 = 14,4$ Н. Визначіть справжню вагу кулі. Архімедовою силою, що діє на кулю з боку повітря, знехтуйте. ($g = 10$ м/с²).

Задача 3.

Дві однакові свинцеві кулі рухаються назустріч одна одній зі швидкостями $V_1 = V$ і $V_2 = 2V$. На скільки градусів вони нагріються внаслідок непружного центрального зіткнення? Питому теплоємність свинцю C .

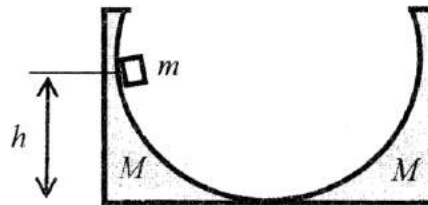
Задача 4.

До потенціометра опором $R = 4$ кОм прикладено різницю потенціалів 110 В. Між кінцем потенціометра і повзунком ввімкнено вольтметр із внутрішнім опором 10 кОм (див. рис.). Яку напругу U_{AB} покаже вольтметр, якщо повзунок стоїть посередині потенціометра?



Задача 5.

Два рухомих клини однакової маси M мають плавні переходи на горизонтальну площину. З лівого клину зісковзує пласка шайба масою m з висоти h . На яку висоту h_{max} підніметься шайба на правому клині? Тертям між усіма поверхнями знехтуйте.



11 клас

Задача 1.

У скільки разів зміниться ємність плаского конденсатора, якщо робочу площу його пластин зменшити у двічі, а відстань між ними – у тричі?

Задача 2.

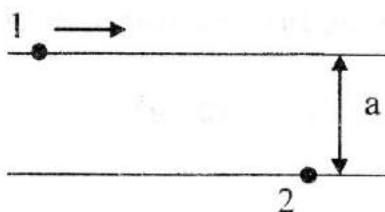
Газ стиснули ізотермічно від об'єму V_1 до V_2 . Тиск при цьому збільшився на Δp . Який був початковий тиск газу p_1 ?

Задача 3.

В океані на відстані $L = 6$ км знаходяться два кораблі. Глибина океану під кораблями дорівнює $H = 0,5$ км. За який найменший час після пострілу гармати на першому кораблі, на другому зафіксують цей постріл? Швидкість звуку в повітрі дорівнює $v_1 = 333$ м/с, а у воді – $v_2 = 1,5$ км/с. Дно океану дорівнює і складається з скелястих порід, швидкість розповсюдження звуку в яких $v_3 = 4,5$ км/с. Різними збуреннями на поверхні води знехуйте.

Задача 4.

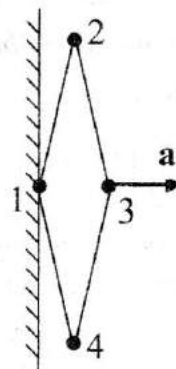
Два нескінченно довгі стрижні розміщені паралельно на відстані a . На них нанизані дві однакові намистинки маси m і зарядом q , які рухаються без тертя (див. рис.). У початковий момент часу дві намистинки знаходяться в стані спокою на великій відстані одна від одної. Далі першу намистинку штовхають у напрямі до другої.



За якої мінімальної швидкості перша намистинка під час свого руху пережене другу? Діелектрична проникність середовища ϵ .

Задача 5.

Ромб складається із шарнірно закріплених між собою стрижнів довжиною L . Вершина 1 є прикріплена до стіни. У початковий момент часу протилежні вершини 1 і 3 ромба знаходяться поряд. Тоді вершину 3 починають рухати із постійним пришвидшенням α в напрямку перпендикулярно від стіни.



Знайдіть пришвидшення решти вершин ромба в момент часу, коли він перетворюється в квадрат, якщо всі сторони ромба рухаються в одній площині.

Завдяки праці й терпеливості

Характерною рисою Ньютона була глибока зосередженість на питаннях науки. Коли його запитали, як він дійшов до того чи іншого відкриття, Ньютон відповів:

– Я багато думав про це. Якщо мої досліди і принесли декілька корисних результатів, то вони зобов'язані цим великій праці й терпеливості.

Незаперечні докази

Якось Ісаак Ньютон запросив на обід товариша, але захопившись роботою, забув про це сказати прислузі, й обід подали на одну персону.

Прийшовши, гість побачив, що на столі обід, а господар заглибився в обчислення. Не бажаючи відривати Ньютона від роботи, він пообідав наодинці й пішов.

– Дивно, – вимовив за деякий час Ньютон, дивлячись на порожні тарілки. Якби небезсумнівні докази протилежного, я міг би поклястися, що сьогодні не обідав.



РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ ІІІ (ОБЛАСНОГО) ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Львів, 2011)

8 клас

Задача 1.

Припустивши, що початкові розміри бруска рівні a , b та c , отримаємо, що початковий об'єм мила дорівнює $V_0 = abc$, а після семиразового використання:

$$V = \left(\frac{a}{2}\right) \cdot \left(\frac{b}{2}\right) \cdot \left(\frac{c}{2}\right) = \frac{abc}{8}.$$

Далі, припустивши, що витрати на кожне прання становлять ΔV , маємо:

$$V_0 - 7\Delta V = \frac{V_0}{8},$$

звідси

$$\Delta V = \frac{V_0}{8}.$$

Тобто шматок, що залишився, повністю можна витратити за ще одне прання.

Задача 2.

Те, що режим роботи встановився, означає, що вся теплота, яка виділяється установкою за час t , йде на нагрівання проточної води, що надходить за цей час у систему.

Тому можемо записати таку рівність:

$$Pt = c \Delta m t \Delta T, \quad (1)$$

де Δm – це маса води, що надходить у систему за одиницю часу.

Цю величину можна виразити через швидкість протікання води v та площу поперечного перерізу труби S :

$$\Delta m = v S \rho. \quad (2)$$

Підставивши (2) в (1), отримаємо рівняння з одним невідомим, звідки швидкість протікання води буде:

$$v = \frac{P}{c S \rho \Delta T}.$$

Підставивши всі дані в одиницях СІ, отримаємо швидкість протікання води:

$$v = \frac{10 \cdot 10^3}{4200 \cdot 10^{-4} \cdot 1000 \cdot 20} = 1,2 \text{ м/с}.$$

При розгляді швидкості протікання води у $\text{м}^3/\text{с}$:

$$v = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Задача 3.

За перші $t_1 - t_0 = 10$ с відстань між жуками зменшилася з $s_0 = 20$ м до $s_1 = 5$ м.

Це могло статися, якщо:

1. Вони бігли в одному напрямі.
2. Вони бігли назустріч один одному.

У свою чергу, кожен з цих варіантів має дві можливі ситуації, які визначаються тим, чи на момент часу t_1 обгін (зустріч) відбулися (а), чи ні (б).

Розгляньмо варіант 1а (жуки рухалися в одному напрямі, і на момент часу t_1 обгін вже відбувся).

У цьому випадку відносна швидкість їхнього руху буде:

$$v_1 - v_2 = \frac{s_0 + s_1}{t_1 - t_0} = \frac{25}{10} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Тоді на момент часу t_2 відстань s_2 між жуками становитиме:

$$s_2 = s_1 + (v_1 - v_2) \cdot (t_2 - t_1) = 5 + 25 = 30 \text{ м}$$

Розгляньмо варіант 1б (жуки рухалися в одному напрямі, і на момент часу t_1 обгін ще не відбувся).

У цьому випадку відносна швидкість їхнього руху буде:

$$v_1 - v_2 = \frac{s_0 - s_1}{t_1 - t_0} = \frac{15}{10} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Тоді на момент часу t_2 відстань між жуками становитиме:

$$s_2 = (v_1 - v_2) \cdot (t_2 - t_1) - s_1 = 15 - 5 = 10 \text{ м}$$

Розгляньмо варіант 2а (жуки рухалися назустріч один одному, і на момент часу t_1 зустріч вже відбулася).

У цьому випадку відносна швидкість їхнього руху буде:

$$v_1 + v_2 = \frac{s_0 + s_1}{t_1 - t_0} = \frac{25}{10} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Тоді на момент часу t_2 відстань між жуками становитиме:

$$s_2 = s_1 + (v_1 + v_2) \cdot (t_2 - t_1) = 5 + 25 = 30 \text{ м}$$

Розгляньмо варіант 2б (жуки рухалися назустріч один одному, і на момент часу t_1 зустріч ще не відбулася).

У цьому випадку відносна швидкість їхнього руху буде:

$$v_1 + v_2 = \frac{s_0 - s_1}{t_1 - t_0} = \frac{15}{10} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Тоді на момент часу t_2 відстань між жуками становитиме:

$$s_2 = (v_1 + v_2) \cdot (t_2 - t_1) - s_1 = 15 - 5 = 10 \text{ м}$$

Тобто, $s_2 = 10 \text{ м}$ або 30 м .

Задача 4.

Нехай для визначеності $T_1 > T_2$. Тоді під час видалення перегородки рідина 1 буде вистигати до T , а рідина 2 – нагріватися до T . Зважаючи на теплоізолюваність системи та перегородки, рівняння теплового балансу запишеться так:

$$c_1 m_1 (T_1 - T) = c_2 m_2 (T - T_2).$$

Звідси,

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{c_2 (T - T_2)}{c_1 (T_1 - T)}.$$

З умови задачі випливає, що

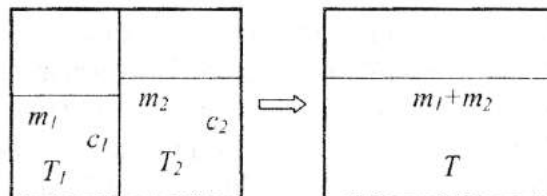
$$2(T_1 - T) = T_1 - T_2,$$

звідси

$$T_1 - T = T - T_2.$$

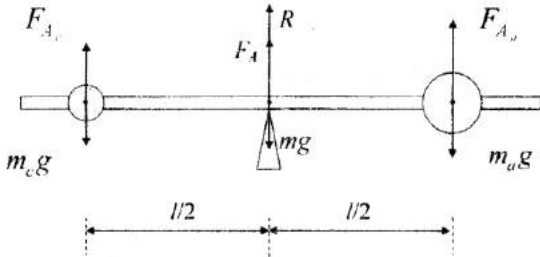
Із (1) маємо:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{c_2}{c_1}.$$



Задача 5.

Всі сили, що діють на елементи системи у воді, зображено на рисунку.



Запишімо умову рівноваги системи у воді, взявши за точку обертання точку опори стрижня (врахуємо також, що моменти всіх сил, що діють на стрижень, дорівнюють нулеві, оскільки плечі цих сил відносно точки обертання дорівнюють нулеві):

$$(m_a g - F_{A_a}) \frac{l}{2} = (m_c g - F_{A_c}) \frac{l}{2}. \quad (1)$$

Запишімо маси кульок через їхні густини:

$$m_a = \rho_a V_a, \quad m_c = \rho_c V_c.$$

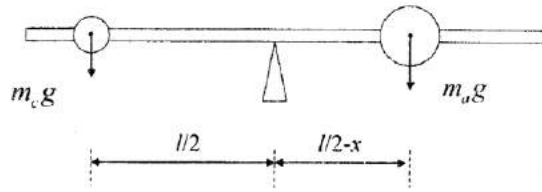
Запишімо сили Архімеда, що діють на кульки:

$$F_{A_a} = \rho_a g V_a, \quad F_{A_c} = \rho_a g V_c.$$

Після підстановки (2) та (3) у (1), отримаємо співвідношення об'ємів кульок:

$$\frac{V_a}{V_c} = \frac{\rho_c - \rho_a}{\rho_a - \rho_a}, \quad (4)$$

звіски видно, що об'єм алюмінієвої кульки є більший, ніж об'єм свинцевої. Це означає, що під час переміщення системи у повітря (коли зникне сила Архімеда) результуюча сила, що діятиме на кульку з алюмінію, стане більшою від результуючої сили, що діятиме на кульку зі свинцю. Рівновага збережеться, якщо це збільшення компенсувати зменшенням плеча сили. Це означає, що алюмінієву кульку слід перемістити у бік свинцевої на відстань x .



Умову рівноваги системи у повітрі:

$$m_a g \left(\frac{l}{2} - x \right) = m_c g \frac{l}{2}.$$

Використавши співвідношення (2) для мас, отримаємо відношення об'ємів кульок:

$$\frac{V_a}{V_c} = \frac{\rho_c l}{2 \rho_a \left(\frac{l}{2} - x \right)}.$$

Прирівнявши відношення об'ємів (4) та (6), після перетворень отримаємо:

$$x = \frac{l}{2} \frac{\rho_a (\rho_c - \rho_a)}{\rho_a (\rho_c - \rho_a)}.$$

Підставивши всі величини, отримаємо:

$$x = \frac{20 \cdot 1000 \cdot (11300 - 2700)}{2 \cdot 2700 \cdot (11300 - 1000)} = 3,1.$$

Отже, для збереження рівноваги системи у повітрі кульку з алюмінію слід змістити у бік свинцевої на 3,1 см.

9 клас

Задача 1.

Зрозуміло, що на найбільшу висоту кулька відскочить, якщо зіткнеться із поршнем у момент, коли останній рухатиметься йому назустріч із максимальною швидкістю. Очевидно, що максимальна миттєва швидкість руху поршня дорівнюватиме лінійній швидкості точки, до якої приєднано поршень, у момент, коли вона буде спрямована догори. Обчислимо максимальну миттєву швидкість поршня. Оскільки, за умовою задачі, радіус R маховика у двічі більший від радіуса шківка мотора

r , то частота його обертання ν буде вдвічі меншою від частоти обертання мотора ν_0

$$\nu = \frac{\nu_0}{2}.$$

Тоді максимальна миттєва швидкість поршня становитиме:

$$v = 2\pi R\nu = \pi R\nu_0. \quad (1)$$

Кулька, що падає на поршень з висоти h_0 , у момент зіткнення із поршнем згідно закону збереження енергії матиме швидкість

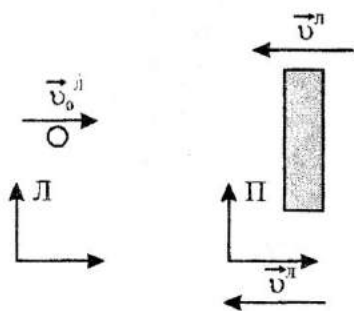
$$v_0 = \sqrt{2gh_0}. \quad (2)$$

Зіткнення кульки із поршнем розглядатимемо як абсолютно пружне. Якби поршень був нерухомим, кулька відбилася б від нього з тією ж швидкістю, з якою падала. Від рухомого ж поршня вона відіб'ється зі швидкістю:

$$v_1 = v_0 + 2v, \quad (3)$$

де v – швидкість руху поршня; v_0 – швидкість руху кульки до зіткнення.

Розглядатимемо зіткнення у двох системах відліку – лабораторній (Л), початок відліку якої нерухомий відносно землі, та системі відліку, зв'язаній з поршнем, яка рухається відносно лабораторної системи відліку зі швидкістю руху поршня (див. рис.).



Враховуючи відносність руху, швидкість кульки до зіткнення з поршнем у системі відліку поршня дорівнюватиме сумі швидкостей кульки та поршня, узятих у лабораторній системі відліку:

$$\vec{v}_0^{\text{П}} = \vec{v}_0^{\text{Л}} + \vec{v}^{\text{Л}},$$

де v – швидкість руху поршня; v_0 – швидкість руху кульки, а верхні індекси вказують на систему відліку, в якій розглядаються швидкості. Отже, для знаходження швидкості кульки у системі відліку поршня $\vec{v}_0^{\text{П}}$ ми додали до $\vec{v}_0^{\text{Л}}$ (швидкість кульки у лабораторній системі відліку) швидкість системи відліку, пов'язану з поршнем, відносно лабораторної – $\vec{v}^{\text{Л}}$. Тоді, при зворотному переході у лабораторну систему відліку, швидкість потрібно буде відняти.

Оскільки в системі відліку поршня кулька стикається із нерухомою перешкодою, то після відбивання при абсолютно пружному зіткненні її швидкість $\vec{v}_1^{\text{П}}$ буде по модулю дорівнювати швидкості падіння $\vec{v}_0^{\text{П}}$, а по напрямку – протилежною:

$$\vec{v}_1^{\text{П}} = -\vec{v}_0^{\text{П}} = -(\vec{v}_0^{\text{Л}} + \vec{v}^{\text{Л}}).$$

Тоді в лабораторній системі відліку його швидкість після відбивання, із сказаного вище, становитиме:

$$\begin{aligned} \vec{v}_1^{\text{Л}} &= \vec{v}_1^{\text{П}} - \vec{v}^{\text{Л}} = \\ &= -(\vec{v}_0^{\text{Л}} + \vec{v}^{\text{Л}}) - \vec{v}^{\text{Л}} = -(\vec{v}_0^{\text{Л}} + 2\vec{v}^{\text{Л}}). \end{aligned}$$

Оскільки рух одномірний, то, перейшовши від векторів до їх модулів, отримаємо співвідношення (3). Отже, швидкість кульки після відбивання від рухомого поршня дорівнюватиме швидкості падіння плюс подвоєна швидкість поршня. Врахувавши співвідношення (1-3), вона становитиме

$$v_1 = \sqrt{2gh_0} + 2\pi R\nu_0. \quad (4)$$

Для встановлення висоти h_1 , на яку може підскочити кулька, використаємо закон збереження енергії:

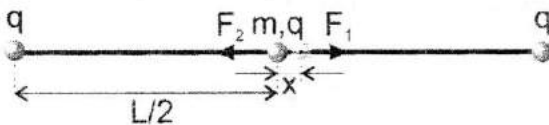
$$mgh_1 = \frac{mv_1^2}{2}. \quad (5)$$

Тоді, зі співвідношень (4) і (5), маємо

$$h_1 = \frac{(\sqrt{2gh_0} + 2\pi R v_0)}{2g} = \frac{\left(\sqrt{2 \cdot 9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 0,8\text{М} + 2 \cdot 3,14 \cdot 20 \frac{\text{об}}{\text{с}} \cdot 0,08\text{М}}\right)^2}{2 \cdot 9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}} \approx 10\text{М}$$

Отже, кулька може підскочити на висоту 10 м.

Задача 2.



Запишімо силу, що діятиме на рухому кульку при її відхиленні на x :

$$F = F_2 - F_1 = \frac{kq^2}{\left(\frac{L}{2} - x\right)^2} - \frac{kq^2}{\left(\frac{L}{2} + x\right)^2} = kq^2 \frac{2Lx}{\left(\frac{L}{2} - x\right)^2 \left(\frac{L}{2} + x\right)^2}$$

За умови, відбуваються малі коливання, тобто $x \ll L$. Тоді сила

$$F = kq^2 \frac{2Lx}{\left(\frac{L}{2}\right)^2 \left(\frac{L}{2}\right)^2} = \frac{32kq^2}{L^3} x.$$

Ця сила прямо пропорційна до зміщення і спрямована від нього в протилежний бік.

Отже, це є квазіпружна сила. З порівняння виразів для сили пружності $F = -Kx$ й отри-

маної сили $F = -\frac{32kq^2}{L^3} x$ випливає, що коефіцієнт квазіпружної сили

$$K = -\frac{32kq^2}{L^3}.$$

Тому період коливань такої системи становить

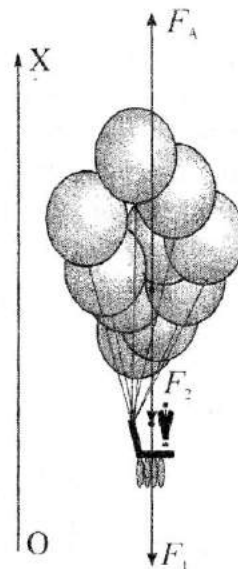
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} = \frac{\pi L}{2q} \sqrt{\frac{mL}{2k}}$$

і чисельно дорівнює

$$T = \frac{3 \cdot 10^{-1}}{2 \cdot 10^{-4}} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-1}}{2 \cdot 9 \cdot 10^9}} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Отже, період малих коливань кульки становитиме $0,5 \cdot 10^{-3}$ с.

Задача 3.



Розглянемо сили, які діють уздовж вертикальної осі OX на апарат. Це будуть спрямовані донизу сила тяжіння крісла з пасажиром $F_1 = Mg$ (M – маса крісла, пасажир та баласту), сила тяжіння, що діє на кульки



буде вдвічі більшим від OA . Справді зображення знаходиться у фокусі лінзи.

Отже, зображення буде уявним, збільшеним удвічі та знаходиться у фокусі лінзи на відстані 18 см від неї.

Задача 5.

За законом Фарадея, маса речовини, що виділяється на електродах, є пропорційною до електричного заряду, який пройшов крізь розчин:

$$m = k \cdot Q, \quad (1)$$

де k – електрохімічний еквівалент речовини.

Отже, для знаходження маси речовини потрібно знайти, який за величиною заряд пройшов через розчин. Як видно з рисунка, середнє значення струму, що пройшов крізь посудину, становить $I = 2,5$ А, час проходження струму становить $\Delta t = 4$ с. Заряд, який пройшов крізь розчин, знайдемо із співвідношення:

$$Q = I \cdot \Delta t. \quad (2)$$

Враховуючи співвідношення (1–2), одержимо:

$$\begin{aligned} m &= k \cdot I \cdot \Delta t = \\ &= 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл} \cdot 2,5 \text{ А} \cdot 4 \text{ с} = \\ &= 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \end{aligned}$$

Отже, маса міді, що виділиться на катоді внаслідок електролізу, становитиме 3,3 мг.

10 клас

Задача 1.

Вважаємо що ніжки мурахи не просковзують.

1). Запишімо проекції сил уздовж похилої поверхні схилу:

$$(M + m)g \sin \alpha = ma.$$

Отже, потрібне пришвидшення:

$$a = \left(1 + \frac{M}{m}\right)g \sin \alpha.$$

Задача 2.

Нехай перше плече терезів має довжину L , а друге – l . Справжня вага металевої кулі P .

1). Запишімо закон терезів у першому варіанті:

$$Pl = P_1L. \quad (1)$$

2). У другому випадку:

$$PL = P_2l. \quad (2)$$

Із співвідношень (1)–(2) випливає:

$$P = \sqrt{P_1P_2} = \sqrt{144} = 12$$

Задача 3.

Запишімо закон збереження імпульсу:

$$mV_2 - mV_1 = 2mU. \quad (1)$$

Запишімо закон збереження енергії, вважаючи, що вся надлишкова енергія йде на нагрівання (знехтуймо деформацію):

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = mU^2 + Q, \quad (2)$$

де $Q = 2mC\Delta T$.

Із рівняння (1) знаходимо кінцеву швидкість:

$$U = \frac{2V - V}{2} = \frac{V}{2}.$$

Із рівняння (2) знаходимо надлишкову кількість теплоти:

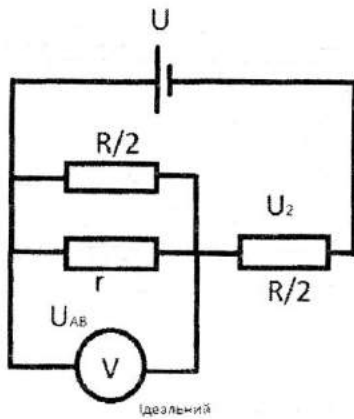
$$Q = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} - mU^2 = \frac{9mV^2}{4}.$$

Тоді остаточна різниця температур буде:

$$\Delta T = \frac{9V^2}{8C}.$$

Задача 4.

Ідеальна схеми матиме вигляд:



Прикладена напруга буде:

$$U = U_{AB} + U_2.$$

Вважаючи що сила струм, що проходить крізь праву частину потенціометра I , а вольтметр під'єднаний до лівої паралельно, одержимо:

$$U_2 = \frac{IR}{2}, \quad (1)$$

$$U_{AB} = \frac{IRr}{2r + R}. \quad (2)$$

Із рівнянь (1)–(2) знайдімо силу струму:

$$U = \frac{IRr}{2r + R} + \frac{IR}{2} \cdot I = \frac{2U(2r + R)}{4Rr + R^2}.$$

Отже, вольтметр покаже напругу:

$$U_{AB} = \frac{2U(2r + R)}{4Rr + R^2} \cdot \frac{Rr}{2r + R} = \frac{2URr}{4Rr + R^2} = \frac{2 \cdot 110 \cdot 4000 \cdot 10000}{4 \cdot 4000 \cdot 10000 + 4000^2} = 50 \text{ В}$$

Задача 5.

Закон збереження енергії для лівого клину буде:

$$mgh = \frac{Mu_1^2}{2} + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

Закон збереження імпульсу для лівого клину буде:

$$Mu_1 = mv. \quad (2)$$

Закон збереження енергії для правого клину буде:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{(M + m)u_2^2}{2} + mgh_{\max}. \quad (3)$$

Закон збереження імпульсу для правого клину буде:

$$mv = (M + m)u_2. \quad (4)$$

Із рівнянь (1)–(2) маємо:

$$u_1 = \frac{m}{M}v \cdot mgh = \frac{m^2v^2}{2M} + \frac{mv^2}{2} \cdot v^2 = \frac{2Mgh}{m + M}$$

Із рівнянь (3)–(4):

$$u_2 = \frac{mv}{(M + m)} \cdot mgh_{\max} = \frac{mv^2}{2} - \frac{m^2v^2}{2(M + m)} \cdot h_{\max} = \frac{Mv^2}{2g(M + m)}$$

З останніх двох виразів для максимальної висоти підйому одержимо:

$$h_{\max} = h \left(\frac{M}{M + m} \right)^2.$$

11 клас

Задача 1.

Ємність плоского сферичного конденсатора можна визначити за формулою:

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon S_1}{d_1}$$

У другому випадку ємність конденсатора дорівнює:

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon S_2}{d_2}$$

Відношення ємностей:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1 S_2}{d_2 S_1}$$

Якщо врахувати, що

$$S_2 = \frac{S_1}{2}, \text{ а } d_2 = 3d_1,$$

тоді

$$\frac{C_2}{C_1} = 1,5.$$

Задача 2.

Оскільки над газом проводять ізотермічний процес, тоді за законом Бойля-Маріотта

$$p_1 V_1 = p_2 V_2.$$

У результаті такого процесу тиск газу збільшився на Δp , тоді

$$p_2 = p_1 + \Delta p.$$

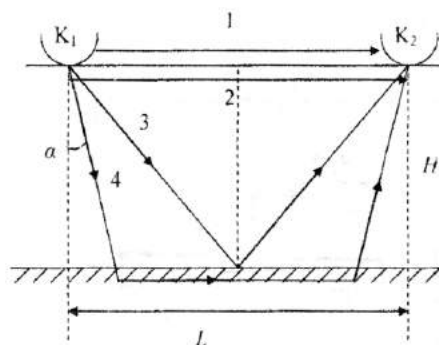
Отже,

$$p_1 = \frac{\Delta p V_2}{V_1 - V_2}.$$

Задача 3.

Звук від пострілу гармати може досягнути корабля чотирма різними шляхами: через повітря, прямо крізь воду, по воді з рядом відбивань від межі поділу вода–дно та вода–повітря, по воді й по дну (див. рис.).

Розглянемо кожен із цих випадків окремо.



1. Крізь повітря.

У цьому випадку час розповсюдження звуку буде:

$$t_1 = \frac{L}{v_1} \approx 18,02 \text{ с.}$$

2. Крізь воду.

Тоді

$$t_2 = \frac{L}{v_2} \approx 4 \text{ с.}$$

3. По воді з рядом відбивань від межі поділу вода–дно та вода–повітря. Найменший час поширення звуку в цьому випадку буде тоді, коли він раз відіб'ється від дна і потрапить на другий корабель (див. рис.). В інших випадках послідовних відбивань від меж поділу вода–дно та вода–повітря час буде більшим.

Довжина шляху, який пройде звук, дорівнюватиме

$$t_2 = \frac{L}{v_2} \approx 4 \text{ с}$$

$$S_3 = 2 \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + H^2} = \sqrt{L^2 + 4H^2},$$

а час поширення звуку дорівнює

$$t_3 = \frac{S_3}{v_2} = \frac{\sqrt{L^2 + 4H^2}}{v_2} \approx 4,01 \text{ с.}$$

4. По воді й по дну.

Звук, досягнувши дна, проникає в скелясті породи і рухається в них по межі поділу двох середовищ вода–дно. Далі знову виходить у воду і, або досягає корабля, або відбивається від поверхні води і цикл вода–дно–вода повторюється знову. Найменший час поширення звуку буде у першому випадку, коли здійснюється один цикл вода–дно–вода. Щоб звук, який досягнув дна, далі поширювався по межі поділу двох середовищ вода–дно потрібно, щоб кут падіння на межу поділу середовищ дорівнював кутіві повного внутрішнього відбивання:

$$\alpha = \arcsin \frac{v_2}{v_3}.$$

Час поширення звуку в такому випадку дорівнюватиме:

$$t_4 = \frac{L - 2H \operatorname{tg} \alpha}{v_3} + \frac{2H}{v_2 \cos \alpha}.$$

Врахуємо, що

$$\operatorname{tg}(\arcsin x) = \frac{x}{\sqrt{1-x^2}},$$

$$\cos(\arcsin x) = \sqrt{1-x^2}.$$

Остаточно

$$t_4 = \frac{L}{v_3} + \frac{2H \sqrt{v_3^2 - v_2^2}}{v_2 v_3} \approx 1,96 \text{ с}.$$

Отже, звук найшвидше дійде до другого корабля по шляху вода–дно–вода за час t_4 .

Задача 4.

Позначмо через v_{\min} мінімальну швидкість, яку потрібно надати першій намистинці для того, щоб вона могла наблизитись до другої намистинки на мінімально можливу відстань a . Тоді в момент найбільшого зближення намистинок їхні швидкості будуть однакові й рівні u .

Запишімо для цієї системи закон збереження імпульса та енергії:

$$mv_{\min} = 2mu,$$

$$\frac{mv_{\min}^2}{2} = 2 \frac{mu^2}{2} + \frac{q^2}{4\pi \varepsilon \varepsilon_0 \alpha}.$$

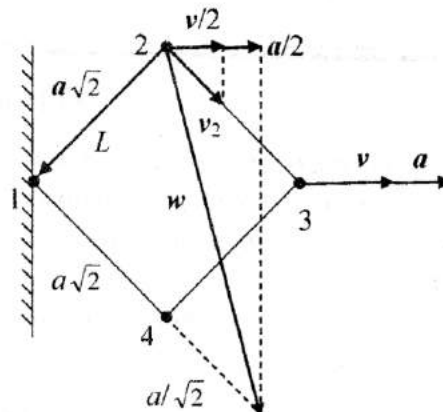
Звідси,

$$v_{\min} = \frac{q}{\sqrt{\pi \varepsilon \varepsilon_0 m \alpha}}.$$

Перша намистинка пережене другу, якщо їй надати швидкість більшу, ніж v_{\min} .

Задача 5.

Оскільки характер руху вершин 2 і 4 однаковий, то ми розглядатимемо рух 2 вершини.



У момент часу, коли ромб перетворюється в квадрат із пришвидшенням a , вершина 3 матиме швидкість x . До того моменту часу, вершина 2 пройде удвічі меншу відстань, ніж вершина 3.

Отже, значення проекції швидкості й пришвидшення вершини 2 на напрямок руху вершини 3 дорівнюють відповідно $v/2$, $a/2$.

До момента часу, який розглядають, вершина 3 пройде шлях $S = L\sqrt{2}$.



Тому

$$v = \sqrt{2aS} = \sqrt{2aL\sqrt{2}} = 2^{3/4} \sqrt{aL}.$$

Оскільки, сторони ромба є стрижнями, тоді вершина 2 рухається по дузі кола радіусом L з центром у вершині 1. Тому швидкість v_2 вершини 2 напрямлена по дотичній до цієї кривої, тобто в потрібний момент часу напрямлена вздовж стрижня, який сполучає вершини 2 і 3.

Отже,

$$v_2 = \frac{v}{2 \cos(\pi/4)} = \frac{v}{\sqrt{2}} = 2^{1/4} \sqrt{aL}.$$

Проекція вектора повного пришвидшення вершини 2 на напрямок вершин 1 і 2 є доцентрове пришвидшення

$$a_n = \frac{v_2^2}{L} = a\sqrt{2}.$$

Ми знайшли проекції вектора повного пришвидшення вершини 2. Повне пришвидшення можна знайти, якщо зобразити компоненти вектора повного пришвидшення відповідними векторами, які мають довжини відповідно $a/2$ і a .

Рисунок зручно побудувати, вибравши довжину вектора $a/2$, що дорівнює четвертій частині діагоналі нашого квадрата. Тоді вектор $a\sqrt{2}$ матиме довжину, що дорівнює стороні квадрата (див. рис.).

Із прямокутного трикутника за теоремою Піфагора отримаємо вираз для повного пришвидшення вершини 2:

$$\omega = \sqrt{(a\sqrt{2})^2 + \left(a\sqrt{2} + \frac{a}{\sqrt{2}}\right)^2} = a\sqrt{\frac{13}{2}}.$$

Одинокий пасажир

Одного разу, повертаючись з мандрівки, Едісон пожалівся дружині на страшний біль у голові:

– Я не переношу поїздок, коли доводиться сидіти спиною до напрямку руху потяга.

– Та чому ж ти не попросив кого-небудь із сусідів помінятися з тобою місцями? – запитала дружина.

– Я не міг цього зробити, – з сумною посмішкою відповів винахідник, – адже я був єдиним пасажиром у купе.

Інтерв'ю з ученим

Якось кореспонденти запитали Айнштайна:

– У чому полягає закон відносності?

Учений відповів:

– Коли ви тримаєте гарну дівчину на колінах годину, то вам здається, що це лише хвилинка.

Коли ж ви посидите на гарячій печі одну хвилину, то вам видаватиметься цілою годиною. Це й є відносність.

– Дивіться, як просто! – дивувалися кореспонденти. – А казали, що це дуже складна річ.

* * *

Американська журналістка брала інтерв'ю в Айнштайна:

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

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



ФІЗИКИ І ШАХИ*

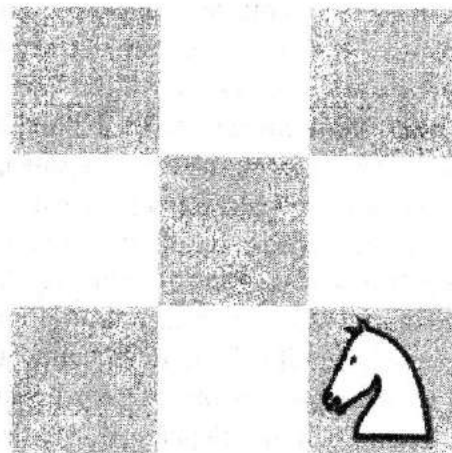
Адріан Михальчишин,
міжнародний гросмейстер

Мене як колишнього фізика (я закінчив фізичний факультет Львівського державного університету імені Івана Франка), завжди цікавило, хто з сучасних і колишніх гросмейстерів займався фізикою, і хто з великих фізиків займався шахами.

Фізика близька до математики, і тому дивно, що в середовищі математиків шахи поширені більше, ніж у фізиків. Можливо, тут більше значення мала сама будова шахової дошки, як магічного квадрата, і змога різних математичних комбінацій на шаховій дошці.

Великий Леонард Ейлер математично розв'язав задачу обходу конем всієї шахової дошки за умови, що кінь на кожне поле ступає лише раз. Математичні терміни досить широко використовуються для ілюстрації шахових понять і задач. Є математичний підхід до сили фігур, створюються комп'ютерні шахові програми, хоча великий Лейбніц казав, що шахову гру неможливо формалізувати. Великий фізик-теоретик Лев Ландау вважав, що математика проникла у всі професії й що: "... Шахи – це також математика. Я в математиці сильніший від Самуїла Осовца, відповідно, Осовець слабший від мене в шахах". Але програвши йому пару партій, Ландау із усмішкою заявив: "Все зрозумів – шахи – не математика".

*Із книжки Адріана Михальчишина "Золотий вік українських шахів". – Львів: Євросвіт, 2011. – 450 с.



А Самуїл Осовець, доктор фізики і видатний фахівець у галузі теорії плазми, був чемпіоном Харкова в 20-х роках ХХ ст. і навчався у великого етюдиста Олексія Селезньова і брата великого Альохіна. Осовець був великим любителем музики і якось затягнув Ландау на концерт великого скрипаля Хейфеца. Після першої промови та аплодисментів глядачів Ландау заявив: "Я зрозумів: мене не цікавлять звукові коливання, а лише електромагнетні", і покинув залу.

Математики-англійці – міжнародні гросмейстри Джон Нанн, Джон Спілмен і Джонатан Местел. Міжнародний майстер Джон Літлвуд також математик, а його брат слабше грає в шахи, зате є одним з найвідоміших фізиків сучасності. Математики серед гросмейстерів – чех Ян Смейкал, німці Райне Кнаак і Буркхард Малих, американець Кен Рогофф, канадієць Дункан Саттлз. Міжнародний майстер Мирослав Катетов став відомим математиком, ректором Карлового університету в Празі.



Та повернімося до фізиків – із сучасних гросмейстерів, крім автора, фізиками є росіянин Володимир Малахов і Сергій Шипов, а також чемпіон Європи поляк Бартломей Мачейя. Викладачами фізики були видатні угорський гросмейстер Гедеон Барца, німецький гросмейстер Лутц Еспіг, хорватський гросмейстер Юрій Ніколейонєць, а також шахові композитори – українець Валерій Власенко і француз Клод Гумонді.

Відомий словацький гросмейстер Любомир Фтачник захистив докторську дисертацію з фізики твердого тіла, а інший словацький гросмейстер Ян Плахетка працював декілька років в Інституті атомної енергетики у Празі.

Тренер збірної України Володимир Тукмаков рік навчався на теплофізиці в Одеському політехнічному інституті, а згодом перейшов на економічний факультет.

Геофізиком є український шаховий композитор Сергій Шедей, а фізичною хемією займався хорватський міжнародний майстер Андрій Фудерер. Фізик – росіянка Лора Яковлева – чемпіонка світу з листування, докторами фізики стали чемпіон світу за листуванням американець Віктор Пальцаускас і грузинський шаховий композитор Йосиф Кріхелі.

Міжнародні майстри: естонець Іво Ней і нідерландець Франціск Куйперс – також фізики. Великий словацький гросмейстер доктор Мілан Відмар був одним із видатних у світі фахівців із трансформаторів, ректором Люблянського університету, навчався в Будапешті у великого шахового композитора Отто Блатні, одного з основоположників виробництва трансформаторів.

У Росії 2002 року проходив чемпіонат Міністерства атомної енергетики або Меморіал академіка Н. Доллежала, великого конструктора реакторів і любителя шахів. Серед учасників були гросмейстер – фізик Андрій Нікітін і міжнародні майстри А. Лоскутов та



Нобелівський лавреат з фізики Жорес Алфьоров (по центрі) з чемпіонами світу з шахів Борисом Спасським (ліворуч) та Анатолієм Карповим (праворуч)

А. Кирилов. У наступних меморіалах грали команди Франції і Бельгії.

Великий фізик Петро Капиця все життя обожнював шахи, був навіть чемпіоном Кембриджа. Граючи в шахи самовіддано, зустрічався і грав з экс-чемпіонами світу Смиловим і Ботвинником, із англійськими майстрами, і не без успіху. Є відома світлина, яка зафіксувала його самовіддану гру з іншим титаном фізики Полем Діраком.

Академік П. Лукирський у 1920-ті роки у себе на квартирі в Петербурзі організував шаховий клуб, активним членом якого був П. Капиця.

Два генії – Альберт Айнштайн і Емануїл Ласкер – часто зустрічались не лише приватно, а й на наукових семінарах, де, правда, були в різних таборах – Ласкер належав до групи, яка заперечувала сталу швидкість світла. Айнштайн високо цінував інтелектуальний потенціал Ласкера і порівняв його зі Спінозою, у тому розумінні, що Ласкер заробляв на життя шахами, а головним його зацікавленням була філософія (він був математиком і мав титул доктора філософії). Айнштайн написав 1952 року передмову до книжки Ж. Ханнака



“Емануїл Ласкер. Біографія чемпіона світу”.
Айнштайн сам любив грати в шахи, ось його
партія з іншим великим фізиком.

А. Айнштайн – Р. Оппенгаймер

1.e4 e5 2.Kf3 Kc6 3.Cb5 a6 4.Ca4 b5
5.Cb3 Kf6 6.0-0 Kxe4 7.Te1 d5 8.a4 b4 9.d3
Kc5 10.Kxe5 Ke7 11.Df3 f6?

Оппенгаймер проглядає типовий маневр.

12.Dh5 g6 13.Kxg6! hxc6 14.Dxb8 Kxb3
15.cxb3 Dd6 16.Ch6 Kpd7 17.Cxf8 Cb7
18.Dg7 Te8 18.Kd2 c5 20.Tad1 a5 21.Kc4!
dxc4 22.dxc4 Dxd1 23.Txd1 Kpc8 24.Cxe7.
Чорні здались.

Академіки А. Ішлинський та І. Тамм часто
гнали в шахи з майстром і доктором наук
І. Погребиським легкі партії. У Ішлинсько-
го запитали, чи варто вкладати в шахи стіль-
ки праці. Той відповів:

– Варто, тому що шахи дають людині бі-
льше, ніж вона витрачає на них.

Одним із центрів шахового життя стало
наукове містечко фізиків у Дубні. Почалось все
з великої любові до шахів академіків Б. Пон-
текорво і М. Мещерякова. У 1970-му році від-
крили шаховий клуб “Від пішака до ферзя”. У
Дубні проходило декілька міжнародних шахо-
вих турнірів під патронатом академіка Фле-
рова.

Видатний італійський математик і фізик
Джіроламо Кардано (1501–1576) досліджував
теорію ігор, і один із томів присвятив шахам,
але він не зберігся. У своїй автобіографії Кар-
дано описує драматичні епізоди, пов’язані з
шахами, насамперед, з князем Франческо
Сфорцо. Він схвалив систему друкування ша-
хових діаграм.

У найталановитішого шахіста нового поко-
ління Олександра Грищука вся родина – мати,
батько і бабуся – фізики, а дідусь – перший віце-
Президент Російської академії наук.

Мати Василя Іванчука – вчитель фізики.

Ось краща партія мого викладача з фізики
Львівського державного університету імені
Івана Франка Богдана Дмитровича Воробця,
кандидата в майстри, соратника і друга Лео-
ніда Штейна.

Воробець – Полугаєвський

Ялта, 1962

Першість ДСО “Буревісник”

1.d4 Kf6 2.c4 g6 3.Kc3 Cg7 4.e4 d6 5.f3 0-
0 6.Ce3 Kbd7.

Чорні уникають спрощення позиції, що ви-
никла після 6...e5 7.dxe5 dxe5 8.Dxd8 Txd8
9.Kd5. До того ж, вони зберігають за собою
право вибрати план, зв’язаний з ходом c7-c5.

7.Kh3.

Мені здається, що природніше звичайно
7.Dd2 або 7.Kge2.

7...e5 8.d5 Kc5 9.g4.

На 9.Kf2 могло бути 9...Kh5 з подальшим
f7-f5. Тепер, щоб здійснити просування f7-f5,
чорний кінь має відступити на менш активну
позицію.

9...c6.

Оскільки в план білих входить рокіровка у
довший бік, треба відкрити лінію “с”.

10.Kf2 cxd5 11.cxd5 Ke8 12.Dd2 f5
13.gxf5.

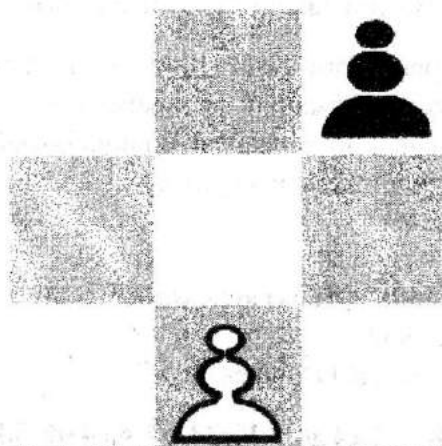
Білі також відкривають лінію, готуючись до
операцій на королівському фланзі.

13...gxf5 14.0-0-0 Da5 15.Kpb1.

Захищаючи спочатку пішака a2, і при нагоді
створюючи загрозу Kc3-b5.

15...Ka4.

Після 15...f4 16.Cxe5 Dxe5 17.Ch3 білі
отримали позиційну перевагу.



16.Kxa4 Dxa4 17.Ch6.

Загрожувало 17...f4. На 17.Dc2 могло бути 17...Dxc2 18.Kpxc2 fxe4 19.fxe4 Cf6 20.h4 Cd8, далі Cb6 з непоганими перспективами у чорних.

17...fxe4 18.Cxg7 Kxg7?

Досі Полугаєвський грав послідовно. Зараз йому треба було брати слона не відразу, а після проміжного 18...e3!. У цьому випадку білі не встигали зайняти конем поле e4, оскільки він має захищати туру d1, а на 19.Dxe3 Kxg7 20.Cd3 могло бути 20...Df4 з повноправною грою.

19.Kxe4 Txf3.

Напевно, Полугаєвський проглянув 21-й хід білих, та після кращого 19...Cf5 20.Cd3 чорні стояли гірше.

20.Kxd6 Tf2.

21.Cb5!

Відразу з'ясував ситуацію. Тепер білі міцно оволоділи ініціативою.

21...Dh4 22.Dc3 Cg4 23.Tde1 a6 24.Cc4 b5 25.Cb3 Txb2 26.Thg1 Tf8 27.Dxe5 Dh5.

Фігури білих зайняли ідеальні атакуючі позиції, тому чорні шукають спасіння в закінченні. На 27...Tff2 прийшло б 28.Kpa1 з неминучими загрозами.

28.Dg3 Dg6 29.Kpa1 Te2 30.Txe2 Cxe2 31.Dxg6 hxg6 32.Kb7 Kpf7.

Форсовано програють. Більше шансів на спасіння залишало 32...Cc4. 33.Te1 Cf3 34.d6 Kpf6 35.Tf1. Чорні здались.

...Я закінчив фізичний факультет Львівського державного університету імені Івана Франка і не з чуток знаю про любов фізиків до шахів.

У мене також на рідному факультеті була група любителів шахів на чолі з майбутнім ректором Львівського національного університету імені Івана Франка Іваном Вакарчуком.

Київський майстер Владислав Шияновський грав у чемпіонатах СРСР, був секундантом Віктора Корчного, а в 1970-х роках став менше грати, захистив докторську дисертацію з фізики і став професором Київського університету імені Тараса Шевченка. Він має велику сім'ю – в нього четверо дітей, і в похилому віці з задоволенням грає в київських турнірах. Його батько був українським націоналістом, а сам Шияновський довго боровся, щоб змінити в паспорті національність – на "русский".

Одну із важливих партій я провів з ним у турнірі першості "Авангарда", де переміг з майстерським результатом, випередивши самого Олега Романишина, вперше вийшов у півфінал першості СРСР. Так почалась моя серйозна кар'єра в дорослих шахах.

Михальчишин – Шияновський
Київ, 1973

1.d4 Kf6 2.c4 g6 3.Kc3 Cg7 4.e4 d6 5.f4!

Дебюти молодості вашої! Я грав атаку чотирьох пішаків у юнацькі роки з великим успіхом, набирав багато очків, та, програвши Тимошенкові у Челябінську 1975 року, перестав її використовувати. Але невдовзі мене



почали мучити думки про “повернення до джерел”, і на чемпіонаті Європи 1999 року проти Кирила Георгієва я знову зіграв мій улюблений варіант.

0-0 6.Kf3 c5

Тепер модно б...Каб, але тоді я б із цього просто сміявся!

7.d5 e6 8.Ce2 exd5 9.cxd5 b5!?

Тоді це продовження було модним. Так грав Спаський проти Кереса.

Мені менше подобався 9...Cg4.

10.e5

Якось я грав проти Романишина 10.Cxb5 Kxe4 11.Kxe4 Da5+ 12.Kpf2 Dxb5 13.Kxd6, але нічого особливого не досягнув.

10...dxe5 11.fxe5 Kg4 12.Cf4

Тоді я ще не знав, що великий любитель варіанта чотирьох пішаків і легенда литовських шахів Владас Мікенас (його близькі з любов'ю називали Мікі) грав проти Шияновського на чемпіонаті СРСР

12.Cg5 Db6 13.0-0 Kxe5 14.Ce7 Te8 15.d6 Ce6 16.Kd5 Cxd5 17.Dxd5 c4+ 18.Kph1 Dc6 19.Dd2 Kbd7 і чорні одержали непогану гру.

12...b4

Спаський грав 12...Kd7 13.e6! з перевагою білих.

13.Ke4 Kd7 14.0-0 Db6

Після 14...Kdxe5 15.Kxe5 Kxe5 16.Kxc5 Db6 17.Ce3 у білих неприємна загроза 17.Dd2.

15.e6

Нині я б більше подумав про 15.Tc1.

15...c4+

Якщо я не забув, то на 15...fxe6 я збирався грати 16.Kfg5.

16.Kph1 Kc5 17.Kfg5

На 17.e7 у мого суперника було 17... Kxe4; Дуже цікаво було 17.Kd6!?

17...Kxe4 18.Kxe4 Ke3 19.Cxe3 Dxe3 20.Kd6 fxe6 21.Cxc4

“Порозумнілий Михальчишин” нині зіграв би 21.Txf8+!? Cxf8 22.Kxc4 з перевагою.

21...e5 22.Kxc8?

Чому не 22.Txf8+!?, і лише тому 23. Kc8?

22...Taxc8 23.d6+ Kph8 24.d7 Txf1+ 25.Dxf1 Td8 26.Df7

Нині я б зіграв 26.Td1 з перевагою.

26...Df4! Ось що пройшло повз мою увагу!
27.Dd5?

Краще 27.De8+ Df8 28.Cb5 а тоді Tf1.

27...Dd4! 28.Td1 Dxd5 29.Txd5 Cf6 30.Kpg1 Kpg7 31.Kpf2 Kpf8 32.Kpe3 Kpe7 33.Cb5 Kpe6 34.Kpe4 Tb8 35.Ca4?

Хто навчив мене слоном ходити на такі поля? Піти просто 35.b3, тоді перевести туру на a5.

Але наступний хід був чудовим!

35...b3! 36.Cxb3?

Цейтнот. Краще 36.a3.

36...Tb4+ 37.Td4+ Txb3 38.d8K+ Cxd8 39.Txd8 Tb4+ 40.Kpf3 Txb2

Ось і перейшов я на закінчення без пішака – добре, що після цейтнота, знайплась нічия.

41.Te8+ Kpf6 42.Tf8+ Kpe7

Або 42...Kpg7 43.Te8 Txa2 44.Txe5 з теоретичною нічією.

43.Th8 Txa2 44.Txh7+ Kpf6 45.h4!

Треба терміново створити прохідну!

45...a5 46.Ta7 a4 47.Ta6+ Kpe7

Або 47...Kpf7 48.Ta7+ Kpf8 49.Ta5 з нічією.

48.Tg6 a3 49.Ta6 Ta1 50.Kpg4! Нічия.



РІЧАРД ФЕЙНМАН ПРО ФІЗИКУ З ПОГЛЯДУ ГРИ В ШАХИ

Наука постає перед нами в безлічі проявів, великій кількості ознак. Спустіться до моря, вглядіться в нього. Це ж не просто вода. Це вода і піна, це бризки і набігаючі хвилі, це хмари, сонце і блакитне небо, це світло і тепло, шум і дихання вітру, це пісок і скелі, водорості і риба. Їхнє життя і смерть, це й ви самі, ваші очі і думки, ваше відчуття щастя. І чи не таке в будь-якому іншому місці, чи не така різноманітність явищ і впливів? Ви не знайдете в природі нічого простого, все в ньому переплутано і поєдналися. А наша допитливість вимагає знайти в цьому простоту, вимагає, щоб ми ставили запитання, намагалися вловити суть речей і зрозуміти їхню багатоликість як можливий підсумок дії порівняно невеликої кількості найпростіших процесів і сил, які на всі лади поєднуються між собою.

І ми запитуємо себе: чи відрізняється пісок від каменя? Мабуть, це лише безліч камінчиків? А може, й Місяць – це величезний камінь? Тоді, зрозумівши, що таке каміння, чи не зрозуміємо ми природу піску і Місяця?

А вітер – що це таке? Може, це спалахи повітря або плескіт води біля берега? Що спільного між різним рухом? Чи є щось спільне між різними звуками? Скільки буде, якщо перелічити всі кольори? І так далі і так далі. Ось так ми поступово пробуємо проаналізувати все довкола, поєднувати те, що ніби не поєднується, сподіваючись, що вдасться зменшити кількість різних явищ, а, отже, їх краще зрозуміти.

Спосіб одержувати часткові відповіді на подібні запитання був придуманий ще понад сотні років тому. Спостереження, міркування і досвід – ось що становить так званий науковий метод. Ми обмежимося лише описом фунда-

ментальних ідей фізики, основ світогляду, що виник у фізиці від застосування наукового методу.

Що означає “зрозуміти” що-небудь? Уявіть собі, що складний ряд об’єктів, які рухаються, це і є світ, – це щось подібне до гігантських шахів, в які грають боги, а ми спостерігаємо за їхньою грою, правил гри яких ми не знаємо, все, що нам дозволили, – це спостерігати за грою. Звичайно, якщо подивитися далі, то деякі правила можна вловити. Основними фізичними уявленнями, фундаментальною фізикою ми розуміємо правила гри. Але, навіть знаючи всі правила, можна не зрозуміти якогось ходу через його складність або обмеженість нашого розуму.

Той, хто грає в шахи, знає, що правила вивчити легко, а ось зрозуміти хід гравця або вибрати якнайкращий хід деколи дуже важко. Нітрохи не краще, а то й гірше, відбувається в природі. Не виключено, що врешті-решт всі правила будуть знайдені, але поки зовсім не всі вони нам відомі. Щоразу тебе чекає рокіровка або який-небудь інший незрозумілий хід. До того ж ми не знаємо всіх правил, лише дуже й дуже рідко нам вдається справді пояснити що-небудь на їхній підставі. Адже майже всі положення, що зустрічаються, настільки складні, що немає ніякої змоги, заглядаючи в правила, прослідкувати за планом гри, а тим паче передбачити черговий хід. Тому доводиться обмежуватися найзагальнішими правилами. Коли ми розуміємося в них, то вже вважаємо, що “зрозуміли” світ.

Та звідки ми знаємо, що ті правила, які ми “відчуваємо”, справедливі насправді? Адже ми не здатні докладно розібрати хід гри. Існує, грубо кажучи, три способи перевірки.



По-перше, допустимі положення, коли природа складається (або ми її влаштуємо) лише з декількох частин; тоді можна точно передбачити все, що трапиться, перевіривши відтак самі правила. (У кутку дошки може виявитися лише декілька фігур, і всі їхні рухи легко собі уявити.)

Є й інший, досить непоганий, шлях перевірки правил: треба з цих правил вивести нові, загальніші. Скажімо, слон ходить лише по діагоналі. Отже, скільки б він не ходив, він завжди буде, наприклад, на чорному полі. Відтак, не вникаючи в деталі, наші уявлення про рух слона завжди можна перевірити по тому, чи залишається він увесь час на чорному полі. Звичайно, не виключено, що раптово слон опиниться на білому полі: після того, як його побили, пішак пройшов на останню горизонталь і перетворився на білопольного слона.

Так само й у фізиці. Довший час ми маємо своє правило, яке чудово працює всюди, навіть коли деталі процесу нам невідомі, і раптом виникає нове правило. З погляду фізики найцікавіші явища відбуваються в нових місцях, там, де правила не годяться, а не там, де вони діють. Так відкриваються нові правила.

Є й третій спосіб переконатися, що наші уявлення про гру правильні. Мало виправданий по суті, він, мабуть, найвдаліший зі всіх способів. Це шлях грубих наближень. Ми можемо не знати, чому Альохін пішов саме цією фігурою. Та в загальному можемо розуміти, що він, мабуть, збирає всі фігури для захисту короля, і поміркувати, що в обставинах, які склалися, це найрозумніше. Так само ми часто більш-менш розуміємо природу, хоча не знаємо і не розуміємо кожного ходу окремої фігури.

Колись усі явища природи грубо поділяли на класи – теплота, електрика, механіка, магнетизм, властивості речовин, хемічні явища, світло (або оптика), рентгенівське проміння, ядерна фізика, тяжіння, мезонні явища тощо. Завдання ж полягає в тому, щоб зрозуміти всю природу як різні боки однієї сукупності явищ.

У цьому завдання фундаментальної теоретичної фізики нинішнього дня: відкрити закони, що стоять за досвідом, об'єднати ці класи. Історично завжди рано чи пізно вдавалося їх об'єднати, але проходив час, виникали нові відкриття, і знову виникало завдання долучити їх до загальної схеми.

Колись було створено єдину картину світу – і раптом відкрили рентгенівське проміння... З часом відбулося нове об'єднання... і тут виявили існування мезонів. Тому на будь-якій стадії гра виглядає безладно, незакінчено. Багато що пояснено з єдиного погляду, але завжди якісь недомовки і нитки все ж таки висять, завжди є щось незрозуміле. Такий нинішній стан речей, який спробуємо описати.

Ось узяті з історії приклади поєднання. По-перше, теплоту вдалося звести до механіки. Що сильніший рух атомів, то більший запас теплоти системи; виходить, що теплота, та й всі температурні ефекти, можна зрозуміти за допомогою законів механіки. Інше велике об'єднання відсвяткували, коли виявили зв'язок між електрикою, магнетизмом і світлом. З'ясувалось, що це різні боки одного явища; нині ми називаємо його електромагнетним полем. А хемічні явища, властивості різних речовин і поведінка атомних частинок об'єдналися квантовою хемією.

Виникає природне запитання: чи буде можливо врешті-решт все об'єднати в єдине ціле і знайти, що весь наш світ є просто різні боки якогось одного явища? Цього ніхто не знає. Ми тільки знаємо, що з нашим просуванням вперед щоразу влається щось з чимось об'єднувати, а тоді знову щось перестає вкладатися в загальну картину, і ми заново беремося розкладати частини головоломки, сподіваючись скласти з них щось ціле. А скільки частин у головоломці, і чи буде у неї край – це нікому не відомо. І не буде відомо, поки ми не складемо всієї картини, якщо тільки коли-небудь це взагалі буде зроблено.

Із Фейнманівських лекцій

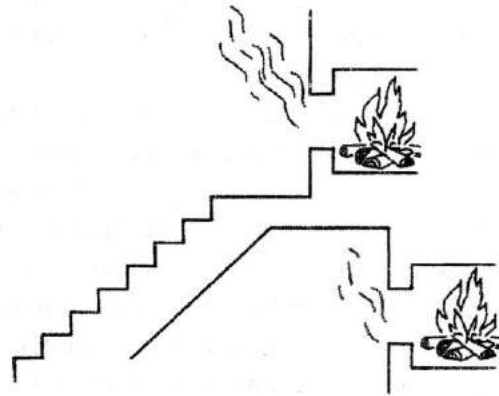


ПАРАДОКСИ

ЩО ВИЩЕ, ТО ТЕПЛІШЕ?

На другий поверх підняли в'язанку дров. Дрова отримали деяку потенціальну енергію. Тоді їх спалили в пічці. Оскільки енергія зникнути не може, а в результаті спалювання дров отримується тепло, то виходить, що потенціальна енергія перетворюється в тепло. Тобто, що на вищому поверсі спалювати дрова, то в кімнаті буде тепліше.

У чому помилка міркувань і в який вид енергії перетвориться потенціальна енергія в'язанки дров, які підняли на другий поверх?



ЧИ ЗАКОН ІНЕРЦІЇ ВИКОНУЄТЬСЯ НА ТРАНСПОРТІ?



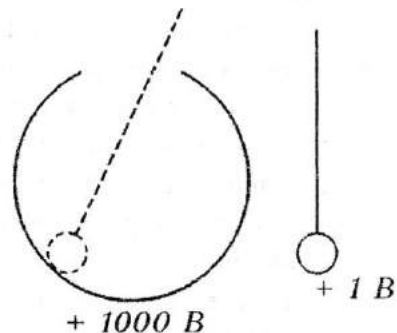
Ми часто спостерігаємо таке явище: під час різкого гальмування вагонів трамваю, тролейбуса чи потяга пасажири спочатку нахилиються вперед, а після зупинки вагона, різко відхилиються назад. А за законом інерції вони мали б тільки нахилитися вперед так, наприклад, як це відбувається з пасажирами, що їдуть на возі чи плывуть на човні під час їхнього різкого гальмування.

Як пояснити це порушення, як нам видається, закону інерції у вагоні транспорту під час різкого гальмування?

ЩО БІЛЬШЕ: 1 ВОЛЬТ ЧИ 1000 ВОЛЬТ?

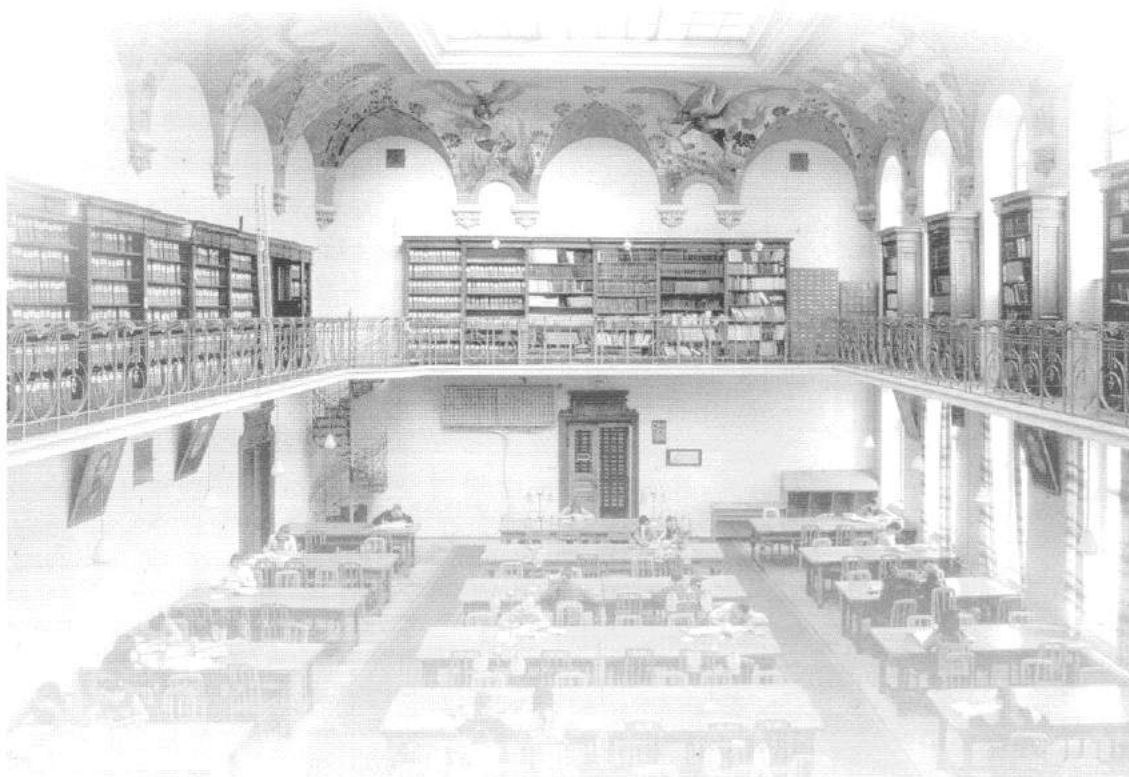
Під дією електричного поля додатні заряди переходять з провідника, що має більший потенціал, до провідника, який має менший потенціал.

Якщо металеву кульку, що заряджена до потенціала $+1\text{ В}$, внести всередину сферичної провідної поверхні, що заряджена до потенціала $+1000\text{ В}$, і доторкнутися нею до цієї поверхні, то заряди переходять з кульки на провідник. Та це суперечить теоретичному положенню, висловленому раніше. Як пояснити цей парадокс?

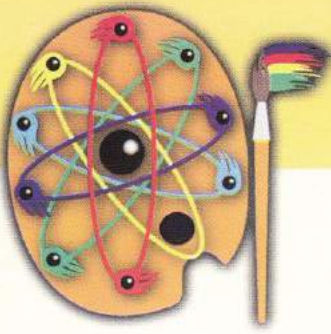




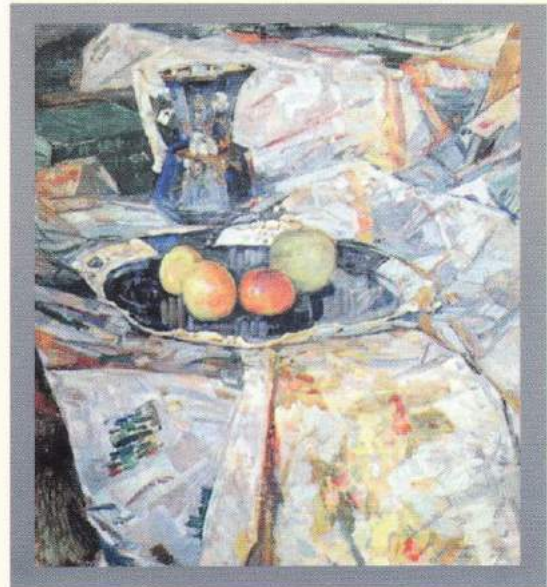
*Бібліотечний фонд України
щорічно поповнюється виданнями з природничої тематики.*



*Наукова бібліотека Львівського національного університету
імені Івана Франка є найстарішою серед книгозбірень
вищих навчальних закладів України (заснована 1608 року).*



Олексій Шовкуненко (1884–1974)
Натюрморт з синім глеком. 1930



Народився в сім'ї робітника-покрівельника. У 1908 р. закінчив Одеське художнє училище (клас К. Костанді), у 1917 р. – Імператорську академію мистецтв у Санкт-Петербурзі.

У 1913–1919 рр. брав участь у виставках Товариства південноросійських художників.

З 1917 р. – викладач Херсонської пролетарської художньої студії, з 1926 р. – Одеського політехнікуму образотворчих мистецтв, з 1929 р. – Одеського художнього інституту.

У 1924–1929 рр. – член Товариства художників ім. К. К. Костанді. У 1936–1965 рр. – професор Київського художнього інституту. Народний художник СРСР (з 1944), дійсний член Академії мистецтв СРСР (з 1947), член правління Спілки радянських художників України (1938–1968). Відзначений золотою медаллю на міжнародній виставці «Мистецтво і техніка в сучасному житті» (Париж, 1937). Академік архітектури в 1950–1956 рр. Лавреат Державної премії УРСР ім. Т. Шевченка (1975).

Відомий як маляр-аквареліст, майстер пейзажу і портрета. Створив багато портретів визначних культурних і державних діячів України: П. Тичини (1940), В. Заболотного (1942), Б. Яковлєва (1944), А. Богомольця, С. Ковпака (обидва – 1945), М. Литвиненко-Вольгемут, М. Лисенка (обидва – 1947) та ін. Один із творців українського індустріального пейзажу – серії «Одеський суднобудівний завод» (1929–1930), «Дніпробуд» (1930–1932), «Пуганський паровозобудівний завод» (1936). Створив також ліричні пейзажі – «Дуби» (1953) «Повінь. Конча-Заспа» (1954), натюрморти тощо.

Помер у Києві, похований на Байковому кладовищі.



Стрімка, бурхлива річка пізнання
У горах знань, як літній грім гуркоче.
Тече вона поміж високих скель,
Наважиться не кожен в неї скочить.

...
Зі скелі тої б'є потужне джерело
Будови тайни світу у собі тримає
Як їх відкрити? ... Нам це не дано.
Це лиш, напевно, тільки фізик знає.