

С В І Т

ФІЗИКА

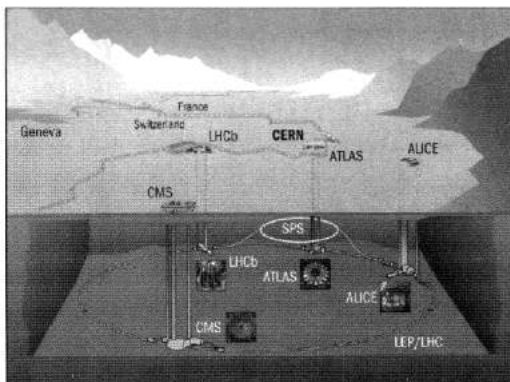
№1
2008

науково-популярний журнал

*Людина здатна зрозуміти речі,
які неспроможна уявити*

Лев Ландау

ФІЗИКИ ОЧІКУВАТИМУТЬ ВЕЛИКОГО АДРОННОГО КОЛЛАЙДЕРА ПРИНАЙМНІ ЩЕ З ПІВРОКУ



Генеральний директор ЦЕРНу Роберт Аймар (Robert Aymar) оголосив, що Великий адронний коллайдер (ЛНС) буде введено в дію в травні 2008 року. Цього очікують багато фізиків світу, які передбачають нові відкриття.

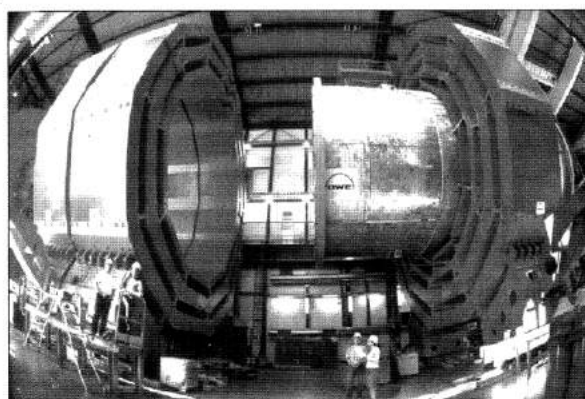
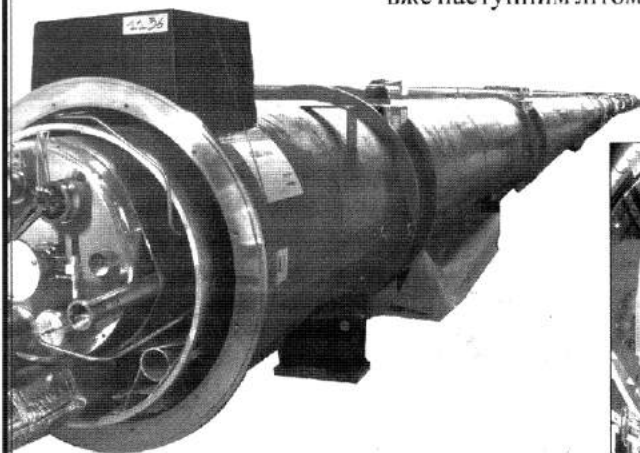
Це вже не вперше переносять терміни введення в дію коллайдера. На початку планували ввести його в дію 2001 року, згодом перенесли на 2005, далі – на 2007, а нині на 2008 рік.

У Великому адронному коллайдері розганятимуться і відбуватимуться зіткнення протонів, а також ядра свинцю. Зокрема, за допомогою коллайдера науковці сподіваються зафіксувати бозон Гігса, що стане доказом правильності нинішніх наукових уявлень про мікросвіт.

ЛНС стане найпотіжнішим із існуючих нині пришвидшувачів, він призначений для пошуку і вивчення елементарних частинок. Коллайдер збудували у тунелі на глибині 100 метрів, його периметр становить майже 26650 метрів. Комплекс ЛНС складається з декількох пришвидшувачів і детекторів, найстаріший з яких було побудовано майже 50 років тому.

ЛНС буде найпотужнішим пришвидшувачем елементарних частинок у світі, майже на порядок перевершуючи своїх найближчих конкурентів. Його спорудження ведеться понад 15 років. У цій роботі беруть участь понад 10 тисяч осіб із 500 наукових центрів усього світу.

Розробники планували восени 2007 року запустити коллайдер на низьких енергіях, а тоді перейти до високих. Після поломки магнета в березні 2007 року, стало зрозуміло, що до цього терміну встигнути неможливо. Роботи із заміни магнета ще ведуться, але запуск вже призначено на травень. “Немає однієї великої червоної кнопки, яка разом вмикає весь новий пришвидшувач, – каже Лін Еванс (Lyn Evans), керівник проєкту ЛНС, – але сподіваємося, що ми побачимо зіткнення частинок за високих енергій вже наступним літом”.



Найбільший у світі магнет, який встановлено на детекторі CMS

СВІТ ФІЗИКИ

науково-популярний журнал

1(41)'2008

Журнал "СВІТ ФІЗИКИ",
заснований 1996 року,
реєстраційне свідоцтво № КВ 3180
від 06.11.1997 р.
Виходить 4 рази на рік

Засновники:

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

Головний редактор

Іван Вакарчук

заступники гол. редактора:

Олександр Гальчинський

Галина Шопа

Редакційна колегія:

Олекса Біланюк

Михайло Бродин

Петро Голод

Семен Гончаренко

Ярослав Довгий

Іван Климишин

Юрій Ключковський

Богдан Лукіянець

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

"Сьогодні можна з певністю твердити: підтримка науки з боку держави суттєво зростатиме. А вища освіта і наука найближчим часом зможуть стати реальним найпотужнішим чинником розвитку економіки, зможуть відповісти на всі виклики економічного та суспільного розвитку України.

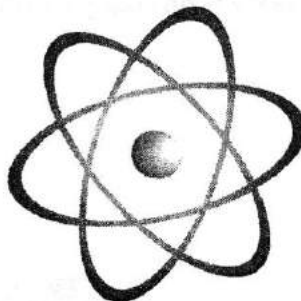
...У сучасному світі не можна уявити успішний вищий навчальний заклад, який готує конкурентні кадри, без належної наукової бази, відомих у світі наукових шкіл. Особливо це стосується підготовки висококваліфікованих фахівців природничо-математичного та технічного профілю, дефіцит яких на українському ринку праці з року в рік зростає.

...академічна, університетська та галузева науки можуть успішно розвиватись лише в тісному взаємозв'язку, починаючи з підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів, використання цінного наукового обладнання та проведення спільних наукових досліджень.

...одним із пріоритетних напрямів діяльності є підвищення конкурентоспроможності української науки та її інтегрованості в світовий науковий процес.

Спільними зусиллями ми зуміємо зробити Україну по-справжньому високоосвіченою та здатною дивувати світ науковими та високотехнологічними досягненнями, своїм гідним внеском у світову культуру."

Іван Вакарчук,
міністр освіти і науки
України



**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

Проскура Олександр. Макс Планк – видатний фізик і мужня особистість

3

2. Фізики світу

Локтев Вадим. Великий вчений академік Л. Д. Ландау: життя і діяльність

15

3. Університети світу

Гуцул І. В., Раранський М. Д., Зушман І. М. Фізичному факультету Чернівецького національного університету – 40 років

24

4. Олімпіади, турніри...

Умови задач III (Обласного) етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (Львів, 2008)

29

Розв'язки задач III (Обласного) етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (Львів, 2008)

33

5. Інформація

Стівен Гокінг побував у невагомості
Яка ж насправді Земля?

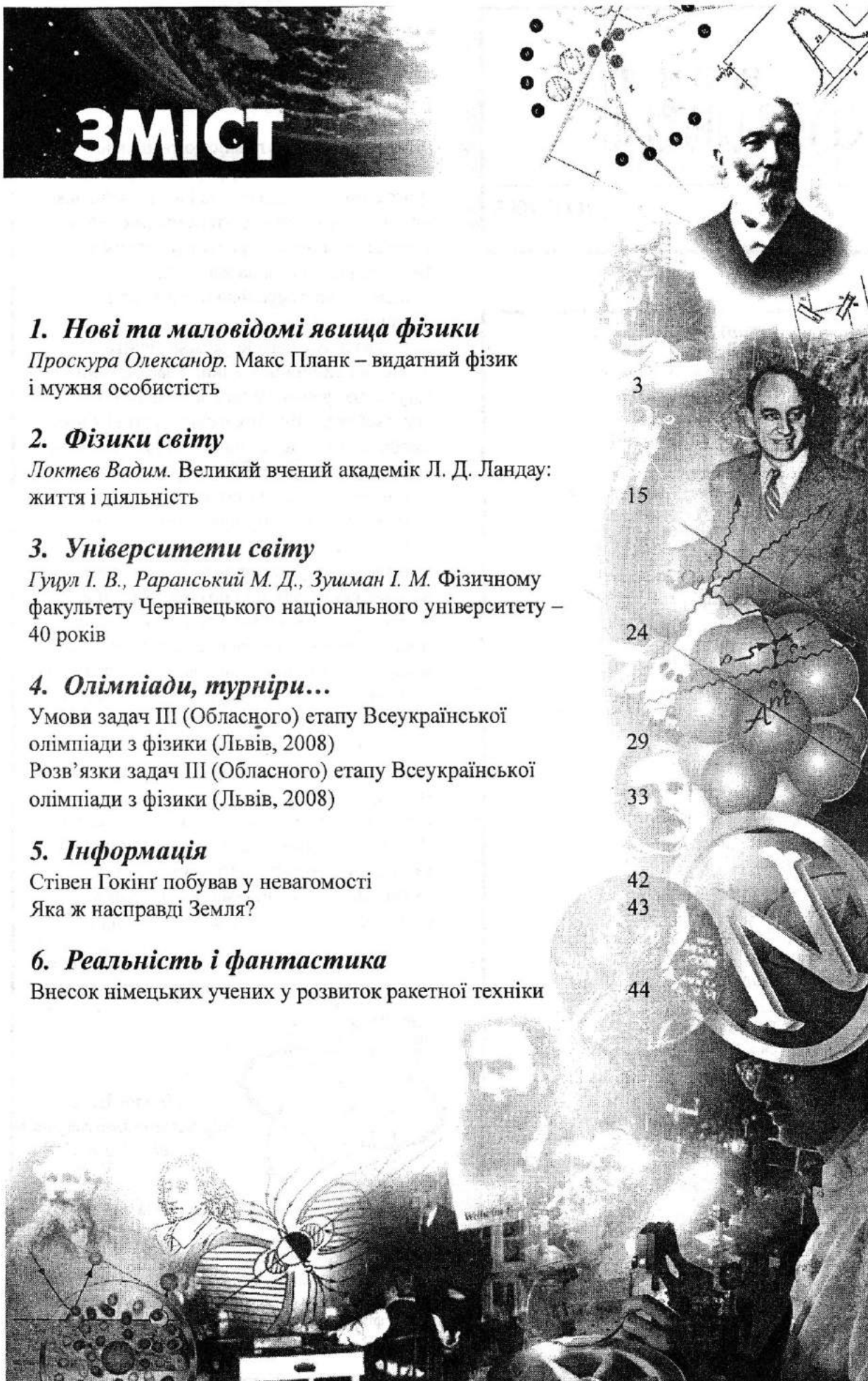
42

43

6. Реальність і фантастика

Внесок німецьких учених у розвиток ракетної техніки

44





До 150-річчя Макса Планка

МАКС ПЛАНК – ВИДАТНИЙ ФІЗИК І МУЖНЯ ОСОБИСТІТЬ

Олександр Проскура,

кандидат фіз.-мат. наук, Німеччина

Нобелівський лавреат з фізики Макс Планк (Max Planck, 1858–1947) є центральною фігурою німецької наукової спільноти першої половини ХХ сторіччя. Восени 1900 року він відкрив закон випромінювання абсолютно чорного тіла та обґрунтував квантову гіпотезу випромінювання, започаткувавши перехід від класичної фізики до модерної. Відійшовши від класичної фізики і заклавши підвалини квантової фізики, Планк забезпечив становлення і розвиток нових напрямів природничих наук у ХХ сторіччі. Він також одним з перших сприйняв і підтримав Айнштейнову (Albert Einstein, 1879–1955) теорію відносності. Початок історичної “ери Планка” співпадає, за висловом Зоммерфельда (Arnold Sommerfeld, 1868–1951), з 1905-им “роком дива” (annus mirabilis), названим так на честь п’яти публікацій Айнштейна, що з’явилися того року і, розвиваючи ідеї Планка, знаменували собою початок золоті пори німецької фізики.

Високий авторитет М. Планка як дослідника, організатора науки і шляхетної людини був і залишається беззаперечним. Планк у 1912–1938 роках був незмінним секретарем математично-фізичного класу Пруської Академії наук. Його на період 1930–1937 років було обрано президентом Наукового товариства Кайзера Вільгельма для сприяння науці, нині – Товариство Макса Планка, (Max-Planck-Gesellschaft). Професор Планк був членом багатьох наукових товариств і академій і в Німеччині, і за її межами, був він членом Наукового товариства імені Шевченка.



Макс Планк (Max Planck, 1858–1947)

У травні 1933 року Планк як президент Наукового товариства Кайзера Вільгельма мав скласти офіційний візит новому райхсканцлерові Німеччини Адольфові Гітлеру. Планк мав здійснити цей візит як відповідь на офіційне вітання, яке він отримав до свого 75-річчя. Візит відбувся саме на початку правління нацистів, які вже втілювали в життя держави свою расистську ідеологію. Саме ця ідеологія була базовою для практики Голокосту. На час офіційного візиту Планка до керівника виконавчої влади Німеччини вже йшлося про позбавлення права фахівців єврейського походження на працю в університетах і державних наукових закладах. Євреї вже починали передчувати, яка доля очікує на них у німецькій тоталітарній державі та в Європі, тому дехто з намірами зберегти життя та якість працевлаштування намагався виїхати з нацистської Німеччини. Вже серед перших емігрантів були нобелівські лавреати. Більшість німецьких науковців з почуттям сорому та безсилою гніву спостерігали за своїми єврейськими колегами, з якими вони раніше спільно навчали студентів, здійснювали наукові дослідження, приятелювали родинами і які



відтепер були змушені майже назавжди виїздити. Еміграція набувала масового характеру, що з одного боку послаблювало продуктивність німецької науки та її міжнародні позиції, а з іншого помітно сприяло розвитку фізики в країнах, що приймали єврейських емігрантів. У багатьох країнах, як відомо, емігрантів було досить ефективно використано. Наприклад, багато з них брали участь у створенні американської атомної бомби у межах так званого Мангеттенського проєкту. Це призвело до пришвидшеного завершення Другої світової війни, яке настало одразу після жакливого ядерного бомбування першими американськими атомними бомбами японських міст Хіросіма та Нагасакі, що спричинило негайну капітуляцію Японії.

Про перебіг і зміст зустрічі між Планком та Гітлером, яка відбулась 16 травня 1933 року, журнал Наукового товариства Кайзера Вільгельма "Physikalische Blätter" повідомив лише за 14 років, у травні 1947 року, публікацією під назвою "Таємний радник проф., д-р Макс Планк: Мої відвідини Адольфа Гітлера". Історичну публікацію ініціював видавець журналу "Physikalische Blätter" Брюхе (Ernst Brüche, 1900–1985), який, до речі, 1948 року, тобто за рік після смерті Планка, надрукував у "Physikalische Blätter" свою статтю "Макс Планк та Фізичне Товариство", яку завершив підсумковою думкою: "Макс Планк є одним з найбільших фізиків і найшляхетніших людей".

Нижче подаємо повідомлення Планка про цей візит у перекладі з німецької [1] на українську мову. Текст повідомлення засвідчує громадянську мужність видатного науковця. Повідомленню передуює редакційний вступ журналу "Physikalische Blätter".

Таємний радник проф., д-р Макс Планк

Мої відвідини Адольфа Гітлера

Про візит Макса Планка до Адольфа Гітлера на початку 1933 року як про факт, що мав місце, було відомо багатьом науковцям. Повідомлення ж про зміст та перебіг зустрічі поширювались пошепки, тому виникали чутки, які навряд чи відповідали дійсності. Через це журнал "Physikalische Blätter" звернувся до пана таємного радника

Планка з проханням автентично представити картину візиту. Ми одержали датоване 6 травня 1947 року таке повідомлення:

"Коли Гітлер прийшов до влади, я, як президент Наукового товариства Кайзера Вільгельма, мав завдання засвідчити фюрерові моє шанування. Я сподівався скористатись цією нагодою, щоб замовити слово прихильності за мого єврейського колегу Фрітца Габера, без чийх дослідів з одержання аміаку, добутого з повітряного азоту, попередня війна вже від початку могла би бути програною. Гітлер відповів мені дослівно так: "Я зовсім нічого не маю проти євреїв. Але всі євреї є комуністами, а комуністи – це мої вороги, проти них іде моя боротьба". На моє зауваження, що за рівнем діяльності євреї можуть поділятися як на цінних для людства, так і на таких, що не мають високої цінності, серед перших є старі родини з гарною німецькою культурою, так що варто було б їх розрізняти, він відповів: "Це неправильно. Євреї є євреї; вони реп'яками чіпляються один за одного. Де є один єврей, зразу збираються інші євреї всіх сортів. Якби ж то перед євреями було поставлено завдання самостійно ідентифікувати себе за різними категоріями, але ж вони цього не зроблять. Тому я змушений вживати заходів проти всіх євреїв однаково". На моє зауваження, що ми самі завдамо собі шкоди, якщо цінні євреї будуть змушені до еміграції, хоча ми потребуємо їхньої наукової праці, однак вона виявиться корисною насамперед для закордону, він не продовжив конкретної дискусії і перейшов до загальної риторики і нарешті закінчив: "Кажуть, ніби я деколи хворію на послаблення нервів. Це наклеп. Я маю нерви наче сталеві". При цьому він міцно вдаряв себе по коліну, говорив усе швидше та швидше і довів себе до такої люті, що мені нічого іншого не залишалося, як замовкнути і попрощатись".

Слідом за Планком райхсканцлер вибіг зі свого кабінету до приймальні й в присутності вартового вигукнув навздогін президентові Наукового товариства Кайзера Вільгельма, що той – "бідолашний божевільний" ("Armer Wirrkopf").

Численні дослідники історичної теми "Наука в Третньому Райху" докладно аналізують особисті долі науковців того періоду. Наведене повідом-



лення Планка вони справедливо використовують як свідчення опозиційного ставлення проти націонал-соціалістичного режиму, яке виявив провідний німецький учений. Зазначимо, що згодом його сина Ервіна Планка (Erwin Planck, 1893–1945), який працював на посаді державного секретаря при райхсканцелярії, було страчено саме з політичних мотивів. Ервіну Планкові була інкримінована співучасть у невдалому замаху полковника Штауфенберга (Claus Schenk Graf von Stauffenberg, 1904–1944) на Гітлера. На третій день після замаху 23.07.1944 Ервіна Планка було заарештовано, 23.10.1944 його засудили і 23.01.1945 року стратили. Діяльність батька і сина Планків, їхню громадянську відвагу, патріотизм та опір режимові досліджувала автор книжки [4] та інші історики науки. Дослідники звертали також увагу на аргументацію Планка щодо поділу євреїв на менш чи більш цінних для людства, на чому Планк наполягав під час авдієнції у фюрера і яка більше нагадувала маневри на замінованому полі, ніж прямий виступ проти расистської ідеології та відповідного законодавства. Як зазначають дослідники, головний сенс поведінки Планка швидше відповідав стилю поведінки консервативної людини. Про це може свідчити також і такий факт, що до усвідомлення значення таких його наукових досягнень, як відкриття елементарного кванта дії h і дискретності атомарних явищ, які спричинили революцію у фізичній науці, сам Планк прийшов пізніше від своїх колег.

На свого сина Макс Планк мав справді значний вплив. Стосунки між батьком і сином склались гармонійно. І хоча батько не міг відважитись на активну участь в опорі, оскільки це суперечило б усій його природі, проте його позиція в її морально-етичному сенсі була принциповою і слугувала прикладом для сина. Батькові тверді громадянські переконання, що не дозволяли йти на поступки, визнання сили розуму та людської мудрості, його непохитна віра в Бога – це, безсумнівно, справляло враження на Ервіна і додавало йому мужності йти далі власним тернистим шляхом. Макс Планк тяжко переживав втрату Ервіна, для чийого порятунку він докладав багато безуспішних зусиль. Відомо, що Ервін Планк цікавився також науковими дослідженнями батька. В його записнику,

зокрема, відмічено, що 04.11.1941 він слухав батькову доповідь “Зміст і межі точної науки”, в якій застерігалось про можливе самознищення людства як один з наслідків відкриття Ганом (Otto Hahn, 1879–1968) явища розщеплення ядра. Батько й син постійно мали потребу в обміні думками та враженнями, виглядали найкращими співбесідниками. А разом з А. Айнштайном вони склали блискуче музичне тріо.

Максові Планку довелося витримати багато трагічних ударів долі у приватному житті та при соціальних потрясіннях. Він пережив своїх дітей від першого шлюбу. Обидві його доньки-близнюки померли під час пологів: Грете 15.05.1917 та Емме 21.11.1919. Старший син Карл поліг під Верденом під час Першої світової війни 26.05.1916, другий син Ервін, як зазначено вище, став жертвою у боротьбі проти націонал-соціалізму.

Дослідників історії німецької науки періоду націонал-соціалістичної диктатури Третього Райху цікавило, зрозуміло, широке коло питань, і серед них ті, що прямо стосувались особистості видатного фізика. До них, зокрема, належать такі: яке враження справила на Планка та на Гітлера службова авдієнція найавторитетнішого вченого у райхсканцлера та в якому психо-фізичному стані перебував Планк, коли за 14 років після візиту він у 89-річному віці вперше публічно висловився про цю авдієнцію і письмово повідомив про неї у пресі [2]. З’ясувалось, що повідомлення Планка було складено за участю його другої дружини пані Марги і відіслано 6 травня 1947 року до редакції “Physikalische Blätter” для друку. Того ж місяця травня повідомлення було надруковане. Вимушена пауза тривала майже 14 років між авдієнцією та повідомленням про неї викликала у прискіпливих істориків сумніви щодо точності викладу подій, до того ж що протоколу зустрічі, а також її свідків не було. Дослідникам довелося звернутись до аналізу листування між Маргою Планк (Marga Planck, geb. von Hoesslin, 1882–1949) і редактором журналу Ернстом Брюхе (Ernst Brüche, 1900–1985). З’ясувалось, що в листі, яким супроводжувалось повідомлення Макса Планка про авдієнцію, Марга Планк подала для редактора таку інформацію: “Інтерв’ю, яке я при цьому надсилаю, є автентичним – я про авдієнцію часто чула з



розповідей мого чоловіка зовсім так, як він мені про це повідомив тоді, коли після візиту прийшов додому. Під час авдієнції в кабінеті фюрера не було жодного есесівця, мій чоловік був один у Гітлера, запитання і відповіді відтворені в повідомленні майже буквально. Наш текст Ви можете друкувати без сумнівів". Повідомлення Планка тривалий час слугувало важливим і достовірним документом і розглядалось як свідчення наявності інтелектуальної опозиції проти Гітлера [7]. Водночас, з'являлись і висловлювання про те, що про дослівну передачу бесіди не може бути й мови і що повідомлення Планка можна розглядати лише як документ 1947, а не 1933 року.

У дискусії про достовірність тексту повідомлення залишається посилається на відмінну пам'ять фізика-теоретика та на серйозність ставлення Планка до власних слів та вчинків. Про сумлінне ставлення Планка до своїх висловлювань засвідчує його текст від 1942 року для кіноархіву [3]: "Що старшим стаєш, то більше відчуваєш відповідальність за те, що говориш. Тому я останніми роками при звичаївся до того, щоб усе, що я даю від себе, попередньо ретельно обміркувати і підготуватись до кожного кроку, який я роблю".

Теж саме писав Планк 1934 року в листі до Макса фон Лауе: "Моя максима завжди є такою: попередньо обміркувати кожен крок, а вже обміркувавши, не дати собі перешкодити йти". Як приклад цього можна розглядати і той факт, що всебічно обміркувавши проблеми, пов'язані з небезпечним проведенням урочистих зборів, присвячених пам'яті вигнанця Фрітца Габера, який помер 1934 року вже в еміграції в Базелі по дорозі до Палестини, Планк, як президент Наукового товариства Кайзера Вільгельма, усе ж підготував і провів 1935 року ці урочисті. Про штучні труднощі, що чинились проведенню урочистостей можна мати уявлення на підставі того висловлювання Планка, яке перед початком зборів, увечері почула від нього Лізе Мейтнер: "Це вшанування я проведу за будь-яких умов, хіба що мене викине поліція". Про це вшанування залишився зафіксованим такий епізод: Міністерство заборонило університетським професорам і службовцям Наукового товариства Кайзера Вільгельма брати участь у цій події, тому в залі були присутні багато

професорських дружин, які представляли своїх чоловіків-професорів. Люди дивувались, що у Планка вистачило мужності провести вшанування Габера. Планк завершив виступ на урочистому вшануванні, проголосивши: "Габер був вірним нам, ми ж будемо вірними йому".

Про вчинок Планка як захисника прав людини та університетської автономії є свідчення ще з 1895 року. Саме тоді Пруське міністерство стало вимагати у Берлінського Університету вжити адміністративних заходів проти Аронса (Leon Arons, 1860–1919), який працював приват-доцентом фізики на філософському факультеті. Підставою для таких вимог з боку державної установи немов би була занадто активна участь єврея за походженням Аронса у діяльності соціал-демократичної партії. При університеті для перевірки цих заяв була створена комісія у складі професора Планка, професора Трайтшке (Heinrich von Treitschke, 1834–1896) та нобелівського лауреата професора Моммзена (Theodor Mommsen, 1817–1903), яка вивчила ситуацію і відхилила всі претензії Міністерства до Аронса як необґрунтовані.

Відчуття істини і справедливості були так глибоко закорінені в особистості Планка, що його дуже пригнічували навіть ті аморальні вчинки, до яких він не був причетним. Це, зокрема, виявилось у відомій історії із "Закликом до культурного світу" 93-ох німецьких науковців та митців, які 1914 року виправдовували окупацію Бельгії німецькими військами. Оскільки до списку тих, що підписали, потрапило ім'я Планка без узгодження з ним, то він офіційно висловив свій протест, а в листі до нідерландського фізика Лоренца (Antoon Heindrick Lorentz, 1853–1928) дав свою оцінку тим сумнівним ідеологічним твердженням, що містились у "Закликові", та попросив опублікувати свого листа до Лоренца, що й було зроблено. В листі Планк особливо наголошував, що він, попри усю складність ситуації війни, ніколи не поступиться духовними заповідями і вірністю лицарським традиціям.

Для Макса Планка термін "Батьківщина" не був абстрактним поняттям, засвоєним зі шкільного курсу. Ще від початку Першої світової війни Планк належав до "патріотичного єдиного фронту". Він у цей час в листі до свого родича з гордістю писав: "який чудовий час ми переживаємо". Як ректор



Берлінського університету Планк на традиційному зібранні в університеті 03.08.1914 героїзував війну, патетично відзначивши факт блискавичного згуртування усіх фізичних і моральних сил німецької нації вже на початку війни. Оскільки на ґрунті патріотизму і гордості за Батьківщину Планк так категорично висловлювався на підтримку її у війні, то нічого дивного не було в тому, що його прізвище опинилось у списку тих німецьких митців та інтелектуалів, які звернулись із закликом до світу культури з наміром висловитись за виправдання німецького мілітаризму. Професор Д. Гофман [8] зауважив, що про почуття патріотизму Планка на початку століття було настільки відомо, що це і створювало умови, за яких його прізвище могло потрапити до подібного списку діячів, що підписали “Заклик”. Тільки з часом і внаслідок втручання іноземних колег, зокрема, під впливом Лоренца, Планк запровадив такий спосіб функціонування Академії наук, який не зміг би призвести до фатальних наслідків у міжнародному науковому середовищі, так щоб міжнародні стосунки науковців не були зруйновані війною і політичною нетолерантністю. Саме тому і заплановане виключення з Академії наук її іноземних членів-громадян країн, ворожих до Німеччини, було перенесено.

Світогляд Планка значною мірою формувався у колі родини. Планк саме в родині засвоїв мудрість, якою не переставав користуватись упродовж життя і яка полягає в тому, що людина посідає спадок батьків, щоб усвідомлено володіти ним. Планк певним чином засвоїв і духовний спадок свого прадідуся – професора евангелістської теології та історії релігії Готтліба Планка (Gottlieb Jakob Planck, 1751–1833). Схожість між ними виявлялась також безпосередньо в ставленні обох до земного життя, в якому доля не поскупилась на випробування для них у важкі часи, під час подолання яких вони зберігали стійку внутрішню витримку. Численні дослідники життя та діяльності Планка відзначають, що різні люди ще тривалий час після знайомства з ним залишались під сильним враженням від його сильної натури. Тим, хто особисто знайомився з Планком, одразу кидалась у вічі шляхетність його поведінки. Таємниця впливу Планка на людей частково полягала в тім, що він сприймав і оцінював людей, орієнтуючись пере-

важно на їхні позитивні сторони і в такий спосіб пробуджував у них добро.

Політичний світогляд Планка – патріота зазнав деяких змін під час Першої світової війни. Якщо в німецькому академічному середовищі існувала готовність надавати певної підтримки одному незручному членові й до того ж дивакові і непрусакові А. Айнштайну з його пацифістським ставленням до імперіалістичної війни, то стосовно такого видатного державного чиновника, як Планк, який обіймав у Академії високе становище, подібна підтримка була б майже неможливою, оскільки могла би призвести до певних акцій з боку держави. Такі обставини накладали певні обмеження на громадянську поведінку Планка.

Повернімося до аналізу вже описаної авдієнції. Авторка монографії [4] подала ситуацію навколо авдієнції так. Опублікування 07.04.1933 закону про відновлення статусу державних службовців ускладнило і зрештою унеможливило Максові Планку захист від неминучого і тепер уже немов би законного звільнення з професорських посад своїх єврейських колег і друзів Фрітца Габера (Fritz Haber, 1868–1934), Макса Борна (Max Born, 1882–1970), Ріхарда Куранта (Richard Courant, 1888–1972), Джеймса Франка (James Franck, 1882–1964), Отто Штерна (Otto Stern, 1888–1969) і Ервіна Шредингера (Erwin Schrödinger, 1887–1961). Тому Планк як президент Наукового товариства Кайзера Вільгельма 16.05.1933 на прийомі у Гітлера відважився дати своє пояснення, що йдеться про забезпечення тягlosti високого рівня німецької науки, про наукові кадри і наукову зміну, яка слідом за всесвітньо відомими дослідниками покидатиме Батьківщину, що призведе до послаблення країни. Авдієнція не дала очікуваного Планком результату, оскільки він по суті виступив противником основного кредо нацистів – расистської ідеології. Авдієнція приголомшила Планка. У вузькому колі він натякав про свої песимістичні висновки з пережитого під час візиту. З тексту друкованого повідомлення Планка про візит можна відчутти безнадію, яка огорнула його при персональній зустрічі з Гітлером. Це також засвідчує, що життя Планка дуже часто порушувалось потрясіннями і важкими переживаннями, кількість яких, зумовлена бурхливими подіями часів нацизму, стрімко зростала.



Чи підпадає поведінка Планка в кабінеті Гітлера під означення поняття громадянської мужності? Знаний дослідник історії фізичної науки, зокрема й історії фізики в нацистській Німеччині, професор Д. Гофман (Dieter Hoffmann), у розмові з автором цих рядків зауважив, що відповідь на це запитання варто шукати через порівняння, і як приклад мужньої поведінки фізиків у колишньому СРСР нагадав про звільнення з московської в'язниці НКВС професора Ландау (Лев Давидович Ландау, 1908–1968) за сміливим письмовим зверненням до керівництва Радянського Союзу академіка Капиці (Петр Леонидович Капица, 1894–1984) та академіка Фока (Владимир Александрович Фок, 1898–1974). Про інший випадок мужньої поведінки фізиків можна дізнатись із опублікованих стенограм Ювілейної Сесії Академії Наук СРСР, яка відбулась у березні 1936 року в Москві. Сесії було поставлено завдання – прийняти рішення про історичне досягнення радянської фізики – вихід її на передові позиції у світовій фізичній науці за малий відтинок часу – десять років після петроградського Жовтневого перевороту. Зрозуміло, що для багатьох учасників Сесії таке рішення не могло не видаватись сумнівним. У дискусії першим проти гучного державного окомилування, яке зрештою згодом було осміяно в саркастичній тезі “Россия – родина слонів”, виступив директор київського Інституту фізики АН УРСР академік Гольдман (Олександр Генріхович Гольдман, 1884–1971). Гольдман наводив вагомі аргументи проти небезпечної практики свідомої

фальсифікації наукових результатів, що впроваджувалась під керуванням академіка Йоффе (Абрам Федорович Иоффе, 1880–1960) в системі підпорядкованих йому Фізико-технічних інститутів, та вимагав під час досліджень забезпечувати настільки достовірні результати, щоб їх неможливо було заперечити. Його підтримали на той час харків'яни професор Л. Ландау і директор Українського фізико-технічного інституту академік О. Лейпунський (Олександр Ілліч Лейпунський, 1903–1972), нобелівський лавреат академік Тамм (Ігорь Евгениевич Тамм, 1895–1971) та інші видатні дослідники, які склали окрасу радянської фізики. Як наслідок, більшість опонентів державної доктрини було репресовано.

Відразу після авдієнції Планк поділився своїми враженнями від неї з В. Гайзенбергом (Werner Heisenberg, 1901–1976). За спогадами Гайзенберга, опублікованими до 100-річчя Макса Планка, Планк був “глибоко пригнічений” офіційною авдієнцією і не мав надії на те, що від уряду прийде “хоч трохи чогось розумного” [6]. Зміст почутих від Планка слів Гайзенберг передав так: “Те, що зараз відбувається, подібне до лавини, яка несесться згори, і ніхто не може їй протидіяти; треба переждати, поки лавина зійде. Людина мусить або негайно емігрувати, або цю біду перетерпіти”. Самого Гайзенберга Планк просив залишитись у Німеччині. Шокований масовою еміграцією фахівців з Німеччини, Планк звертався до молодих німецьких колег з проханням залишатись попри несприятливі обставини, які Планк уважав тимчасовими, і радив молоді перчекати до кращих часів.

За тиждень після цієї сумної для Планка авдієнції (23.05.1933) під час відкритті загальних зборів Наукового Товариства Кайзера Вільгельма він як законослухняний громадянин і чиновник повторив вимогу Гітлера “зконцентрувати всі наявні сили для активної спільної праці над відбудовою Батьківщини” і залучити для цього науку. При цьому Планк у присутності двох міністрів нового нацистського уряду дозволив собі відновити спогад про євреїв Фрітца Габера та Гайнріха Гертца (Heinrich Hertz, 1857–1894) поряд з прізвищами німців Конрада Рентгена (Wilhelm Conrad Roentgen, 1845–1923) та Карла Боша (Carl



Bosch, 1874–1940), завдяки яким в усьому світі виникла повага до імені німецького вченого і утвердився його авторитет. Далі Планк висловив на адресу урядовців нечувану для нових часів тоталітаризму умову – щоб науковці у своїй праці відчували захист з боку найвищих посадовців від необ’єктивних чинників, викликаних подіями поточної політики.

Загалом у 1933–1934 роках Планк приклав багато зусиль, аби влада не зліквідувала Наукове товариство Кайзера Вільгельма чи щоб не ввела до складу його керівництва націонал-соціалістичного райхскомісара, або щоб не здійснила якісь заходи, що в той чи інший спосіб накладали б обмеження на автономію Наукового товариства Кайзера Вільгельма. Результатом цих зусиль стало збереження традиційної та певною мірою відносної незалежності Товариства від втручань уряду у діяльність науковців.

Під враженням від вимушеної еміграції Айнштайна 1933 року Планк у листі до генерального директора ТКВ Глума (Friedrich Glum, 1891–1974) окреслив свою позицію так: “Цей час треба розглядати як своєрідний період переходу і спокійно перечікувати, як поступово розвиваються події”. По суті це було повторенням його гасла з часів важкого в усіх відношеннях 1918 року – “Перетерпіти і працювати далі”.

Затягі ідеологи так званої “німецької фізики” нобелівські лавреати Філіпп Ленард (Philipp Lenard, 1862–1947) і Йоганнес Штарк (Johannes Stark, 1874–1957) не могли подарувати Планкові його прихильності до релятивістської або, як вони стверджували, “юдейської фізики” та до особи Альберта Айнштайна, якого Планк у квітні 1933 року на засіданні Пруської академії наук прирівняв за значенням до Йоганнеса Кеплера (Johannes Kepler, 1571–1630) та Ісаака Ньютона (Sir Isaac Newton, 1642–1727). Фанатичний Ленард у листі до райхсміністра внутрішніх справ навіть вимагав вивести Планка зі складу сенату Наукового товариства Кайзера Вільгельма з причини дружнього ставлення Планка до неарійців, які в системі Товариства очолювали низку інститутів.

Загалом, на підставі суджень дослідників можна дійти висновку, що Планк робив те, що можна було реально зробити. Він намагався дещо врятувати, відповідно опирався проти того, проти чого

обставини примушували опиратись. Саме тому він у віці 75 років погодився на своє переобрання на посаді президента Наукового товариства Кайзера Вільгельма. В імперії обману Планк все ж продовжував вірити у справедливість. Він своїм життєвим прикладом давав підстави для того, щоб близькі до нього люди не лише вірили йому, поважали його, а й любили як батька.

За тиждень після візиту до Гітлера Планк виступив 23.05.1933 на головних зборах Наукового товариства Кайзера Вільгельма і, як його президент, обнадійливо заявив, “що уряд національного піднесення, який цілком визнає значення наукового дослідження для процвітання Батьківщини та її положення серед народів, бере Товариство під свій особливий захист і переводить його в такий стан, що буде не тільки утримувати його інститути, а й обладнає їх так, що з будь-якого погляду вони будуть задовольняти вимоги активних і вибагливих науковців”. Того ж дня Планк та інші учасники зібрання телеграмою урочисто завірили райхсканцлера в тому, що “німецька наука також готова з повною віддачею сил співпрацювати над відбудовою національної держави, яка є захистом і покровителькою науки”. Відтепер Президент Наукового товариства Кайзера Вільгельма уже був змушений відкривати збори так званим гітлерівським вітаням, підписувати офіційні листи здоров’я фюреру і розпорядитись встановити погруддя фюрера у приміщенні Товариства. Попри офіційно-патріотичні заяви та вчинки керівництва Товариства, упродовж 1933 року майже половина неарійських співпрацівників за новим націонал-соціалістичним законодавством була звільнена з роботи. Наукові товариства обирали для себе шлях між своєю автономією та пристосовництвом. Найдовше і найпослідовніше опір зовнішнім політичним впливам чинило сильне демократичними традиціями Німецьке фізичне товариство, яке, наприклад, гальмувало позбавлення членства неарійців та затримувало заміну свого старого статуту на новий, відповідно до нової політичної ситуації. Щодо Наукового товариства Кайзера Вільгельма, то його керівні комітети та вчені ради було звільнено від тих небажаних з політичних і расистських міркувань членів, на місце яких мали прийти вже відповідні кон’юнктури.



Офіційна поведінка президента Наукового товариства Кайзера Вільгельма викликала у деяких дослідників сумніви щодо того, чи можна вважати Планка причетним до опору та захищувати його до опозиції проти націонал-соціалізму, а чи об'єктивніше буде все ж віднести його до колабораціоністів. Сам Планк про вибір того чи того способу поведінки висловився так: "Націонал-соціалізм ... це як буря, яка проноситься нашою землею. Ми не в змозі зробити щось інше, як зігнути подібно до дерев, що стоять проти вітру".

Планк, звичайно, зробив певні життєві висновки з тієї сумнозвісної авдієнції у рейхсканцлера. Про це засвідчує його відповідь з приводу ідеї Гана (Otto Hahn, 1879–1968) про можливість оголошення протесту з боку Наукового товариства Кайзера Вільгельма на звільнення євреїв. Планк на це сказав: "Якщо сьогодні на знак протесту підведуться тридцять професорів, то завтра з'являться 150 персон, які оголосять про свою солідарність з Гітлером, бо вони потребують робочих місць".

Водночас Планк активно боровся проти звільнення з роботи кожного науковця-неарійця в системах Товариства Кайзера Вільгельма і Пруської академії наук. Наприклад, він намагався підтримати не лише відомого фізика Лізе Мейтнер, а й доньку Гайнріха Гертца (Heinrich Hertz, 1857–1894), зоопсихолога Матильду Гертц (Mathilde Hertz, 1891–1975), онуку фізіолога Еміля дю Буа Раймонда (Emil du Bois-Reymond, 1818–1896)

садового Фанні дю Буа-Раймонд (Fanny du Bois-Reymond) та інших. Можна сказати, що Планк був затихий для спротиву пануючій владі і мав переконання, що юридичного права на щастя та благополуччя просто не існує.

Німецькі дослідники вважають, що Планк був достатньо захищений від жорстокої влади своєю світовою славою нобелівського лавреата, виборними посадами президента Наукового товариства Кайзера Вільгельма і Секретаря Пруської академії наук, а також Канцлера Ордена Честі. Його наукова потужність і моральна чистота залишались незаплямованими. Громадськість у Німеччині та за її межами його підтримувала, проте нацистський режим гнітив Планка: 1936 року нацистська за духом Педагогічна спілка навіть провела таємне розслідування з метою з'ясувати, чи не єврейкою є його друга дружина Маргарете фон Гьослін (Margarete von Hösslin), звичайно звана в родині як "Марга", у якої прадід Вільгельм фон Гьослін (народжений 1790 року) пошлюбив Кароліне Фрайн фон Айхтгаль (Karoline Frein von Eichthal) з дому із зіркою Давида. Супротивник Планка фізик Штарк, якого через його націонал-соціалістичну активність "прокотили" на виборах президента Наукового товариства Кайзера Вільгельма, поставив у друкованому органі SS (Schutzstaffel(n) SS – охоронні загони; "Schwarze Korps" – Чорний корпус) Максові Планку, Арнольдові Зоммерфельду (Arnold Sommerfeld, 1868–1951) і Вернерові Гайзенбергу тавро "білі євреї" та мимоволі облагородив їх, піднісши всіх трьох до стану "намісників Айнштайна в німецькому духовному житті".

Влада намагалась підпорядкувати собі діяльність наукових товариств і позбавити їх автономії, заохочуючи до пристосовництва. На відміну від хеміків, фізики в боротьбі за збереження автономії свого товариства тримались досить стійко. Проблемам автономії та пристосовництва наукових товариств та персональним долям видатних науковців у Третньому Райху присвячена книжка [5].

Проти націонал-соціалістичної політики Планк виступав неодноразово, це виявлялось і під час реорганізації урочистостей на честь Фрітца Габера 1935 року, і під час святкування 25-річчя цього





Товариства, коли президент намагався представити свою власну позицію у вигідному світлі за важких обставин. Звичайно, що Планк при всіх своїх можливостях користувався ними дуже рідко.

На урочистому засіданні Німецького фізичного товариства 1938 року, присвяченого 80-річчю Макса Планка, ювіляр у своїй промові з розумінням та дружніми і теплими почуттями висловився на адресу сусіда Німеччини – французької держави, з якою, на його погляд, потрібно підтримувати й розвивати добросусідські взаємини, і передав для французького теоретика Луї де Бройля (Prince Louis Victor de Broglie, 1892–1987) через французького дипломата золоту медаль Макса Планка, яку засновано 1928 року. І це до того ж, що на політичному небосхилі вже збирались важкі передвоєнні хмари

Влада з часом посилювала свій вплив на наукові заклади. Планк 22.12.1938 року був змушений розлучитись з посадою секретаря Пруської академії наук, яка перебудовувалась за “принципом фюрера”. Після цього голос Планка став, як зазначив його біограф Гайльброн (J. L. Heilbron), голосом “волаючого в пустелі”, а сам Планк перетворився на “мандрівного проповідника”, який в публічні доповіді з фізики, філософії та релігії вплітав нагадування про націонал-соціалістичний режим і приховану критику на його адресу. Хоча успіх доповідей Планка в Німеччині та за її кордоном видавався чиновникам дещо підозрілим, однак цей успіх мав певну пропагандистську цінність для Німеччини, інакше Планкові не дозволили б виїжджати за межі країни.

Державна адміністрація ставилась до Планка із застереженням. Нагадаймо для ілюстрації цього хоч би такий факт. Місто Франкфурт на Майні мало намір вшанувати Планка з нагоди його ювілею 1943 року премією Гете (Johann Wolfgang von Goethe, 1710–1782). Попри персональне вітання фюрера, надіслане ювілярові, Райхсміністерство агітації та пропаганди в листі до обербургермайстра міста Франкфурт не дало дозволу на преміювання Планка, оскільки міністр пропаганди Геббельс (Joseph Goebbels, 1897–1945), який пам’ятав, що Планк заступався за Айнштейна, вимагав нагороджувати найзаслуженіших і найдостойніших

націоналістично налаштованих молодих науковців. Не дали дозволу на нагороду й наступного року. Лише 28.08.1945 року, тобто після падіння Третього Райху і ліквідації націонал-соціалістичного режиму в Німеччині, громада Франкфурта урочисто вшанувала Планка премією Гете.

Оскільки між візитом, який відбувся 1933 року, та оприлюдненням інформації про візит 1947 року збігло досить багато часу, дослідники намагаються також з’ясувати, наскільки післявоєнна політична ситуація 1947 року могла б вплинути на текст повідомлення Планка. Перевіряється також достовірність авторства повідомлення про авдієнцію: оскільки 1947 року стан здоров’я Планка був складний, то в результаті аналізу листування між редактором часопису “Physikalische Blätter” та дружиною Планка було висловлено припущення, що текст повідомлення склала пані Марга Планк. З нашого погляду питання про те, хто склав текст повідомлення про візит Планка до райхсканцлера, не є питанням першорядної ваги в контексті адекватності викладеного в повідомленні матеріалу. Планк, безсумнівно, був сповна розуму і міг своїй дружині переказати текст повідомлення. На час написання спогадів Планк був у відносно доброму фізичному та духовному стані, про це свідчить березневий випуск журналу “Physikalische Blätter” за 1948 рік, де вміщено спогади про Планка багатьох близьких до нього авторитетних людей. Вони згадують, що Планк із юних літ був пристрасним альпіністом, не розлучався з цим спортом упродовж життя і навіть у 83-річному віці у Східному Тіролі піднімався на тритисячник. Працював він звичайно навстоячки перед конторкою. Завдяки врегульованості свого життя Планк до поважного віку зберіг духовну і тілесну свіжість, при цьому він аж ніяк не був аскетом, вживав вино і палив, однак завжди в міру і не завдавав близьким ніяких клопотів. Його колишній докторант Ламла (Ernst Lamla, 1888–1986) відвідав Планків у липні 1947 року, менш як за два місяці до його відходу, і згадував, що з 8 до 9 години вечора Планк, як звичайно, сидів у вітальні на каналі, перед ним був келих вина, він із насолодою палив сигару і з доречними зауваженнями брав участь у загальній бесіді. Однак вигляд Планка вже не був таким енергійним, як за попереднього давнього візиту



його учня. Ламла знішов за потрібне зауважити, що строге дотримання Планком режиму і трибу життя забезпечили йому активне довголіття.

Важливі риси характеру помітив у Планка і Айнштайн, який особливо відзначав уміння зосереджуватись на важливому, суттєвому у житті та музичну обдарованість його натури. Коли Айнштайн познайомився з Планком, тому було майже 50 років. Айнштайн згадував, що Планк був людиною, яка шляхетно відчувала та мислила і при цьому в людських взаєминах виявляла велику витримку і доброзичливість. Айнштайн згадував, як Планк у Берліні по декілька разів відвідував його, щоб поміркувати про сумління, коли той допускав учинки, що для Планка були в межах табу. У своїй поведінці Планк був, на думку Айнштайна, дуже обмежений своїм ставленням до держави і до соціального прошарку, до якого належав, але він завжди був ладен як вислуховувати пояснення Айнштайна, так і шанувати його досить далекі від Планкових погляди на громадські події, і був настільки толерантним до Айнштайна, що між ними жодного разу не виникало непорозумінь.

Планк, до того ж, ще в 1920-ті роки запобіг виїздові Айнштайна з Німеччини, до чого Айнштайн схилився після скерованої персонально проти нього та проти "єврейської" теорії відносності брутальної антисемітської кампанії, ініційованої Вейландом (Paul Weyland, 1888–1972) 24.08.1920 та циклом антинаукових лекцій у Берлінській філармонії.



Планк генерував позитивні емоції і створював навколо себе високоморальну атмосферу. Ймовірно, цьому певним чином посприяло те, що в його роду було багато теологів та філологів. Незабутні враження залишились у Планка від мюнхенських гімназійних педагогів, яких Планкові завдяки його добрим знанням було дозволено підмінювати на уроках. Викладач математики Мюллер (Hermann Müller), наділений великим почуттям гумору, ще в гімназії навчив Планка шукати в природі гармонію. Планк до того ж запам'ятав, як Мюллер викладав тему про закон збереження механічної енергії: працівник виніс на дах будинку велику цеглину, яка упродовж декількох років перебувала на даху і тому довго зберігала свій запас потенціальної енергії. Цей запас потенціальної енергії перетворився на кінетичну енергію під час падіння цеглини на голову випадкового перехожого. Планк частенько переповідав цю методичну знахідку свого вчителя. В гімназійні та в студентські роки Планка в Мюнхені культурне життя в цьому місті буяло і молодий фізик з головою поринув у нього. Маючи абсолютний слух, Планк співав у хорах, успішно диригував і навіть склав музику до оперети.

Прагнення до гармонії допомагало Планкові в житті та роботі. Професійно Планк досліджував у Берліні термодинаміку, на межі між XIX і XX сторіччями ці дослідження й привели його до епохального відриття кванту дії.

Зацікавлення Планка духовним життям було одним із чинників, що зумовили його з 1889 року працювати у Берліні, який, на його думку, став центром усіх духовних рухів усєї Німеччини. Не дивно, що в старшому віці Планк, відійшовши від активної роботи у фізиці, багаторазово виступав у різних містах з доповіддю "Релігія та природознавство". Останні десятиріччя свого тривалого, творчого і продуктивного життя Планк не втрачав інтересу до розвитку квантової теорії, однак тепер його насамперед цікавили філософські й загалом загальнолюдські та релігійні проблеми, які він намагався завжди оригінально розв'язати.

Попри воєнні труднощі сорокових років, Планк не полишав лекційної діяльності і в останні роки війни. Він багато їздив із лекціями в роки 1943–1945, підтримуючи у цивільних слухачів мужність і, вперто продовжуючи ці поїздки, бував не лише



свідком авіабомбувань, а й сам потрапив під бомби, як це трапилось у Касселі.

У Планка гармонійно поєднувались хист до музики і науки. Його вважали гарним акомпаніатором. У себе вдома Планк успішно диригував хором, в якому соло виконували нобелівські лауреати Ган (Otto Hahn, 1879–1968) та Гертц (Gustaw Hertz, 1887–1975), видатні фізики Вестфаль (Wilhelm Westphal, 1882–1978) і Грюнайзен (Eduard Grüneisen, 1877–1949). На всіх репетиціях хору серед слухачів була присутня Л. Мейтнер (Lise Meitner, 1878–1968). Найкраще в хорі звучали голоси Планкових доньок Емми і Грети, їхні шляхетні личка цілком відображали дух батьківського дому. Частими гостями Планка на його музичних вечорах бували професіонали високого класу, що приходили зі своїми інструментами. Планків докторант Ламла про останні роки життя свого вчителя згадував: “Останнім часом Планк упродовж чверті години грає на фортепіано трьома пальцями лівої руки, оскільки два пальці вже нерухомі”. Раніше Планк був здоровіший, то він щовечора грав по півгодини на фортепіано. З цього приводу Л. Мейтнер у доповіді до 100-літнього ювілею Планка, яке урочисто відзначали на засіданні Фізичного товариства Німецької Демократичної Республіки, зауважила, що Планк був видатним і темпераментним музикантом. Мейтнер була знайома з Планком від 1907 року і часто спілкувалась з ним. Вона бачила в Планкові настільки видатну людину, що їй здавалось, ніби в приміщенні, де заходив Планк, повітря ставало кращим.

Життєву стійкість та міць Планка зламав останній удар долі – брутальна страта сина Ервіна нацистами. Після трагічної втрати сина Планк попри всі вшанування, які влаштовувала йому наукова громадськість за його видатний внесок до скарбниці науки, був позбавленим спокою до самої смерті. Його адвокат Сменд (Leopold Smend, 1890–1987) згадував, що Планк не говорив про свій фізичний біль, натомість часто розмовляв з Богом. Тоді Планк вже почувся дуже погано, в липні 1947 року з ним трапився інсульт. Лізе Мейтнер тоді писала Максу фон Лауе: “Занадто боляче бачити, як один з найвидатніших людей руйнується старечими хворобами”.

У своїх спогадах Ламла наголошував на добросердечності та скромності Планка, навівши,

зокрема, такий приклад: коли у багатосеместровому курсі теоретичної фізики, який він читав студентам Берлінського університету Кайзера Вільгельма (нині – Університету Гумбольдта) переходив до розділу про теплове випромінювання абсолютно чорного тіла та квантування енергії, то про причетність лектора до відкриття формули теплового випромінювання студенти дізнались не в аудиторії з вуст професора, а згодом, працюючи з книжками.

Після капітуляції Німеччини у Другій світовій війні, Планк із липня 1945 знову очолив Наукове товариство Кайзера Вільгельма і значно посприяв його відновленню. Президентом Товариства 01.04.1945 року став Отто Ган (Otto Hahn, 1879–1968), а Планк лишався Почесним Президентом.

Берлінський будинок Макса Планка (по вул. Wangenheimstrasse, 21) 01.03.1043 був настільки зруйнований авіабомбуваннями союзників, що став непридатним для проживання. Тому Планк з дружиною Маргою переїхав західніше до рицарського маєтку Рогетц поблизу міста Магдебург на річці Ельба, звідки за тиждень по завершенні війни в Європі 16.05.1945 за допомогою американців подружжя терміново, оскільки район мав перейти до радянської зони окупації, переселилось до Геттінгена. На той час Планком опікувався геттінгенський фізик В. Поль (Robert Wichard Pohl, 1884–1976), який ще на початку століття часто відвідував Планків у Берліні.

Того ж післявоєнного 1945 року Макс Планк був єдиним німецьким науковцем, якого запросили до Великобританії з нагоди святкування 300-літнього ювілею Ісаака Ньютона (Sir Isaac Newton, 1642–1737).

Після війни американці порушували питання про ліквідацію Наукового товариства Кайзера Вільгельма. Макс Планк виступив за його збереження. Американці перший час були проти збереження Товариства, англійці ж були в опозиції до своїх заокеанських союзників по війні й домагались протилежного з посиланням також на те, що Ервін Планк, син найстарішого іноземного члена Лондонського королівського товариства берлінського фізика Макса Планка, високо шанованого у Великобританії, став жертвою боротьби проти нацизму. Наукове товариство Кайзера Вільгельма було збережено і на честь Макса Планка в люто-



му 1948 року було перейменовано в Товариство Макса Планка (Max-Planck-Gesellschaft). Так його називають й досі.

У березні 1946 року Макс фон Лауе (Max von Laue, 1879–1960) в листі до Лізе Мейтнер (Lise Meitner, 1878–1968) виклав свої свіжі враження від відвідин Планка у Геттінгені: “Він постарів, осунувся, скаржиться на артрит та сильні болі, які знову примушують його приймати в клініці заштрики, що дуже послаблюють серце. Однак вони звільняють його на шість-сім місяців від нестерпного болю. Він цікавиться фізикою, але не говорить про те, що сам у ній зробив”.

Макс Планк відійшов 04.10.1947 року. Після відходу Макса Планка його вдова Марґа Планк отримала з Принстона від А. Айнштейна співчутливого листа, де були й такі думки: “Погляд Вашого чоловіка був спрямований на вічні речі, він брав діяльну участь у всьому, що належить людині та часові”.

На завершення про Планка варто навести ще один спогад Вернера Гайзенберґа про свого вчителя. Гайзенберґ привіз 86-літнього Макса Планка до столиці, де Пруська академія наук мала востаннє відзначити день Ляйбніца (Gottfried Wilhelm von Leibniz, 1646–1716). Коли Планк увійшов до зали, то в ній миттю запанувала загальна тиша, кожен сердечно вітав поважного науковця, відчувалось, як багато любові було скеровано до Планка. Можна було відчутти, що й сам Планк був щасливий від зустрічі та змоги ще раз побачити знайомі обличчя. Розпочав грати струнний квартет і ми на одну-дві години перенеслися в часи старого культивованого Берліну, в якому Планк, звичайно, був провідною особистістю і в якому ще раз уся культура попереднього часу здалась нам сучасною.

На завершення автор сердечно дякує професору Дітерові Гофману (Dieter Hoffmann) за змістовні консультації та рекомендації щодо підбору літератури. Автор щиро вдячний також пану Петрові Боднару за допомогу під час пошуку та відборі джерел.

Берлін,
12 серпня 2007 року

Література

1. Geheimrat Prof. Dr. Max Planck. Mein Besuch bei Adolf Hitler// Physikalische Blätter. 1947, Heft 5, S. 141.
2. H. Albrecht. Max Planck: “Mein Besuch bei Adolf Hitler”-Anmerkungen zum Wert einer Historischen Quelle// Naturwissenschaft und Technik in der Geschichte. (editor Helmut Albrecht). 1993, Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Stuttgart.
3. M. Planck. Selbstdarstellung (1942). Akademie-Verlag. Berlin, 1982.
4. A. v. Pufendorf. Die Plancks. Eine Familie zwischen Patriotismus und Widerstand. Propyläen Verlag, 2. Auflage Berlin, 512 S.
5. D. Hoffmann, M. Walker (Hrsg.). Physiker zwischen Autonomie und Anpassung. Die Deutsche Physikalische Gesellschaft im Dritten Reich. 2006. Wiley-VCH Berlin. Ca 600 S.
6. W. Heisenberg. Zum 100. Geburtstag von Max Planck. In: Stimmen aus dem Max-Gymnasium. München, 1958, S. 6–17.
7. E. Henning. Max Planck – ein “armer Wirrkopf” als Kollaborateur der Nazis?// Veröffentlichungen aus dem Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft. Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte Dahlems. Berlin 2004. 2., erweiterte Auflage. Band 13, S. 69–93.
8. D. Hoffmann. Das Verhältnis der Akademie zu Republik und Diktatur. W. Fischer (Hrsg.). Die Preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1914–1945. Akademie Verlag, Berlin 2000. S. 54–85.





ВЕЛИКИЙ ВЧЕНИЙ АКАДЕМІК Л. Д. ЛАНДАУ: ЖИТТЯ І ДІЯЛЬНІСТЬ

Вадим Локтєв,

академік Національної академії наук України

“Л. Д. Ландау був унікальним фізиком і унікальним учителем фізиків. Тому ставлення до нього нерозривно зв’язане зі ставленням до самої фізики, такої дорогої та близької багатьом із нас”

В. Л. Гінзбург,

лауреат Нобелівської премії з фізики

22 січня 2008 року виповнилося 100 років від дня народження видатного радянського фізика-теоретика і творця однієї з найвідоміших наукових шкіл, лауреата Нобелівської премії Лева Давидовича Ландау. Досягнення Л. Д. Ландау увійшли до золотого фонду фізичної науки і багато з них він одержав під час роботи в Українському фізико-технічному інституті, що знаходився в тодішній столиці Радянської України м. Харкові, де він провів біля п’яти (1932–1937) років. Там він почав створювати всесвітньо відому теоретичну школу й написав перші томи курсу “Теоретична фізика”, які стали справжнім рукотворним пам’ятником їхнім авторам: Л. Д. Ландау і Є. М. Ліфшицю. Українські фізики, а також освітяни, свідомі того, що Л. Д. Ландау, або просто Дау, як до нього впродовж життя звертались майже всі колеги та учні, зробив величезний внесок у становлення, розвиток і, можна стверджувати, майбутній (а по суті теперішній) все ще достатньо високий рівень вітчизняної теоретичної фізики.

Почну з 1958 року, коли в Інституті фізичних проблем – знаменитому “Капічнику” – святкували 50-річчя від дня народження Л. Д. Ландау і де зібралися найвидатніші представники радянської теоретичної фізики. Серед численних подарунків ювілярові були дві мармурові плиточки, так звані “Скрижалі”, на яких було вигравірувано 10 найважливіших формул або “заповідей”, які одержав Л. Ландау впродовж творчого життя. Безумовно, навіть одного з таких результатів було б достатньо, щоб віднести його автора до славної когорти корифеїв фізики, що збагатили її справді видатними досягненнями. Але тут мова йшла про 10 важливих результатів і це далеко не всі, що належали академікові Л. Ландау.

Від того часу пройшло вже п’ятдесят років, відбувся значний поступ у фізиці, але внесок у неї Л. Ландау й досі не втратив свого значення.



Мармурові скрижалі (1958)



Розглянемо коротко результати, що перелічені на Скрижальях.

“10 заповідей Ландау”

1. Л. Ландау 1928 року ввів поняття про матрицю густини, яка визначила єдиний правильний підхід до опису квантово-механічних систем, що взаємодіють з термостатом.
2. Л. Ландау вперше довів, що у квантовій механіці характер руху електрона у зовнішньому магнетному полі принципово відрізняється від класичного руху. Як результат вільний електронний газ має магнетну, а точніше – діамagnetну, сприйнятливість, яка періодично залежить від величини магнетного поля, що згодом було підтверджено експериментально. Рівні електрона в ньому називаються рівнями Ландау.
3. Л. Ландау побудував термодинамічну теорію фазових переходів II-го роду, при яких змінюється не стан, що залишається неперервним, а – стрибкоподібно – деяка симетрія системи, і ввів поняття про параметр порядку таких переходів. Цей підхід згодом ліг в основу теорії Гінзбурга-Ландау – першої послідовної теорії надпровідності.
4. Л. Ландау (разом з Є. Ліфшицем) побудував термодинамічну теорію доменів, хоча про їхнє існування у феромагнетиках було відомо дуже давно. Вдалося знайти закономірності та особливості їхнього виникнення, їхній розмір, поведінку магнетного моменту на міждомених межах, віднайти рівняння руху магнетного моменту в магнетиках (рівняння Ландау-Ліфшиця) і передбачити явище магнетного резонансу.
5. Подібна – доменна – структура виникає і в надпровідниках I-го роду (так званий їх проміжний стан). Л. Ландау розвинув його теорію, розрахував структуру (товщину, розмір і форму шарів надпровідної та нормальної фаз, що межують між собою).
6. Л. Ландау належить статистична теорія атомних ядер, що спричинила розвиток фізики ядра, особливо на її перших етапах. Він, зокрема, зумів кількісно втілити ідеї Н. Бора у фізиці ядра, яке у цій теорії розглядали як краплину рідини.
7. Теорія надплинності ${}^4\text{He}$ або дворідинна гідродинаміка, – одне з найяскравіших досягнень Л. Ландау. Вона не тільки пояснила загадкове явище, що відкрив у Радянському Союзі академік П. Капиця, а й стала основою цілого напрямку в фізиці – теорії квантових рідин. Л. Ландау з’ясував структуру енергетичного спектру (“спектр Ландау”) бозе-рідини та встановив кількісний критерій (“критерій Ландау”) її надплинності.
8. Л. Ландау (разом зі своїми учнями О. Абрикосовим та І. Халатніковим) зробив значний внесок у квантову електродинаміку, отримавши скінченні, що важливо, вирази для фізичної маси та фізичного заряду електрона, що взаємодіє з електромагнетним вакуумом.
9. Л. Ландау побудував теорію Фермі-рідини – квантової системи із взаємодією між частинками, елементарні збудження якої – квазічастинки – мають напівцілий спін. Він розрахував термодинамічні та кінетичні властивості таких рідин, передбачив існування в них особливого колективного коливного руху – нульового звуку.
10. Л. Ландау належить принцип збереження комбінованої парності, за яким усі фізичні системи еквівалентні лише тоді, якщо при переході від правої системи координат до лівої одночасно перейти від частинок до античастинок. Відтак була врятована симетрія простору-часу, а асиметрія переносилась на елементарні частинки.

Думаю, і цього неповного переліку достатньо, щоб зрозуміти роль Л. Ландау як фізика-теоретика. І взагалі, для фахівців нема потреби доводити значення внеску Л. Ландау в науку. Зроблене ним відіграє величезну роль і залишиться у фізиці назавжди. Проте нові покоління, що цікавляться фізикою, можливо, не знають всього, що супроводжувало появу цих результатів, а знати це і цікаво, і повчально, й – головне – потрібно.



Початок

Лев Давидович Ландау народився 22 січня 1908 року у м. Баку в сім'ї інженера-нафтовика. Його мати працювала лікарем і водночас займалася науковою роботою в галузі фізіології. Лев Давидович був другою дитиною у сім'ї, його старша сестра Софія згодом стала хеміком. Навчаючись у гімназії, Л. Ландау дуже швидко виявив неабиякі здібності, закінчивши її повний курс вже у тринадцять років. У такому ранньому віці він не міг стати студентом вищого навчального закладу, тому батьки направили його до технікуму, де він рік вивчав економіку.



Маленький Лев із сестрою (1912)

Математичне обдарування Л. Ландау виявилося дуже рано – за його словами, він навіть не пам'ятав, коли навчився диференціювати та інтегрувати.

До Бакинського університету він вступив у чотирнадцять років, де відвідував одразу два факультети – фізичний та хемічний, свідомо відмовившись від математичного через надзвичайну неосяжність математики. Л. Ландау, попри юний свій вік, хотів займатися лише тією наукою, якою зможе оволодіти в повному обсязі. Можна сказати, що Л. Ландау цього досягнув повністю, бо згодом знав теоретичну фізику, як мало хто інший у світі, ставши в ній одним з найуніверсальніших фахівців в усій історії цієї науки.

У Баку Л. Ландау навчався лише два роки і 1924 року перейшов до Ленінградського університету на фізичне відділення, який у ті роки був одним з найкращих вищих навчальних закладів Радянської Росії, і який він успішно закінчив 1927 року. Тоді ж Л. Ландау зарахували “понадштатним” аспірантом Ленінградського фізико-технічного інституту (ФТІ) – провідної установи країни в галузі фізики. Першу працю молодий учений надрукував 1926 року, а вже наступного вийшла друга й, без перебільшення, перша видатна його праця, в якій він запропонував опис квантових систем, що не знаходяться у так званих чистих станах. Саме в ній було введено нове фундаментальне поняття про матрицю густини (див. 1-ий результат на Скрижалях).

Треба зауважити, що попри тяжкі наслідки громадянської війни та інтервенції, наука в молодій радянській країні швидко розвивалася. З'явилися перші академічні науково-дослідні інститути, де переважно працювали дуже молоді люди або навіть студенти, виховані вже у післяреволюційний період. У Росії тоді не було жодного досить відомого фізика-теоретика, тому молоді теоретики зростали, значною мірою, завдяки взаємному спілкуванню та співпраці на семінарах, де доповідали не лише власні, а й опубліковані праці інших учених. Зокрема, Л. Ландау згодом розповідав, яку насолоду він відчував, самостійно вивчаючи праці В. Гайзенберга та Е. Шредінгера, а також А. Айнштейна, в яких були закладені основи квантової механіки та загальної теорії відносності. Своє захоплення від тріумфу людського генія він висловив фразою, яка стала відомою: “Людина здатна зрозуміти речі, які неспроможна уявити”. До них Л. Ландау, насамперед, відносив принцип невизначеностей та кривину простору-часу.

Насамперед, відсутністю достойних учителів можна пояснити великим бажанням молодих дослідників того часу виїхати за кордон, щоб попрацювати у найкращих західних наукових центрах і, що найважливіше, спілкуватися із великими вченими. Для теоретика такими були Н. Бор у Копенгагені, П. Дебай у Цюриху, А. Зоммерфельд у Мюнхені, П. Еренфест у Лейдені. Л. Ландау теж скористався такою можливістю, і 1929 року за



відрядженням Народного комісаріату освіти відбув до Європи, де пробув півтора року, відвідавши Данію, Англію та Швейцарію. Особливо плідним було його перебування у Н. Бора, талант учителя та його чарівність справили на Л. Ландау незабутнє враження. Згодом Лев Давидович зізнавався, що Н. Бор більше, ніж будь-хто, вплинув на нього, і завжди вважав себе його учнем. Можна також припустити, що саме у Н. Бора Л. Ландау навчився, як важливо відбирати та виховувати молодь. В Інституті теоретичної фізики у Копенгагені збиралися фізики-теоретики з усього світу, а на семінарах під керуванням Н. Бора жваво обговорювали найгостріші проблеми фізики тих днів, яка переживала, як відомо, один з найвизначніших періодів свого історичного розвитку.

Згодом Л. Ландау багато спілкувався з Н. Бором – двічі (у 1933 і 1934 рр.) побував у Копенгагені й тричі приймав його в СРСР (двічі (1934 і 1937 рр.) – у Харкові та раз (1961) – у Москві).

За кордоном Л. Ландау одержав ще один свій “іменний” результат, розрахувавши магнетні властивості електронного газу (“діамагнетизм Ландау”) та знайшовши його дискретний спектр (див. 2-ий результат на Скрижальях). До того ж, разом із Р. Пайерлсом він визначив обмеження, які накладає на вимірність фізичних величин релятивістська квантова механіка.

Харківські роки

Лев Ландау 1931 року повернувся до ФТІ, який на той час настільки розширився, що від нього за ініціативою його директора академіка А. Ф. Йоффе (який, до речі, родом з маленького українського міста Ромни, де народився і закінчив гімназію) почали відгалужуватися окремі наукові установи. Нові інститути фізико-технічного профілю були створені у Томську, Свердловську та, як було зазначено, тодішній столиці України – Харкові, де з’явився знаменитий УФТІ. До останнього на запрошення директора І. В. Обреїмова у серпні 1932 року переїхав 24-річний Л. Ландау, щоб очолити теоретичний відділ. Там уже працювала “десантна” група молодих вихованців ФТІ – Л. В. Шубніков, майбутні академіки А. К. Вальтер, А. І. Лейпунський, К. Д. Синельников та ін., які приїхали до УФТІ з Ленінграда разом із І. В. Обреїмовим.

Невдовзі, прибувши до Харкова, Л. Ландау очолив також кафедру теоретичної фізики у Харківському механіко-машинобудівному інституті (згодом – ХІІ), де викладав Л. Шубніков. Він, за визнанням усіх фізиків, збагатив фізичну науку кількома фундаментальними відкриттями й, поза всякими сумнівами, є найвидатнішим фізиком-експериментатором серед усіх, хто працював в Україні. 36-річного Лева Васильовича Шубнікова 1938 року було страчено сталінським режимом, та за короткий час він встиг зробити надзвичайно багато і весь час своєї діяльності в УФТІ працював у тісній співпраці з іншим Левом – Ландау.

Харківський період, який продовжувався понад чотири роки і на якому треба зупинитися докладніше, справді став визначальним у житті Л. Ландау. На ці роки припадає низка праць, які, без перебільшення можна віднести до основних досягнень Л. Ландау: це теорія фазових переходів II-го роду (3-й результат на Скрижальях), кінетичне рівняння для систем частинок з кулонівською взаємодією, теорія дисперсії магнетної проникності феромагнетиків (4-ий результат), теорія проміжного стану надпровідників (5-ий результат), теорія дисперсії та поглинання звуку, теорія мономолекулярних реакцій, теорія металів за наднизьких температур, теорія розсіяння світла на світлі, статистична теорія атомних ядер (6-ий результат). Якщо ж додати, що спираючись на експерименти Л. Шубнікова, Л. Ландау висловив ідею про існування антиферомагнетиків, а також передбачив можливість автолокалізації електронів у кристалах (так звані “поляронні стани”, послідовну теорію яких згодом створив київський теоретик, академік С. І. Пекар), то стає зрозуміла надзвичайна плідність наукової активності Л. Ландау під час роботи в УФТІ. Названі праці зробили його ім’я всесвітньо відомим, а Харків – одним із провідних центрів теоретичної фізики не лише в СРСР, а й в Європі. До УФТІ приїздили і працювали там багато видатних фізиків – датчанин Н. Бор, англійці П. Дірак і Р. Пайерлс, радянські фізики В. О. Фок, Я. І. Френкель, І. Є. Тамм, Дж. Гамов, американець В. Вайскопф, німець Ф. Гоутерманс, чех Г. Плачек та ін.

Результати, які одержав Лев Ландау в Харкові, стали класичними, багато з них носить його ім’я.



Пришло й перше формальне визнання – без захисту (!) дисертації Л. Ландау 1934 року, тобто у 26-річному віці, було присвоєно ступінь доктора фізико-математичних наук. Але не менш важливим було й те, що тоді стала формуватися його школа. Він почав також викладати, причому робив це майже своїм ровесникам. Вже з перших лекцій слухачам ставало очевидно, що новий викладач має абсолютно нові погляди і на фізику, і на спосіб її подання. Вони спиралися на найновіші досягнення фізики і містили узагальнення, які могла усвідомити та сформулювати лише видатна особистість і які до цього були відсутні у підручниках. Оригінальність полягала також у тому, що виклад ґрунтувався на логіці ідей безвідносно до хронології відкриття або експериментальної перевірки того чи іншого закону. Зокрема, теоретичну механіку викладали не за Ньютоном із використанням наочних демонстрацій, а на підставі загальних законів збереження без прямого звертання до явищ природи. Водночас виклад був таким, що будь-який теоретичний висновок можна було застосувати для інтерпретації тих чи інших експериментальних даних.

Цей підхід надалі був повністю реалізований у багатотомному курсі “Теоретична фізика”, який Л. Ландау написав разом з Є. Ліфшицем і за який їх відзначили найвищою у Радянському Союзі нагородою – Ленінською премією.

Будучи справжнім педагогом, а професором він став у 27 років, Л. Ландау мріяв написати книжки з фізики та математики для фізиків на всіх рівнях – від монографій для професіоналів до шкільних підручників. Значною мірою йому це вдалося, бо за його активного життя було видано майже усі томи курсу “Теоретична фізика”, а також декілька томів “Фізика для всіх”. Як висловився один з його учнів, вражають не стільки плани, скільки їхнє успішне виконання. Значення написаного Л. Ландау для розвитку фізики неможливо переоцінити – і фізик-теоретик, і фізик-експериментатор, а разом з ними студенти і навіть школярі, можуть знайти у його книжках усе, що потрібно кожному з них. Як результат, 10 томів “Теоретичної фізики” перекладено на понад десять мов і видано (часто неодноразово) в усіх розвинених країнах (на жаль, їхній український переклад досі відсутній).

Слава Л. Ландау як лектора була настільки гучною, що у серпні 1935 року його запросили до Харківського університету, де він почав викладати на кафедрі теоретичної фізики, а вже у жовтні того ж року його призначили завідувачем кафедри експериментальної фізики, де працював до початку 1937 року.

У ці ж роки, або середині 1930-х, Л. Ландау задумав і почав здійснювати свою власну систему підготовки фізиків-теоретиків шляхом здачі ними низки спеціальних іспитів з математики (їх, здебільшого, було два) і фізики – всесвітньо відомий “теормінімум Ландау”. Фактично він відповідав матеріалу написаних томів “Теоретичної фізики”, а до початку 1960-х років їх було сім. Система, яку впровадив Л. Ландау, довела свою високу життєздатність, широко розповсюдилась й існує досі. Той, хто пройшов повне випробування, одержав право називати себе учнем Л. Ландау (а його самого – Дау) і, що найсуттєвіше, спроможність без професійних перешкод займатися будь-яким питанням теоретичної фізики. Проте життя показало, що універсалізму Вчителя не зміг досягнути жодний з його учнів, а серед них є видатні теоретики, зокрема й лавреат Нобелівської премії О. Абрикосов. Багато бажаючих робило спроби здати програму теормінімуму в повному обсязі, і ні для кого це не було легкою справою. Від 1934 до 1961 років її осилило лише 44 особи; зокрема, в харківські роки – це відомі радянські вчені академіки О. С. Компанєєць, О. І. Ахієзер, Є. М. Ліфшиць, І. Я. Померанчук та угорець Л. Тісса.

Гадаю, юному читачеві, що мріє про науку, буде цікаво дізнатися про одну дуже незвичайну особливість співпраці Л. Ландау зі своїми учнями. Вона полягала у тому, що прийнявши іспити, тобто підготувавши молоду людину до роботи, він ні своїм аспірантам, ні своїм співпрацівникам ніколи не пропонував ані тему для дисертації, ані завдання для дослідження. Задачі вони мали знаходити самі, на свій, так би мовити, смак і розсуд. Це від початку привчало їх до самостійності та виховувало якості справжніх наукових лідерів. Проте за Вчителем залишалось право на обговорення, поради і, якщо було потрібно, критику не лише одержаних результатів, а й вибору самої проблеми для дослідження.



Лев Ландау під час роботи в УФТІ (1937)

Завершуючи розповідь про роботу Л. Ландау в Україні, зазначу, що тут після нього залишилося те, що згодом отримало назву філіалу школи Ландау, а два найяскравіших її представники – академіки О. Ахієзер і, деякою мірою, І. Лівшиць (рідний брат Є. Ліфшиця) – створили свої власні дуже сильні наукові школи. Ці школи, при всій самостійності, зберігали (і, наскільки це можливо в сучасних умовах, зберігають) основні засади школи Ландау – надзвичайно високий професійний рівень, що забезпечувався ландауською системою відбору, вимогливістю на семінарах і взаємною доброзичливістю у життєвих справах, дружними, навіть теплими, стосунками Вчителя з учнями, турботою про молоде покоління, яке мало засвоїти, розуміти і виконувати базові принципи Школи. І оскільки все це спрацювало, може з повною відповідальністю стверджувати, що фактично Л. Ландау створив і вивів харківську теоретичну фізику на світову орбіту.

З іншого боку, Харків став певним трампліном для майбутніх не менш значимих звершень науковця – тут він фактично розпочав свою блискучу кар'єру, знайшов і виховав перших своїх учнів, тут виникли сміливі плани побудови теоретичної фізики в країні та підготовки в ній фізиків-теоретиків, тут він мав благодатне середовище для отримання своїх видатних результатів, тут, нареш-

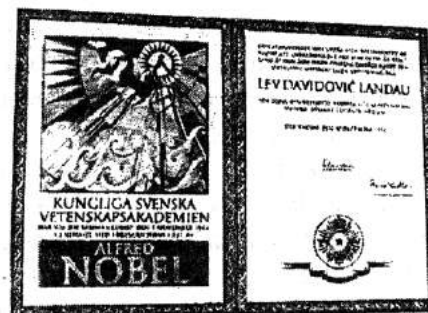
ті, він зустрів К. Дробанцеву, що стала його дружиною.

У “Капічнику”

Відомий фізик Петро Капиця 1935 року в Москві створив Інститут фізичних проблем (ІФП) – всесвітньо відомий “Капічник”, куди на початку 1937 року прийшов працювати Л. Ландау. У новому Інституті Л. Ландау також створив відділ теоретичної фізики, який (якщо не враховувати однорічне ув'язнення 1938 року, до якого він потрапив внаслідок обвинувачень у антирадянських діях і звідки його випустили під особисту відповідальність того ж П. Капиці) очолював аж до смерті – 1 квітня 1968 року.

Довоєнний період роботи в ІФП ознаменувався публікацією однієї з найвідоміших праць Л. Ландау (див. 7-ий результат), в якій він розкрив загадки гелію, що спостерігалися, і за яку 1962 року його нагороджено найпрестижнішою відзнакою у галузі науки – Нобелівською премією. В ІФП творчий потенціал Л. Ландау досягнув розквіту – тут він завершив головну справу свого наукового життя – створив теорію квантових бозе-і фермі-рідин (9-ий результат), яка зумовила революційний вплив на багато інших галузей фізики. Прийшли і численні ознаки суспільного визнання – обрання академіком АН СРСР, присвоєння звання Героя Соціалістичної Праці, вручення Державних премій (тричі), а також членство у багатьох іноземних академіях і наукових товариствах, він одержав премію ім. Ф. Лондона і медаль ім. М. Планка.

Аналізуючи науковий доробок Лева Ландау під час роботи у Москві, неможливо обминути



Диплом лавреата Нобелівської премії (1962)



такі його неперевершені досягнення, як спільну з В. Л. Гінзбургом працю 1950 року (див. 3-й результат), яка стала однією з найцитованіших публікацій в фізиці, а також принцип (10-ий результат), який він висунув 1957 року, змінив існуючу тоді ситуацію у фізиці елементарних частинок. Але і це не все, що він зробив. У праці (1946), присвяченій теорії плазми, Л. Ландау довів, що електромагнетні хвилі в ній затухають, навіть коли її частинки рухаються без зіткнень між собою (“затухання Ландау”).

Можливо, стаття для молодіжного науково-популярного журналу не місце, щоб перераховувати все, що зробив у фізиці Лев Давидович Ландау, оскільки найхарактернішою рисою його творчого почерку була безпрецедентна широта, яка охоплювала, як зазначалося, всю теоретичну фізику, а, отже, й фізику загалом. Крім названого вище, йому належать вагомні результати в таких далеких між собою галузях сучасної фізики, як квантова теорія поля (див. 8-ий результат на Скрижалях), статистична механіка, фізика рідин і газів, гідродинаміка, фізика детонуючих або вибухових речовин, космологія. Все це загальновідомо. Можна лише ще раз наголосити, що в його постаті містився один з найвидатніших у світі науки універсалів.

Л. Д. Ландау і термоядерна зброя

Водночас, гадаю, широкому загалу суспільства, а особливо молоді, мало відомо про участь Лева Ландау в суто прикладних дослідженнях, які, безумовно, ніяк не можна обминути. Річ у тім, що у 1947–1953 рр. Л. Ландау було залучено до Атомного проєкту, подробиці якого розсекретили лише нещодавно. Спочатку він не був схильний залишати свою звичайну діяльність над проблемами фундаментального характеру і намагався уникнути прямої участі у військових справах. Проте керівник проєкту академік І. Курчатов зумів знайти аргументи і переконати Л. Ландау очолити групу теоретиків, які працювали над створенням водневої бомби.

І. Курчатов виходив з того, що Л. Ландау вмів швидко розібратися у будь-якій проблемі, знайти оригінальний, найадекватніший розв’язок і загалом підняти її на вищий рівень. Можливо, І. Кур-



*Лев Давидович Ландау
під час виконання Атомного проєкту (1949)*

чатов також знав, що Л. Ландау взагалі був першим, хто, за свідомством Р. Пайерлса, ще 1934 року фактично без усяких, здавалося б, на то підстав і виходячи лише з даних експериментів про розсіяння нейтронів на ядрах урану, спрогнозував “вибухові” можливості ядерної енергії, хоча тоді про це ніхто не здогадувався.

Із різних спогадів учасників Атомного проєкту відомо, що на початку групі Л. Ландау доручили розрахувати процеси, що супроводжують ядерний вибух, та оцінити силу післявибухового руйнування. Задача була дуже складною і містила великий обсяг чисельних розрахунків, які виконувалися на електричних арифмометрах. Розрахунки вдалося здійснити, лише тоді, як Л. Ландау спростив рівняння. Але й спрощені, вони вимагали важкої праці, тому що їх розраховували майже вручну. Втім, відповідність між розрахунками та випробуваннями несподівано була дуже добра. Тому група Л. Ландау паралельно ще з декількома створеними для незалежного розв’язку цієї задачі 1950 року долучилась до аналізу одного з варіантів “термоядерного виробу”, оскільки розрахунки, що проведено іншими фахівцями, не дали певної відповіді. А мова йшла про принципове питання: який з варіантів бомби обрати для



її виготовлення, оскільки всі вони були надзвичайно коштовними.

Л. Ландау не був розробником або проектантом вибухових пристроїв, але міг на фізичному рівні визначити, чи буде той чи той запропонований виріб надійно працювати, а головне – міг з'ясувати, від яких чинників залежить його, тобто бомби, коефіцієнт корисної дії (ККД). Розрахунок водневого виробу виявився набагато складнішим, ніж атомного. Загалом те, що вдалося розв'язати задачу тими обчислювальними засобами, які мала група, більшість фахівців вважають дивом. І головна заслуга знову ж таки належить Л. Ландау, який завдяки своїй філігранній фізико-математичній техніці й глибочезному проникненню в суть послідовних процесів, що відбуваються під час миттєвого вибуху, здійснив революцію у чисельних методах інтегрування рівнянь у часткових похідних (“метод сіток Ландау”). Фактично Л. Ландау розв'язав проблему стійкості, без якої було неможливо зробити висновки відносно ККД бомби. Коли ж випробовування реальної водневої зброї були проведені, вони підтвердили правильність розрахунків саме групи на чолі з Л. Ландау. До того ж, з них випливала нова фізика багатоступеневого термоядерного процесу, який виявився не атомним вибухом, підсиленням реакцією синтезу, як доводило багато фахівців, а на 90 % складався з вибуху саме водневої складової. А відтак була відкрита дорога до досягнення майже необмежених потужностей водневої зброї. У цьому питанні СРСР навіть випередив США.

Особисті заслуги Л. Ландау отримали високу і заслужену оцінку Держави – він одержав звання Героя соціалістичної праці, отримав дачу, машину та Державну премію. Проте, як тільки основні роботи були закінчені, а поставлену практичну мету досягнуто і бомбу підірвано, він зробив усе можливе, щоб більше не продовжувати свою діяльність в галузі озброєння. Є архівні матеріали, з яких випливає, що на відміну від більшості фізиків, що самовіддано працювали в Атомному проекті, Л. Ландау був принциповим противником термоядерної зброї, як негуманного витвору для масового знищення людей. Він вважав, що розумна людина має знаходитись подалі від прак-

тичної діяльності подібного роду, уникати, як він говорив, атомних справ. Він не погоджувався з думкою, що виконання спецпроектів – це робота на благо людства. Навпаки, під останньою він розумів тільки заняття фундаментальною наукою, до якої він негайно повернувся, як тільки виконав свою місію із розв'язання конкретних завдань. І все ж, впевнений, треба відверто визнати, що у дорученій справі, що прямо суперечила його власним гуманістичним поглядам, він виявився на справжній, недосяжній для більшості своїх колег, науковій і професійній висоті.

Замість епілогу

Наприкінці 1950-х років Л. Ландау став безперечним і визнаним лідером радянської теоретичної фізики. Він знаходився на вершині своєї неперевершеної наукової кар'єри і міг сподіватися на нові злети та осяяння. Проте життя розпорядилося зовсім по-іншому. Йому було лише (без двох тижнів) 54 роки, коли 7 січня 1962 року дорогою в Дубну на семінар він став жертвою дуже важкої автомобільної аварії, після якої вже не повернувся до творчої роботи. Проте його наукове життя почалося настільки рано, а науковий доробок виявився настільки вагомим, що його по праву вважають одним із творців сучасної фізики і, без сумнівів, є однією з найпомітніших постатей у науці ХХ-го сторіччя. Його яскраве життя обросло сонмом легенд, зацікавлення до нього не лише не зменшується, а й зростає, і розповіді про Л. Ландау незмінно збирають великі аудиторії. Ще раз підкреслю, що результати, які одержав Л. Ландау, не втратили своєї цінності, а книжки багатотомного “Курсу” залишаються популярними та продовжують широко використовуватись. Та й загалом життя і діяльність цієї нестандартної у всіх своїх виявах людини викликають постійне і жваве зацікавлення, а кількість книжок, які важко перелічити, про Л. Ландау свідчить про формування у наукознавстві окремого чималого розділу – “ландаузнавства”.

Хотів би сподіватися, що те, що написано, дає певне уявлення про воістину видатну людину, якою був Лев Давидович Ландау. Його наукові заслуги безперечні і визнані усіма, хто має хоч



яке-небудь відношення до фізики. Але і поза наукою це була дуже освічена, різнобічна і водночас, до деякої міри, екстравагантна особистість. Він любив і чудово знав історію усіх часів, захоплювався поезією, знав напам'ять безліч віршів.

Будучи веселою, надзвичайно дотепною людиною, він водночас був широко відомий своїми різкими висловлюваннями, які часто стосувалися його колег, що, зрозуміло, не були в захопленні від почутого. Можливо, це було наслідком того, що Л. Ландау був винятково критичною людиною і пред'являв дуже високі вимоги до людей, особливо теоретиків незалежно від звань, кваліфікації або віку. Це не спрощувало його життя, проте він був і залишався надзвичайно шанованою, авторитетною людиною, а його думка з приводу того чи того питання сприймалася як істина в останній інстанції. Все це робить його ранню смерть 40 років тому ще непоправнішою.

Увага та зацікавлення до нього всі ці роки не згасають, що пояснюється не тільки результатами його блискучої наукової кар'єри з її трагічними моментами (перебування у в'язниці, авткатастрофа), а й відомими характеристиками колег і запропонованою ним шкалою оцінки внеску різних учених у науку, нарешті, його непересічним і неповторним демократизмом у поведінці з будь-якими персонами від міністрів до студентів.

Про Л. Ландау, якого, без перебільшень, можна вважати генієм, можна розповідати ще і ще, але я насамкінець обмежусь лише словами одного з його учнів, який так пояснив причину сталого бажання нових і нових поколінь фізиків якомога більше знати про свого визначного попередника: "Лицар без страху і докору, він служив своєму ідеалу завжди і в усьому. Цим служінням було проникнуте усе його життя."

ФІЗИКИ НАВЧИЛИСЯ КЕРУВАТИ РУХОМ АТОМІВ І МОЛЕКУЛ

Американські фізики Мартін Грюбель (Martin Gruebele) і Пітер Волайнс (Peter Wolynes) розробили метод, який за допомогою спрямованої дії фотонів дає змогу керувати рухом частинок, а, отже, хемічними реакціями, повідомляє служба новин Американської асоціації сприяння розвитку науки з посиланням на прес-реліз університету Іллінойса в Урбані.

Цей метод подібний до методу, який використовують для космічних подорожей Сонячною системою з мінімальними витратами пального. Космічний корабель може рухатися без використання двигунів, потрапивши в зону гравітаційної дії небесного тіла. Двигуни вмикають лише для того, щоб у потрібний момент перейти від одного тіла до іншого.

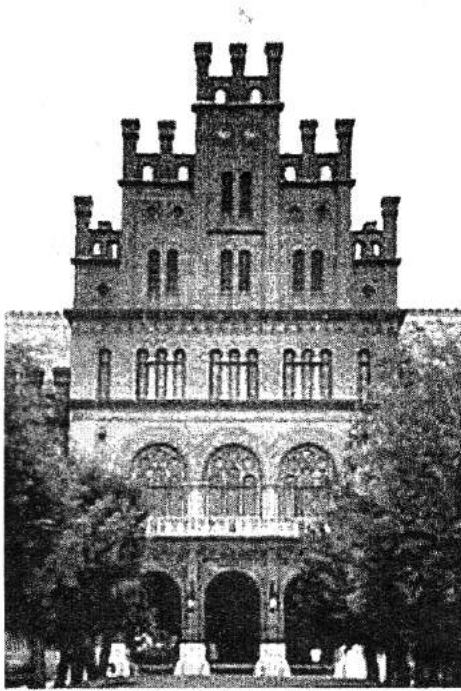
Головна складність цього методу – розрахувати траєкторію так, щоб корабель потрапляв у потрібне місце за розумний час, і водночас якомога менше користувався двигуном. Прикладом може бути подорож корабля Genesis, який, повертаючись на Землю, зробив гак у три мільйони миль заради економії ракетного палива.

Подібний метод можна застосувати до мікросвіту. Розрахувавши сили взаємодії молекул, атомів та електронів і в потрібні моменти, підправляючи траєкторії частинок дією світла (фотонів), можна впливати на те, які зіткнення відбуваються і які зв'язки утворюються, а, отже, керувати хемічними реакціями.

Здійснити розрахунки таких процесів ще складніше, ніж у випадку з космічним кораблем: треба врахувати значно більшу кількість взаємодіючих тіл, використовувати не ньютонівську, а квантову механіку. Сукупність атомів і молекул є квантовою системою, в якій траєкторії руху описуються хвильовими функціями. Іллінойським фізикам вдалося провести потрібні обчислення. Одержані результати дають змогу швидко і точно визначати, в який момент і якою кількістю фотонів потрібно впливати на квантову систему, щоб за заданий час вона перейшла з одного стану в інший.



**ФІЗИЧНОМУ ФАКУЛЬТЕТОВІ
ЧЕРНІВЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ІМ. Ю. ФЕДЬКОВИЧА
40 РОКІВ**



І. В. Гуцул, *д-р фіз.-мат. наук, професор*
М. Д. Раранський, *д-р фіз.-мат. наук, професор*,
І. М. Зушман, *канд. фіз.-мат. наук, доцент*

Фізичному факультетові Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича 2008 року виповниться 40 років.

На базі фізико-математичного факультету Чернівецького державного університету 1968 року створили фізичний факультет, на якому було сім кафедр: експериментальної фізики, теоретичної фізики, рентгено-структурного аналізу, фізики напівпровідників, анізотропних напівпровідників, оптики та загальної фізики.

Першим деканом фізичного факультету був проф. М. Гавалешко (1968–1971). Від 1971 до 1974 року факультет очолював доцент Б. Павлик. Упродовж 1974–2003 рр. факультетом керував заслужений діяч науки і техніки, лауреат Державної премії України проф. М. Раранський. Із 2003 року факультет очолює проф. І. Гуцул.

Згодом на факультеті відкрили нові кафедри: фізичної електроніки, напівпровідникової мікроелектроніки, термоелектрики, радіотехніки, оптоелектроніки, електронно-обчислювальних машин.

Нині факультет готує бакалаврів, спеціалістів та магістрів за такими напрямками:

1. Фізика (спеціалізації – фізична інформатика; теоретична фізика, оптоелектроніка);
2. Фізика (фізика твердого тіла) (спеціалізація – комп'ютерні технології у фізиці);
3. Прикладна фізика;
4. Електронні пристрої та системи;
5. Електротехніка та електротехнології;
6. Системи технічного захисту інформації;
7. Радіотехніка (спеціалізація – системи захисту інформації);
8. Мікро- та наноелектроніка (спеціалізація – інформаційні мікроелектронні системи).

Навчальну і наукову роботу на факультеті забезпечують 20 докторів наук, професорів та 80 кандидатів наук, доцентів, асистентів.

На факультеті успішно функціонують аспірантура та докторантура, діють спеціалізовані Вчені ради із захисту кандидатських і докторських дисертацій з теоретичної фізики, фізики твердого тіла, фізики напівпровідників і діелектриків, твердотільної електроніки.

Історія **кафедри теоретичної фізики** бере свій початок із 1876 року. У 1944–1967 роках кафедру очолювали доц. Л. Манакін, проф. А. Самойлович, доц. В. Яковлев, доц. В. Кондратенко. Наукові дослідження кафедри стосувалися теорії твердого тіла. У 1962–1966 рр. під керівництвом проф. А. Самойловича розпочали дослідження в галузі фізики напівпровідників.

У 1967–1986 рр. кафедру очолював проф. В. Ніцович, під керівництвом якого проводили дослідження властивостей напівпровідників із вузькими до-



мішковими зонами, ефект захоплення електронів у сильно легованих напівпровідниках, п'єзо- та термоелектрорушійні ефекти в германії і кремнії, кінетичні ефекти у вісмуті. Вперше запропоновано модель вузьких енергетичних зон електронів у напівпровідниках, яка згодом одержала назву моделі Хаббарда. У співпраці з Інститутом теоретичної фізики АН України, проводили дослідження оптичних властивостей твердих тіл та умов фазових переходів у електронних системах.

Від 1986 року кафедру теоретичної фізики очолює професор М. Ткач. Науковці кафедри працюють над проблемою "Квантова теорія спектрів квазічастинок у твердих тілах". На основі діаграмної техніки Фейнмана знайдено нове представлення функції Гріна квазічастинок, що дає змогу ефективно враховувати багатофонові процеси при довільній силі зв'язку і в довільній ділянці енергій. На кафедрі створено потужну наукову школу молодих науковців, яка займається проблемами наногетеросистем, що є переднім краєм сучасної фізики.

Кафедру рентгеноструктурного аналізу було організовано в університеті 1949 року. Першим завідувачем кафедри був доц. С. Бушуєв, який із співпрацівниками вперше отримав і дослідив аморфні металеві сплави. За ініціативою доц. Г. Кушти почали дослідження: атомної взаємодії в металах і сплавах методами високотемпературної рентгенографії. Кафедру 1954 року було перейменовано в кафедру рентгенометалофізики, яку очолив Г. Кушта. Водночас на кафедрі проводили наукові дослідження з кінетики складних розплавів (В. Псарьов) і внутрішнього тертя (Б. Стронгін). Кафедру 1968 року перейменовано на кафедру фізики твердого тіла. У 1972–1977 рр. кафедрою завідував доц. І. Михайлюк. У ті часи проводили інтенсивні дослідження ангармонійних ефектів у кристалах з різним типом хемічного зв'язку і почали дослідження динамічного розсіяння Х-променів у реальних кристалах. Аспірант М. Раранський уперше в СРСР 1967 року одержав маятникові смуги рентгеновських інтерференцій у монокристалах германію і кремнію. Ці дослідження отримали подальший розвиток.

У 1978–1988 рр. кафедрою завідував проф. В. Михальченко, який 1976 року успішно захистив докторську дисертацію з рентгенографії ангармонійних ефектів у кристалах, виконав низку оригіналь-

них праць у галузі акустичних досліджень динаміки кристалічної ґратки.

На кафедрі фізики твердого тіла 1985 року захистив докторську дисертацію Р. Венгреневич. Він провів експериментальні та теоретичні дослідження формування і стабільності структури термодинамічно нерівноважних сплавів і систем, що містять метастабільні і тонкодисперговані фази з сильно розвиненою міжфазною поверхнею. М. Раранський 1987 року захистив докторську дисертацію, в якій експериментально і теоретично дослідив інтерференційні ефекти при двохвильовому і багатохвильовому розсіянні Х-променів у реальних кристалах. Цього ж року докторську дисертацію захистив В. Удовицький, який дослідив дифузійні процеси на поверхні металів і сплавів. З питань багатохвильової рентгеновської дифрактометрії 1989 року захистив докторську дисертацію С. Кшевецький, яка присвячена експериментальним дослідженням ефектів багатохвильової дифракції Х-променів на кристалах.

Від 1988 року кафедрою фізики твердого тіла завідує проф. М. Раранський. З його ініціативи почав активно розвиватися новий науковий напрям – динамічне розсіяння Х-променів та Х-променева інтерферометрія. Цей метод не має собі рівних у точності виміру деформації згину атомних площин й показників заломлення та атомних амплітуд розсіяння. У 1994 році докторську дисертацію захистив І. Фодчук. Праця присвячена вивченню рентгеноакустичних ефектів у кристалах та розроблення нових топографічних та інтерферометричних методів дослідження структури твердих тіл.

Науковий доробок кафедри фізики твердого тіла добре відомий і в нашій країні, і за кордоном. Уперше співпрацівники кафедри дослідили основні ефекти з динамічного багатохвильового розсіяння Х-променів та інтерферометри, що ввійшли в монографії та підручники, їх часто цитують у світовій науковій літературі.

На базі кафедри електронно-йонних процесів 1954 року було відкрито першу в Україні **кафедру фізики напівпровідників**, яку очолив проф. А. Самойлович, а у 1956–1971 рр. – чл.-кор. АН України проф. К. Товстюк.

Помітною сторінкою в історії факультету була діяльність проф. К. Товстюка. Він вмiло поєдну-



вав теоретичне мислення, результати наукових досліджень з їхнім практичним втіленням у виробництво. Навколо нього згуртувалися молоді, енергійні науковці, які не лише проводили наукові дослідження, а й виховували фахівців у галузі електроніки. Випускники кафедри стали провідними фахівцями на багатьох заводах мікроелектроніки, зокрема “Кварц”, “Травітон”, а також у новоутвореному Чернівецькому відділі напівпровідникового матеріалознавства Інституту напівпровідників АН УРСР (нині Відділення інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАНУ).

У 1971–1996 рр. кафедрою керував проф. М. Гавалешко. На кафедрі інтенсивно проводили дослідження в галузі теорії напівпровідників типу германію, а також інтерметалевих напівпровідників. З часом наукова тематика значно розширилася, проводять дослідження напівпровідникових сполук III–V, IV–VI, II–VI та III–VI груп періодичної системи. З’ясовують особливості їхньої енергетичної структури, природу хемічного зв’язку, механізми розсіяння та створюють прилади на їхній основі.

У 1980–1990-х роках на кафедрі підготували докторські дисертації М. Гавалешко, А. Савицький, П. Старик, П. Горлей, А. Савчук, Д. Заячук, Г. Грушка, С. Паранчич, П. Мар’янчук. На світовому рівні було поставлено технологію синтезу різноманітних напівпровідникових сполук і сплавів. Кафедрою розроблено і впроваджено у виробництво декілька приладів для космічних досліджень, електронної промисловості. Г. Грушка та З. Грушка дослідили умови одержання і властивості нової напівпровідникової сполуки – телуриду ртуті-індію та виготовили прилади на її основі. Розроблено технології вирощування кристалів PbTe, PbSe, PbS та твердих розчинів на їхній основі як лазерних матеріалів і фотоприймачів. Сучасну технологію вирощування високодосконалих монокристалів CdTe, проф. А. Савицький впровадив на виробничих об’єднаннях м. Ленінграда (ЛІОМО) та Казані.

Кафедру (нині – **кафедра електроніки та енергетики**) із 1996 року очолює проф. П. Горлей. Від 1997 року кафедра розпочала підготовку фахівців із напрямку “Енергетика” за спеціальностями “Нетрадиційні джерела енергії” та “Фізична і біомедична електроніка”.

Кафедра підтримує плідні наукові контакти з провідними навчальними та науковими закладами Росії, Польщі, Чехії, Угорщини, Франції, Італії, Іспанії, Бельгії, Мексики, бере участь і організовує міжнародні наукові конференції.

Кафедру напівпровідникової мікроелектроніки створили 1968 року, її очолив доц. П. Коцюмаха, у 1971–2004 рр. кафедрою керував проф. І. Раренко. На кафедрі досліджували фізичні і технологічні основи високодосконалих напівпровідникових монокристалів і шаруватих структур та створювали на їхній основі високоефективні прилади і мікросхеми мікрофотоелектроніки, інфрачервоної техніки, інтегральної та планарної оптики, сонячних фотоелектронних перетворювачів. Нині успішно розвивається новий науково-технічний напрям – створення фізичних основ екстремальних та польових технологій напівпровідників. Кафедра відома своїми тісними зв’язками з підприємствами та науково-дослідними установами України, країн СНД, США, Франції, Китаю та впровадженням розробок у серійне виробництво.

Кафедру 2004 р. перейменовано у **кафедру фізики напівпровідників та наноструктур**, яку нині очолює проф. А. Савчук. Під його керівництвом активно розвивається актуальний науковий напрям, пов’язаний з технологією та фізикою напівпровідникових наноструктур. Науковці кафедри долучилися до розроблення нових принципів керування електронними спінами в об’ємних кристалах і наноструктурах на основі напівмагнетних напівпровідників.

Від часу заснування університету функціонувала **кафедра експериментальної фізики** – одна з найстарших серед природничих кафедр. Упродовж десятиріч кафедра традиційно забезпечувала викладання загальних курсів фізики. Тільки у 1960-ті роки на кафедрі сформувались декілька груп дослідників, об’єднаних спільною науковою тематикою. Поглиблення досліджень, поліпшення матеріально-технічного забезпечення призвело до створення на базі кафедри експериментальної фізики нових кафедр, зокрема оптики та загальної фізики, які згодом ввійшли до складу інженерно-технічного факультету.

Наприкінці 1950-х років проф. І. Верещагін, завідувач кафедри експериментальної фізики, започаткував дослідження в галузі люмінесценції та



фотоелектроніки, які набули широкого розвитку і невдовзі переросли в потужний науковий напрям кафедри. Докторська дисертація І. Верещагіна була присвячена електролюмінесценції кристалів – явищу, що лежить в основі роботи сучасних джерел світла, якими є світлодіоди та напівпровідникові лазери.

Від 1970 року кафедру експериментальної фізики (з 1984 р. – кафедру оптоелектроніки) очолює проф. Л. Косяченко. В його докторській дисертації (1982) узагальнено результати всебічного дослідження передпробійної електролюмінесценції напівпровідникових структур – специфічний вид оптичного випромінювання, тісно пов'язаного з цілою низкою фізичних процесів.

Докторську дисертацію В. Махнія (1992) присвячено комплексному дослідженню фізичних процесів та встановленню загальних закономірностей контактних явищ у бар'єрних структурах різного типу на основі широкозонних сполук елементів II і VI груп періодичної системи. Розроблено низку технологічних способів виготовлення контактів метал-напівпровідник та анізотропних гетеропереходів з низькою концентрацією дефектів на межі поділу. Створено низку оптоелектронних приладів з фізико-технічними параметрами, що у деяких випадках перевищують світові аналоги.

Здобутки науковців кафедри набули широкого визнання, і в Україні, і за її межами. Розробки нового класу джерел та приймачів оптичного випромінювання були впроваджені в науково-виробничих установах Києва, Москви, Санкт-Петербурга, Казані, Єревана, Чернівців. Результати досліджень "гарячих" електронів, нерівноважних та контактних явищ у напівпровідниках були включені до програм авторитетних міжнародних конференцій, що відбулися в Німеччині, Фінляндії, США, Японії, Франції, Англії, опубліковано в міжнародних виданнях.

Упродовж останнього десятиріччя працівників кафедри запрошували виступити з доповідями та лекціями в Інститут Макса Планка, Бременський і Нюрнберзький університети (ФРН). Започатковано спільні дослідження з Берлінським технічним університетом, Лаоянським інститутом оптоелектроніки (КНР), Університетом Валенсія

(Іспанія), Мексиканським національним університетом, Північно-західним університетом (КНР).

Від 2008 року кафедрою керує проф. В. Махній.

На кафедрі анізотропних напівпровідників та у проблемній лабораторії при кафедрі проводили дослідження термоелектричних явищ у анізотропних середовищах. Це дало змогу розвинути теорію анізотропного розсіяння у напівпровідниках, розробити анізотропні термоелементи. Кафедрі з 1967 р. очолював проф. А. Самойлович.

Від 1973 року кафедру очолював проф. Л. Анатичук. На кафедрі поставлено широкі дослідження з основних напрямів термоелектрики – теорії термоелектричних явищ, матеріалознавства, термоелектричної енергетики, термоелектричного охолодження та термоелектричної вимірювальної техніки. Цим було зумовлено перетворення кафедри анізотропних напівпровідників у кафедру термоелектрики.

Практична значимість одержаних результатів призвела до створення на чолі з Л. Анатичуком 1980 року при Чернівецькому університеті конструкторського бюро "Фонон", метою діяльності якого була реалізація наукових досягнень кафедри. Діяльність кафедри та конструкторського бюро було об'єднано в навчально-науково-виробничий комплекс УНВК "Фонон", який виконував фундаментальні та прикладні дослідження, конструкторські та технологічні розробки, здійснював дослідне виробництво термоелектричних приладів і підготовку фахівців із термоелектрики. УНВК "Фонон" став провідною організацією у реалізації державних програм із термоелектрики. Створено зразки новітньої техніки, якість яких відповідала світовому рівневі, а у деяких випадках його перевершувала. Л. Анатичука 1986 року обрано членом-кореспондентом АН УРСР, а 1995 – академіком Національної академії наук України.

На базі проблемної лабораторії кафедри та КБ "Фонон" 1990 року створено науково-дослідний Інститут термоелектрики Міністерства освіти та НАНУ. Кафедра термоелектрики та Інститут термоелектрики продовжують працювати за узгодженими науковими планами, а кафедра забезпечує інститут молодими фахівцями. За ініціативою кафедри та Інституту термоелектрики 1994 року створено Міжнародну термоелектричну акаде-



мію, до складу якої входять провідні фахівці з термoeлектрики України, США, Франції, Японії, Росії, Казахстану та інших країн. Її президентом обрано Л. Анатичука.

У Чернівецькому університеті 1962 року під керуванням к.ф.-м.н., доц. В. Рвачова організовано **кафедру оптики**. Із 1968 року кафедру очолював С. Гумінецький, а з 1975 – В. Полянський. Найважливіші наукові здобутки кафедри у 1960-х роках стосувалися досліджень у галузі світлорозсіяння, зокрема оптики шорсткої поверхні.

У другій половині 1960-х років співпрацівником кафедри оптики став к.ф.-м.н. В. Тимофеев (згодом – член-кореспондент Російської академії наук). За його ініціативи у Чернівцях було започатковано новий науковий напрям “Оптичні властивості напівпровідників”. У цьому напрямі згодом працювали доценти В. Ващенко і В. Колосюк, В. Косарев, Б. Павлик. Крім того, було розгорнуто дослідження в галузі квантової електроніки і голографії. Л. Ковальський і В. Полянський 1966 року одержали першу в Україні голограму.

Перша половина 1970-х років – період впровадження наукових здобутків кафедри в народне господарство.

У січні 1980 р. кафедру оптики розділили на дві – **кафедру кореляційної оптики**, яку очолював В. Полянський, і **кафедру оптики і спектроскопії**, завідувачем якої став В. Ващенко. У червні того ж року на базі цих кафедр організовано інженерно-оптичний факультет, до складу якого з 1988 р. увійшла також кафедра загальної фізики, після чого факультет перейменували на інженерно-технічний. Із розвитком електронної промисловості в Чернівцях виник гострий дефіцит фахівців радіoeлектронного профілю. Тому 1986 року на фізичному факультеті здійснено перший набір студентів на спеціальності “Радіотехніка” та “Конструювання і технологія виробництва радіoeлектронної апаратури”. Забезпечення навчального процесу доручено створеній в структурі фізичного факультету секції радіoeлектроніки, яку уже 1987 року реорганізовано в кафедру радіoeлектронної апаратури. Виконувачем обов’язків завідувача кафедри призначено доц. О. Шеляга.

Починаючи від 1987 року, набір на перший курс стаціонарної форми навчання збільшено до 50 студентів на кожну спеціальність. Тоді ж на факультеті організовано радіотехнічне відділення, яке очолював заступник декана доц. В. Браїловський. У жовтні 1989 року було відкрито кафедру радіотехніки, якою до 2006 року керував доктор технічних наук, професор Л. Політанський.

На кафедрі 2002 року відкрили нову спеціальність “Захист інформації з обмеженим доступом та автоматизація її обробки”. Колектив кафедри виконує проектну угоду в межах Українського науково-технічного центру. Науковці кафедри займаються дослідженням ідентифікації азотовмістких речовин методом ядерного квадрупольного резонансу. На кафедрі діє колективна радіостанція, де проводять лабораторні роботи з дисциплін “Міжнародний радіозв’язок” та “Міжнародний радіообмін”, вивчають радіопередавальні пристрої, телебачення (зокрема, супутникове), радіотехнічні системи та багатоканальні системи передавання інформації, мікропроцесорну техніку та її застосування у радіoeлектронній апаратурі. На кафедрі діє студентське конструкторське бюро “АЛЕФ”. Від 2006 року кафедру очолює В. Браїловський. Сьогодні випускники кафедри працюють в Англії, Канаді, США, Німеччині, Ізраїлі та інших країнах.

Нині, попри об’єктивні труднощі, наука на фізичному факультеті Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича на піднесенні.

Свідченням вагомого внеску науковців фізичного факультету у скарбницю української та світової науки, в розвиток фундаментальних досліджень є присудження Державних премій України в галузі науки і техніки професорам К. Товстюку (двічі), М. Раранському, І. Фодчуку, С. Мельничуку, Є. Слиньку, урядових, галузевих та інших премій проф. І. Раренку, академіку Л. Анатичуку, проф. О. Лусте, доценту В. Боднаруку.

Факультет гордиться своїми випускниками, серед них: лавреати Ленінської премії СРСР А. Булкін, і В. Шуман, акад. НАНУ М. Шпак, члени-кор. НАНУ П. Томчук, І. Блонський, проф. В. Шендеровський, Й. Стахіра, Я. Буджак, З. Ковалюк, Є. Слинько, М. Курик, О. Борець, Д. Берча, Д. Корбутяк, Б. Лукіянець, В. Єрмаков, В. Бойчук та ін.

УМОВИ ЗАДАЧ ІІІ (ОБЛАСНОГО) ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Львів, 2008)

8-й клас

Задача 1.

Куля масою m , що летить горизонтально, пробиває куб масою M , що перебуває на абсолютно гладкій площині й, пролетівши через його центр, вилітає зі швидкістю, вдвічі меншою від початкової. Яка частина кінетичної енергії кулі пішла на нагрівання речовини куба? Відомо, що швидкість куба після зіткнення V пов'язана зі швидкістю кулі до зіткнення v таким співвідношенням:

$$V = \frac{mv}{2M}$$

Значення V та v – невідомі. За яких значень відношення m/M розв'язок не суперечить умові задачі?

Задача 2.

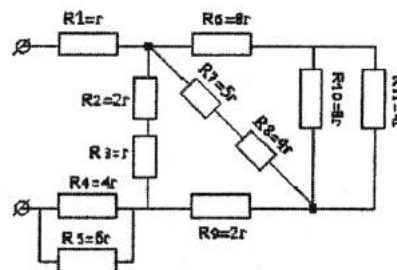
Циліндрична склянка до висоти h заповнена кульками льоду. Порожнини між кульками на початку заповнені повітрям. Кульки льоду займають $\alpha = 0,6$ об'єму. У процесі танення льоду співвідношення об'ємів кульок льоду і порожнин залишається сталим. Знайдіть висоту H рівня води у склянці в момент, коли розтануло $\beta = 0,7$ льоду. Густина льоду $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$, густина води $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Задача 3.

Автомобіль проїхав $1/5$ шляху зі швидкістю $u_1 = 40 \text{ км/год}$, $3/4$ від шляху, що залишився, він їхав із швидкістю $u_2 = 60 \text{ км/год}$, а решту шляху – зі швидкістю $u_3 = 80 \text{ км/год}$. Знайдіть середню швидкість автомобіля на всьому шляху.

Задача 4.

Розрахуйте опір контуру, який зображено на рисунку.



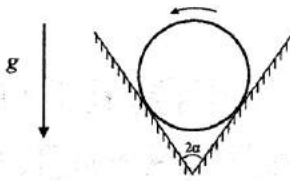
Задача 5.

У бак з водою, маса якої $m_1 = 10 \text{ кг}$, а початкова температура $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, опустили шматок заліза масою $m_2 = 2 \text{ кг}$, нагрітого до температури $t_2 = 500 \text{ }^\circ\text{C}$. Деяка кількість води перетворилася в пару, а в баку встановилась температура $t = 24 \text{ }^\circ\text{C}$. Знайдіть масу води, що перетворилася в пару. Питома теплоємність води $4190 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$, заліза – $0,465 \text{ Дж/(г}\cdot\text{K)}$, питома теплота пароутворення 2256 Дж/г .

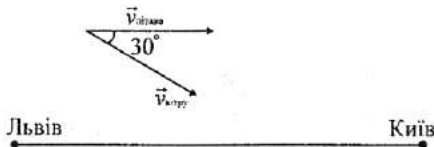
9-й клас

Задача 1.

Циліндр масою m розкрутили й помістили між двома нахиленими під кутом 2β стінками (див. рис). Визначіть сили, з якими циліндр діятиме на стінки. (Коефіцієнт тертя між циліндром і стінкою μ , пришвидження земного тяжіння g).


Задача 2.

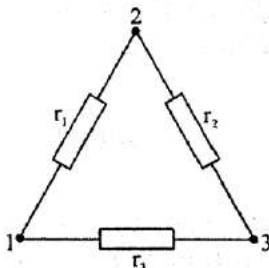
У безвітряну погоду літак долає відстань 500 км зі Львова до Києва за одну годину. Скільки часу йому потрібно, щоб подолати цю віддаль у вітряну погоду, якщо він рухатиметься по прямій? Швидкість вітру відносно землі становить 10 м/с, а його напрямок із напрямком польоту літака становить кут 30° (див. рис.).


Задача 3.

Три школярі вирішили поїхати в ліс за грибами. Відстань до лісу $L = 20$ км. Який мінімальний час можуть затратити школярі, якщо в них є один двомісний велосипед, що може рухатись із швидкістю $v_2 = 20$ км/год, а швидкість школяра (пішохода) $v_1 = 5$ км/год.

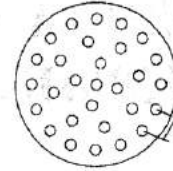
Задача 4.

Опори між вузлами схеми, яка зображена на рисунку, дорівнюють $R_{12} = 1$ Ом, $R_{23} = 0,75$ Ом, $R_{13} = 0,75$ Ом. Визначіть опори r_1, r_2, r_3 ділянок схеми.


Задача 5.

Непрозорий диск з отворами перебуває між спостерігачем і джерелом світла. Отвори у диску роз-

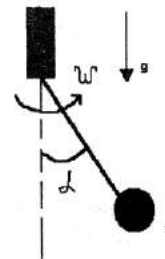
ташовані на віддалі $S = 1$ см, яка дорівнює довжині дуги між сусідніми отворами (див. рис.).



Диск обертається з частотою 30 об/хв. На якій найменшій віддалі від центра диска спостерігатиметься суцільно освітлене коло? Відомо, що око спостерігача реагує на переривання інтенсивності світла тоді, коли вони відбуваються рідше, ніж 16 разів за секунду.

10-й клас
Задача 1.

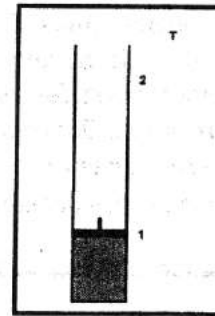
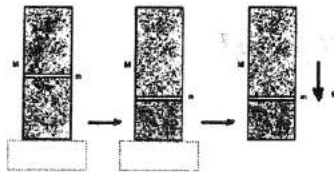
Вантаж масою m закріплений на кінці стрижня, його протилежний кінець шарнірно з'єднаний з віссю, що може обертатись. Побудуйте графік залежності кута відхилення стрижня β від кутової швидкості обертання осі ω . Вважайте, що малі коливання достатні, щоб вивести вантаж з положення нестійкої рівноваги (див. рис.)


Задача 2.

У дві однакові хемічні піпетки учень набрав однакову кількість води, в одну – гарячої, в іншу – холодної. У піпетці з гарячою водою виявилось N_{T_2} крапель, у піпетці з холодною водою – N_{T_1} крапель. Знайдіть формулу залежності коефіцієнта поверхневого натягу води від температури, вважаючи її лінійною. Температура холодної води T_1 , гарячої – T_2 . Коефіцієнт поверхневого натягу води при T_1 дорівнює σ_{T_1} . Вважайте густину води сталою.

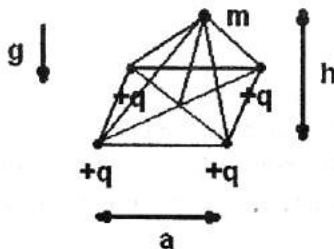
Задача 3.

Невеликий циліндр масою M наповнений ідеальним газом і розташований на дерев'яній підставці. Поршень масою m розділяє циліндр на дві частини. Поршень відпускають. Коли система прийшла в стан рівноваги, дерев'яну підставку швидко забрали з під циліндра. Знайдіть пришвиднення циліндра в перший момент падіння (див. рис.). Тертям між поршнем і циліндром знехтуйте.



Задача 4.

Чотири однакові заряди, величиною $+q$ кожний, закріплені у вершинах квадрата зі стороною a . Який заряд треба надати тілові масою m , щоб воно повисло над цим квадратом у гравітаційному полі Землі на висоті h над площиною квадрата (див. рис.). $a = 0,02$ м, $g = 9,8$ м/с², $h = 0,01$ м, $m = 0,001$ кг, $k = 8,99 \cdot 10^9$ Н·м²·Кл⁻², $q = 10^{-7}$ Кл.



Задача 5.

Циліндр заповнений рідким гелієм з температурою T і закритий зверху поршнем, який щільно прилягає до рідини. Циліндр перебуває в калориметрі з великою теплоємністю з температурою T . Між циліндром і калориметром можливий обмін теплом. Тиск у калориметрі сталий $P = 0$. Поршень повільно переводять в положення 2. Тоді поршень швидко опускають назад до положення 1. Чи зміниться температура рідини? Якщо так, то чому і наскільки? Якщо ні, то чому? Поршень невагомий, тертям знехтуйте (див. рис.).

11-й клас

Задача 1.

У вертикальній циліндричній посудині під невагомим поршнем із площею поперечного перерізу S міститься ідеальний газ. У скільки разів зміниться температура газу після того, як на поршень покладуть вантаж маси m , якщо об'єм газу при цьому зменшиться в n разів? Атмосферний тиск становить P_0 .

Задача 2.

У колі, яке складається з конденсатора ємності $C = 10$ мкФ та соленоїда з індуктивністю L . Знайдіть значення індуктивності соленоїда L , якщо заряд на конденсаторі змінюється за законом $q(t) = 10^{-4} \cos(1000t)$ Кл, де час t вимірюється в секундах.

Задача 3.

У пласкому квадратному конденсаторі зі стороною обкладки a та віддаллю між ними d міститься такого ж розміру діелектрична пластина (діелектрична проникність ϵ , маса m), яка може вільно ковзати всередині конденсатора. Між обкладками конденсатора підтримується постійна напруга U . Яку мінімальну швидкість, напрямлену вздовж однієї зі сторін, слід надати пластині, щоб вона вилетіла з конденсатора? Крайовими ефектами, силами тяжіння та тертя знехтуйте.

Задача 4.

Джгут з початковою довжиною L_0 розтягують зі сталою швидкістю u . На одному з його кінців сидить вперта і наполеглива бактерія, яка прагне долізити до іншого кінця. З якою мінімальною швидкістю v їй треба повзти, щоб її бажання збулося? Джгут розтягують рівномірно.

Задача 5.

На гладку непровідну нитку довжиною l нанизано 3 намистинки з додатними зарядами $q_1 \geq q_2 \geq q_3$, які можуть вільно ковзати по ній. Кінці нитки з'єднані. Знайдіть силу натягу нитки, якщо система перебуває у стійкій рівновазі.

ЛАЗЕР ЗНИЩУЄ ВІРУСИ

Американські вчені під керівництвом професора Контона Сіна з Університету штату Арізона, Медичної школи Джонса Гопкінса і Військово-медичного університету створили нову технологію знищення вірусів. Їх опромінюють імпульсами лазера видимого світла (червона ділянка спектру). Використовують малопотужні імпульси фемтосекундних лазерів видимого діапазону світла (довжина хвилі – 625 нм (пурпурне світло), тривалість імпульсу – 100 фемтосекунд).

За словами розробників, імпульс низької потужності (5 мікроджоулів на квадратний сантиметр) руйнує білкову оболонку вірусів, залишаючи здорові клітини неушкодженими.

Ефект ґрунтується на комбінаційному розсіянні світла (Раманівському розсіянні) – білкові молекули розсіюють світло, що падає на них, дуже змінюючи свої коливальні та обертальні частоти.

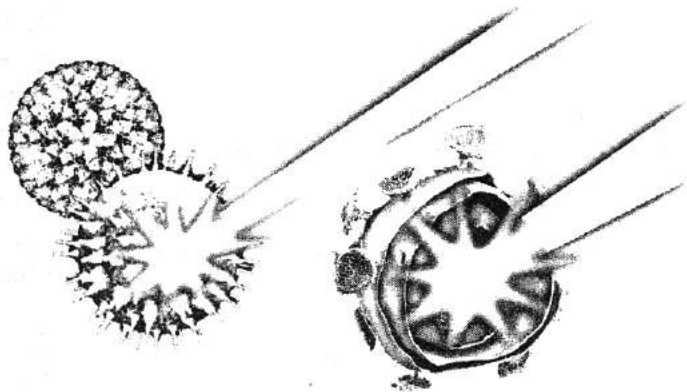
Результати виявилися обнадійливі: одноразове опромінення викликало в білковій оболонці бактеріофага коливання такої великої амплітуди, що знищували вірус. Технологію перевірили на бактеріофазі M13.

Учені зазначають, що новий метод набагато ефективніший та безпечніший ніж метод опромінення ультрафіолетовим і НВЧ-випромінюванням.

Ультрафіолетове випромінювання не відразу вбиває віруси. Якщо недостатньо довго опромінювати ним приміщення, то віруси виживають. І за рахунок мутацій, викликаних ультрафіолетовим світлом, часто набувають стійкості до ультрафіолету і ще патогенніших властивостей. З іншого боку, велика доза ультрафіолетового опромінювання шкодить звичайним клітинам організму, що робить цю методику непридатною, наприклад, для очищення крові.

Також неможливо очистити кров від вірусів за допомогою НВЧ-випромінювання. Вода в клітинах сильно поглинає хвилі НВЧ-діапазону, що призводить до їхнього розігрівання і відмирання.

Колектив науковців із фізичного факультету Університету Арізони планує застосувати цей метод для очищення крові від ВІЛ і вірусу гепатиту 3, а також перевірити, чи не шкодить метод живим клітинам ссавців. Якщо це не шкодитиме клітинам, згодом метод почнуть використовувати для очищення донорської крові, а також під час гемодіалізу крові.



РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ III (ОБЛАСНОГО) ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Львів, 2008)

8-й клас

Задача 1.

Використаймо закон збереження енергії:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{MV^2}{2} + \frac{m(v/2)^2}{2} + Q.$$

Підставивши відоме співвідношення

$$V = \frac{mv}{2M},$$

одержимо:

$$Q = \frac{mv^2}{8} \left(3 - \frac{m}{M} \right).$$

Позначмо початкову кінетичну енергію кулі

$$E_0 = \frac{mv^2}{2}.$$

Тоді:

$$\frac{Q}{E_0} = \frac{1}{4} \left(3 - \frac{m}{M} \right).$$

Куля вилетіла з куба, отже,

$$\frac{v}{2} > V.$$

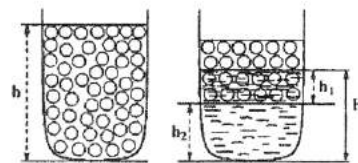
Тому із співвідношення $V = \frac{mv}{2M}$ випливає, що

$$\frac{m}{M} < 1.$$

Задача 2.

Коли розтануло 70 % льоду, залишився пористий лід, що має товщину шару $h(1-\beta)$. Шар води, який проник у порожнини, має товщину

$$h_1 = h(1-\beta) \frac{\rho}{\rho_0}.$$



Тоді маса води в порожнинах льоду буде:

$$m_0 = (1-\alpha)S\rho_0 h_1 = (1-\alpha)(1-\beta)\rho h S.$$

Завдяки таненню льоду, утворилась маса води

$$m'_0 = \alpha\beta h S \rho.$$

Якщо $m'_0 - m_0 > 0$, то лід плаває, оскільки умова плавання льоду $\alpha + \beta > 1$ (за умовою $\alpha + \beta = 1,3$).

Висота рівня води під шаром льоду

$$h_2 = \frac{m'_0 - m_0}{\rho_0 S} = h(\alpha + \beta - 1) \frac{\rho}{\rho_0}.$$

Повна висота рівня води:

$$\begin{aligned} H &= h_1 + h_2 = \\ &= h[(\alpha + \beta - 1) + (1 - \beta)] \frac{\rho}{\rho_0} = 0,54h. \end{aligned}$$

Інший спосіб розв'язання:

Із того, що $\alpha + \beta > 1$ випливає, що лід плаває, тому від його танення кількість води в посудині не змінюється, оскільки лід, плаваючи, витісняє воду тієї ж маси, що має сам. Отже, від танення утво-



рюється стільки води, скільки витісняється, тобто рівень води незмінний.

$$\alpha \rho S h = H S \rho_0 \Rightarrow H = \frac{\alpha \rho h}{\rho_0} = 0,54h$$

Задача 3.

Нехай S – повний шлях. Тоді середня швидкість тіла буде:

$$v_{\text{сеп.}} = \frac{\Delta r_1 + \Delta r_2 + \Delta r_3}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3},$$

де

$$\Delta r_1 = \frac{1}{5}S, \quad \Delta r_2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{4}{5}S = \frac{3}{5}S,$$

$$\Delta r_3 = \frac{1}{5}S, \quad \Delta t_1 = \frac{\Delta r_1}{v_1} = \frac{S}{5v_1},$$

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta r_2}{v_2} = \frac{3S}{5v_2}, \quad \Delta t_3 = \frac{\Delta r_3}{v_3} = \frac{S}{5v_3}$$

Тоді одержимо

$$v_{\text{сеп.}} = \frac{5v_1 v_2 v_3}{v_2 v_3 + 3v_1 v_3 + v_1 v_2} = \frac{960000}{16800} \approx 57,1 \text{ км/год}$$

Задача 4.

$$R(10,11) = \frac{R_{10} R_{11}}{R_{10} + R_{11}} = \frac{8}{3}r,$$

$$R(6,10,11) = R_6 + R(10,11) = \frac{32}{3}r,$$

$$R(7,8) = R_7 + R_8 = 9r,$$

$$R(6,7,8,10,11) = \frac{R(7,8) \cdot R(6,10,11)}{R(7,8) + R(6,10,11)} = \frac{288}{59}r,$$

$$R(6,7,8,9,10,11) = R(6,7,8,10,11) + R_9 = \frac{406}{59}r,$$

$$R(2,3) = R_2 + R_3 = 3r,$$

$$R(2,3,6,7,8,9,10,11) = \frac{R(2,3) \cdot R(6,7,8,9,10,11)}{R(2,3) + R(6,7,8,9,10,11)} \approx 2,09r,$$

$$R(4,5) = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5} = 2,4r,$$

$$R = 2,09r + 2,4r + r = 5,49r.$$

Задача 5.

Кількість теплоти, що передало залізо під час охолодження від t_2 до t , дорівнює

$$Q_1 = m_2 c_2 (t_2 - t).$$

Кількість теплоти, що затрачено для нагрівання води до температури $t_3 = 100^\circ\text{C}$ і на її випаровування:

$$Q_2 = m c_1 (t_3 - t_1) + m \lambda_{\text{вр.}}$$

Решта води ($m_1 - m$) нагрівається до температури t , тому

$$Q_3 = (m_1 - m) c_1 (t - t_1).$$

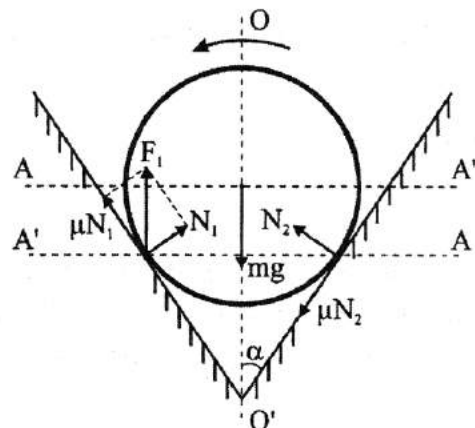
Рівняння балансу:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \rightarrow m = \frac{m_2 c_2 (t_2 - t) - m_1 c_1 (t - t_1)}{c_1 (t_3 - t_1) + \lambda_{\text{вр.}} - c_1 (t - t_1)} \approx 0,107 \text{ кг}.$$

9-й клас

Задача 1.

На циліндр діють сили N_1, N_2 – реакції стінки, $\mu N_1, \mu N_2$ – тертя об стінки, mg – сила тяжіння.



Оскільки, циліндр перебував у рівновазі, то векторна сума всіх сил на довільну вісь, яка лежить в площині перерізу циліндра та проходить через його центр мас, дорівнює нулеві. Проведемо сумування проєкцій сил на дві взаємно перпендикулярні осі OO' і AA' .

OO' :

$$N_1 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) + \mu N_1 \cos \alpha + N_2 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) - \mu N_2 \cos \alpha - mg = 0$$

AA' :

$$\mu N_1 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) - N_1 \cos \alpha + N_2 \cos \alpha + \mu N_2 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = 0$$

Поділивши ці рівняння на $\cos \alpha$, маємо:

$$OO': (N_1 + N_2) \operatorname{tg} \alpha + \mu N_1 - \mu N_2 = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$AA': (N_1 + N_2) \mu \operatorname{tg} \alpha - N_1 + N_2 = 0$$

Розв'яжемо їх відносно N_1 і N_2 маємо:

$$\begin{cases} N_1 = \frac{mg}{\cos \alpha} \cdot \frac{1 + \mu \operatorname{tg} \alpha}{2 \operatorname{tg} \alpha (1 + \mu^2)} \\ N_2 = \frac{mg}{\cos \alpha} \cdot \frac{1 - \mu \operatorname{tg} \alpha}{2 \operatorname{tg} \alpha (1 + \mu^2)} \end{cases}$$

Тоді сили, що діють на циліндр, становитимуть:

$$F_1 = \sqrt{N_1^2 + \mu^2 N_1^2} = N_1 \sqrt{1 + \mu^2} = \frac{mg}{2 \sin \alpha} \cdot \frac{1 + \mu \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \mu^2}}$$

$$F_2 = \sqrt{N_2^2 + \mu^2 N_2^2} = N_2 \sqrt{1 + \mu^2} = \frac{mg}{2 \sin \alpha} \cdot \frac{1 - \mu \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \mu^2}}$$

а за третім законом Ньютона сили, з якими ци-

ліндр діє на стінки, дорівнюватимуть за модулем силам F_1 і F_2 та протилежні до них за напрямком.

Задача 2.

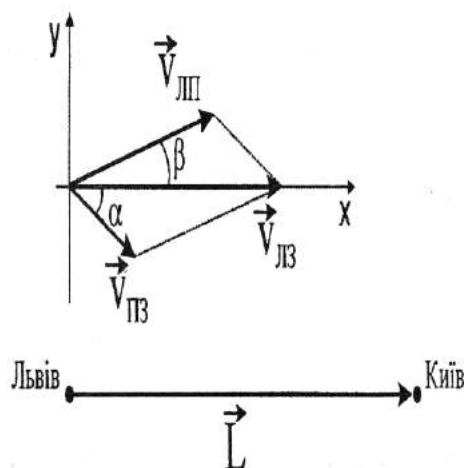
Щоб літак рухався по прямій, треба, щоб напрямок його швидкості відносно землі $\vec{V}_{ЛЗ}$ співпадав

із напрямком переміщення \vec{L} зі Львова до Києва (див. рис.). Тоді швидкість літака відносно повітря

$\vec{V}_{ЛП}$ має бути напрямлена під деяким кутом β до напрямку руху відносно землі. Кут між швидкістю

повітря відносно землі $\vec{V}_{ПЗ}$ та швидкістю літака

відносно землі $\vec{V}_{ЛЗ}$ позначимо α .



За законом додавання швидкостей, швидкість літака у системі відліку нерухомій відносно землі дорівнюватиме векторній сумі швидкості літака у системі відліку нерухомій відносно повітря та швидкості самої рухомої системи відліку відносно землі:

$$\vec{V}_{ЛЗ} = \vec{V}_{ЛП} + \vec{V}_{ПЗ} \quad (1)$$

Виберімо систему координат, у якій вісь x співпадає зі швидкістю літака відносно землі. Тоді рівняння (1) у проєкціях на осі координат матиме вигляд:

$$x: V_{ЛЗ} = V_{ЛП} \cos \beta + V_{ПЗ} \cos \alpha \quad (2)$$

$$y: 0 = V_{ЛП} \sin \beta - V_{ПЗ} \sin \alpha \quad (3)$$



Знайдемо із рівняння (3) $\sin\beta$ та, врахувавши,

$$\text{що } \cos\beta = \sqrt{1 - \sin^2\beta} = \sqrt{1 - \left(\frac{V_{\text{ПЗ}}}{V_{\text{ЛП}}}\sin\alpha\right)^2},$$

одержимо з рівняння (2) швидкість літака відносно землі:

$$\begin{aligned} V_{\text{ЛЗ}} &= \frac{V_{\text{ЛП}}\sqrt{V_{\text{ЛП}}^2 - V_{\text{ПЗ}}^2\sin^2\alpha}}{V_{\text{ЛП}}} + V_{\text{ПЗ}}\cos\alpha = \\ &= \sqrt{V_{\text{ЛП}}^2 - V_{\text{ПЗ}}^2\sin^2\alpha} + V_{\text{ПЗ}}\cos\alpha \end{aligned}$$

Швидкість літака відносно повітря знайдемо із умови, що в безвітряну погоду він долає віддаль $L = 500$ км за час $t_0 = 1$ год:

$$V_{\text{ЛП}} = \frac{L}{t_0}.$$

Тоді час t , за який літак подолає віддаль L , становитиме:

$$\begin{aligned} t &= \frac{L}{V_{\text{ЛЗ}}} = \frac{L}{\sqrt{V_{\text{ЛП}}^2 - V_{\text{ПЗ}}^2\sin^2\alpha} + V_{\text{ПЗ}}\cos\alpha} = \\ &= \frac{L}{\sqrt{\left(\frac{L}{t_0}\right)^2 - V_{\text{ПЗ}}^2\sin^2\alpha} + V_{\text{ПЗ}}\cos\alpha}, \end{aligned}$$

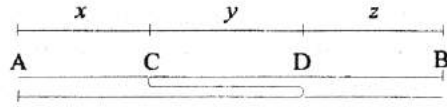
$$t = \frac{500}{\sqrt{\left(\frac{500}{1}\right)^2 - 36^2 \cdot \frac{1}{4} + 36 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}} = 0,94 \text{ год}$$

Примітка. Оскільки, за умовою задачі, швидкість руху літака значно перевищує швидкість вітру, то для квадратів швидкостей $V_{\text{ЛП}}^2 \gg V_{\text{ПЗ}}^2$, тому, при наближеному розрахунку, можна знехтувати другим доданком, що стоїть під коренем.

Задача 3.

Мінімальний час буде, якщо велосипед буде увесь час в русі й якомога менше часу везиме одного учня. Розгляньмо такий сценарій поїздки: двоє на велосипеді їдуть у пункт D , а третій йде пішки у пункт C , де його підбирає велосипедист і везе в кінцевий пункт B (див. рис.).

Туди одночасно має прийти другий учень, подолавши пішки віддаль DB .



Позначмо $AC = x$; $CD = y$; $DB = z$, і запишімо очевидні співвідношення:

$$x + y + z = L, \quad (1)$$

$$t_{\min} = \frac{x + z + 3y}{V_2}, \quad (2)$$

$$\frac{x}{V_1} = \frac{x + 2y}{V_2}, \quad (3)$$

$$\frac{z}{V_1} = \frac{2y + z}{V_2}. \quad (4)$$

Формулу (2) запишімо так:

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \frac{x + y + z + 2y}{V_2} = \\ &= \frac{L + 2y}{V_2} = \frac{L}{V_2} + \frac{2y}{V_2}. \end{aligned} \quad (2a)$$

Додавши рівності (3) і (4), одержимо:

$$\frac{x + z}{V_1} = \frac{x + y + z + 3y}{V_2} = \frac{L}{V_2} + \frac{3y}{V_2}. \quad (5)$$

Додаймо до обох частин рівності (5) $\frac{y}{V_1}$, одержимо:

$$\frac{y}{V_1} + \frac{x + z}{V_1} = \frac{L}{V_2} + \frac{3y}{V_2} + \frac{y}{V_1},$$

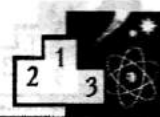
або

$$\frac{L}{V_1} = \frac{L}{V_2} + y \left(\frac{3}{V_2} + \frac{1}{V_1} \right). \quad (6)$$

Із рівності (6) знайдемо y :

$$y = \frac{L(V_2 - V_1)V_2V_1}{V_2V_1(3V_1 + V_2)} = \frac{L(V_2 - V_1)}{3V_1 + V_2},$$

$$y = \frac{60}{7} \text{ км}.$$



Із рівності (2a) знайдемо шуканий час

$$t_{\min} = \frac{20}{20} + \frac{60}{7} \cdot \frac{2}{20} = 1 \frac{6}{7} \text{ год} = 1,86 \text{ год.}$$

Задача 4.

Дивись рисунок в умові задачі (стор. 30).

$$\begin{cases} \frac{1}{R_{13}} = \frac{1}{r_1 + r_2} + \frac{1}{r_3} \\ \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{r_1 + r_3} + \frac{1}{r_2} \\ \frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{r_3 + r_2} + \frac{1}{r_1} \end{cases}$$

Звідси випливає

$$\begin{cases} R_{13} = \frac{r_3(r_1 + r_2)}{r_1 + r_2 + r_3} \\ R_{23} = \frac{r_2(r_1 + r_3)}{r_1 + r_2 + r_3} \\ R_{12} = \frac{r_1(r_3 + r_2)}{r_1 + r_2 + r_3} \end{cases} \quad (2)$$

Оскільки $R_{13} = R_{23}$, тоді $r_1 r_2 + r_3 r_2 = r_1 r_3 + r_2 r_3$, звідси $r_2 = r_3$.

У системі (2) замінимо r_2 на r_3 , тоді одержимо

$$\begin{cases} R_{13} = \frac{r_3 r_1 + r_3^2}{r_1 + 2r_3} \\ R_{23} = \frac{r_3 r_1 + r_3^2}{r_1 + 2r_3} \\ R_{12} = \frac{2r_1 r_3}{r_1 + 2r_3} \end{cases} \quad (3)$$

Знайдемо відношення

$$\frac{R_{12}}{R_{23}} = \frac{2r_1 r_3}{r_3 r_1 + r_3^2} = \frac{1}{0,75} = \frac{4}{3} = \frac{2r_1}{r_1 + r_3}$$

Звідси отримаємо:

$$4r_1 + 4r_3 = 6r_1 \Rightarrow r_1 = 2r_3.$$

Підставимо у перше рівняння системи (3):

$$R_{12} = \frac{2r_1 r_3}{2r_3 + r_1} = \frac{4r_3^2}{4r_3}$$

Звідси $r_3 = R_{12}$.

Отже, $r_1 = 2 \text{ Ом}$, $r_2 = 1 \text{ Ом}$, $r_3 = 1 \text{ Ом}$.

Задача 5.

(1) Щоб око не могло розпізнати сусідні світні отвори їхня лінійна швидкість має бути більша від

$$v = \frac{S}{t},$$

де $t = 1/16 \text{ с}$ – час реакції ока.

Кутова і лінійна швидкості обертального руху пов'язані між собою:

$$v = \omega R = 2\pi\nu R = \frac{S}{t}.$$

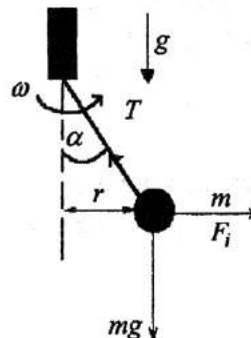
Звідси:

$$R = \frac{v}{2\pi\nu} = \frac{S}{2\pi\nu t} = \frac{1 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{30}{60} \text{ с}^{-1} \cdot \frac{1}{16} \text{ с}} = 5,1 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

10-й клас

Задача 1.

Розглянемо вантаж у неінерціальній системі відліку, що обертається, з кутовою швидкістю ω .



У цій системі відліку цей вантаж буде нерухомим. Із умови рівноваги вантажу запишімо:

$$\begin{aligned} T \cos(\alpha) &= mg \\ T \sin(\alpha) &= F_i \end{aligned} \quad (1)$$

Тоді

$$\frac{mg}{\cos \alpha} = \frac{F_i}{\sin \alpha} \quad (2)$$

Оскільки $F_i = am = m\omega^2 r$, $r = l \sin \alpha$, то

$$F_i = m\omega^2 l \sin \alpha.$$

Підставмо значення F_i у (2)

$$\frac{mg}{\cos \alpha} = \frac{m\omega^2 l \sin \alpha}{\sin \alpha},$$

звідси

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{g}{\omega^2 l}, \\ \alpha &= \arccos \frac{g}{\omega^2 l}. \end{aligned}$$

Як бачимо, для $\omega < \sqrt{g/l}$ розв'язок не існує.

Отже, для таких ω стійким положенням рівноваги буде початкове положення $\alpha = 0$.

Задача 2.

Із рівноваги краплі, можемо записати

$$m_{\text{кр}} g = F_{\text{н}} = \sigma_T l,$$

де $l = \pi d$ – периметр піпетки, σ_T – коефіцієнт поверхневого натягу за температури T , $m_{\text{кр}}$ – маса крапельки води за температури T .

Знайдімо масу краплі:

$$m_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{заг}}}{N_T},$$

де $M_{\text{заг}}$ – маса води в піпетці, N_T – кількість крапельки води, які викапались із піпетки за температури T .

Отже, знайдемо σ_T .

$$\sigma_T = \frac{M_{\text{заг}} g}{\pi d N_T} = \frac{\text{const}}{N_T},$$

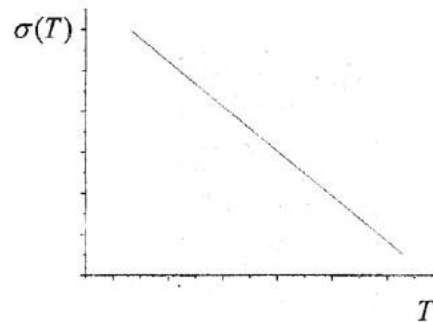
тобто

$$\begin{aligned} \sigma_{T_1} N_{T_1} &= \text{const} \\ \sigma_{T_2} N_{T_2} &= \text{const} \end{aligned}$$

і тоді $\sigma_{T_2} = \frac{\sigma_{T_1} N_{T_1}}{N_{T_2}}$.

Якщо вважати залежність коефіцієнта поверхневого натягу води від температури лінійною, то

$$\sigma(T) = \sigma_{T_1} + \frac{\sigma_{T_2} - \sigma_{T_1}}{T_2 - T_1} (T - T_1).$$



Графік цієї залежності зображено на рисунку.

Задача 3.

Якщо поршень перебуває в рівновазі посередині циліндра, то тиски у верхній і нижній частині циліндра пов'язані співвідношенням:

$$P_2 = P_1 + \frac{F}{S},$$

де $F = mg$ – сила тяжіння поршня, S – площа поршня.

Доки вся система стоїть на підставці нерухомо, для циліндра можна записати:

$$\vec{N} + M\vec{g} + P_2 S \vec{n} + P_1 S (-\vec{n}) = 0,$$

де \vec{n} – вектор зовнішньої нормалі дна. У момент, коли забрати підставку, N дорівнює нулеві, а інші параметри системи не встигли змінитись.

Тоді

$$M\vec{a} = M\vec{g} + P_2S\vec{n} + P_1S(-\vec{n}) = -\vec{N}.$$

Перейшовши до скалярів, запишемо

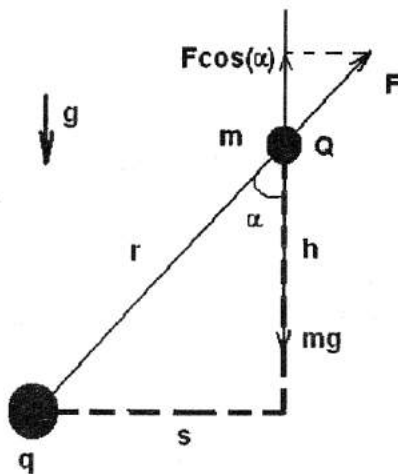
$$Ma = Mg + P_2S - P_1S,$$

і зробивши підстановку $N = Mg + mg$, отримаємо

$$Ma = Mg + mg$$

Отже,
$$a = g \frac{(M+m)}{M}.$$

Задача 4.



З міркувань симетрії випливає, що тіло слід розмістити над центром згаданого квадрату. Щоб знайти потрібний заряд, побудуємо рисунок у вертикальній площині.

Розглянемо один заряд і тіло. На тіло діятиме сила Кулона, що величиною дорівнює

$$F = \frac{kqQ}{r^2},$$

де r – віддаль від тіла до q , що дорівнює

$$r = \sqrt{h^2 + s^2}.$$

s як видно з малюнка і випливає з теореми Піфагора

$$s = \frac{\sqrt{a^2 + a^2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} a,$$

тому

$$F = \frac{kqQ}{h^2 + \frac{a^2}{2}}.$$

Оскільки нас цікавить вертикальна складова цієї сили, слід обчислити її проекцію на OY

$$F \cos \alpha = F \frac{h}{r} = F \frac{h}{\sqrt{h^2 + \frac{a^2}{2}}} = \frac{kqQh}{\sqrt{\left(h^2 + \frac{a^2}{2}\right)^3}}.$$

Розглянемо дію всіх чотирьох зарядів. Зрозуміло, що вертикальні проєкції сил, що діють з боку кожного заряду, будуть напрямлені в один бік, а, отже, додаватимуться. Тому

$$mg = 4F \cos(\alpha) = \frac{4kqQh}{\sqrt{\left(h^2 + \frac{a^2}{2}\right)^3}}.$$

Звідси

$$Q = \frac{mg \sqrt{\left(h^2 + \frac{a^2}{2}\right)^3}}{4kqh}.$$

Підставивши числові дані, одержимо:

$$Q = 1,42 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

Задача 5.

Як відомо, простір над рідиною завжди заповнений парами рідини, до того ж тиск парів залежить лише від температури.

Розглянемо процес підняття поршня. Частина молекул рідини перейде в пару.

Позначмо h_1 – висоту стовпа рідини, h_2 – висоту стовпа пари, що утворилась, S – площу дна циліндра, M – масу рідини у циліндрі.

Тоді

$$P_{\text{нп}}(T) = n_{\text{нп}} kT$$

$$m_{\text{нп}} = \frac{\mu_{\text{He}} n_{\text{нп}} V}{N_A} = \frac{\mu_{\text{He}} n_{\text{нп}} S (h_2 - h_1)}{N_A},$$

**11-й клас**

де $m_{\text{нп}}$ – маса насиченої пари. Оскільки процес відбувався повільно, у момент коли поршень досяг положення 2, насичена пара і рідина перебували при температурі T , тому

$$n_{\text{нп}} = \frac{P_{\text{нп}}(T)}{kT}.$$

Під час швидкого опускання поршень виконує роботу проти сили тиску пари, зменшує об'єм пари, і зумовлює її конденсацію. Отже,

$$Q_{\text{кін}} = Q_{\text{поч}} + A. \quad (1)$$

$$Q_{\text{поч.}} = c_{\text{He}}(M - m_{\text{нп}})T + \frac{i}{2} \nu_{\text{пари}} RT, \quad (2)$$

де $\nu_{\text{пари}}$ – кількість молів пари, що утворилась, $i=3$, оскільки молекули гелію одноатомні і мають три ступені вільності.

Підставивши у (2) масу пари і кількість молів пари, одержимо:

$$Q_{\text{поч.}} = c_{\text{He}}MT - c_{\text{He}}\mu_{\text{He}} \frac{P_{\text{нп}}}{R} S(h_2 - h_1) + \frac{3}{2} P_{\text{нп}} S(h_2 - h_1) \quad (3)$$

Після опускання поршня, вся внутрішня енергія пари і робота поршня над парою збільшують внутрішню енергію рідини:

$$Q_{\text{кін.}} = c_{\text{He}}MT_{\text{кін.}}$$

Роботу поршня проти сили тиску насиченої пари запишемо:

$$A = P_{\text{нп}} S(h_2 - h_1)$$

І тоді з (1), враховуючи (3), знаходимо кінцеву температуру:

$$T_{\text{кін.}} = T - \frac{\mu_{\text{He}} P_{\text{нп}} S(h_2 - h_1)}{RM} + \frac{5 P_{\text{нп}} S(h_2 - h_1)}{2 c_{\text{He}} M}.$$

Задача 1.

До початку процесу тиск газу всередині посудини становить P_0 , а його температура T_0 та об'єм V_0 , відповідно.

Після завершення процесу:

$$P = P_0 + \frac{mg}{S}, \quad T \text{ та } V = \frac{V_0}{n}.$$

За законом Менделєєва-Клапейрона, ці величини пов'язані так:

$$\nu RT_0 = P_0 V_0, \quad \nu RT = PV = \left(P_0 + \frac{mg}{S} \right) \frac{V_0}{n}.$$

Поділивши другу рівність на першу, одержимо

$$\frac{T}{T_0} = \frac{1}{n} \left(1 + \frac{mg}{P_0 S} \right).$$

Задача 2.

Час задано в секундах, тому частота власних коливань $\omega = 1000$ Гц. Частота власних коливань пов'язана з параметрами схеми так:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}.$$

Отже,

$$L = \frac{1}{\omega^2 C} = 0,1 \text{ Гн.}$$

Задача 3.

Ємність конденсатора без пластини буде:

$$C = \epsilon_0 \frac{a^2}{d}.$$

Початкова енергія конденсатора та пластини становить:

$$E_0 = \frac{C_0 U^2}{2} + \frac{mv^2}{2},$$

де v – шукана швидкість.

Кінцева енергія: $E_2 = \frac{CU^2}{2}$.

(пластина після вильоту має нульову швидкість). Після вильоту пластини заряд на конденсаторі зменшився від $q_0 = C_0U$ до $q = CU$. Щоб виконати цю роботу, треба витратити $A = (q_0 - q)U$ енергії.

Остаточо запишемо

$$\frac{C_0U^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = \frac{CU^2}{2} + (q_0 - q)U.$$

Звідси випливає

$$v = aU \sqrt{\frac{\epsilon_0(\epsilon - 1)}{md}}.$$

Задача 4.

З аналізу розмірностей зрозуміло, що мінімальна швидкість бактерії (метри за секунду, м/с), за якої вона досягне іншого кінця джгута, пропорційна до u (м/с) і не залежить від L_0 (м). Нехай вона дорівнює $v = au$. За час t зі швидкістю v вона відповзе від першого кінця на відстань $l > vt$ (їй повзти допомагає розтяг джгута). Зафіксуємо цю точку.

Оскільки джгут розтягують рівномірно, то швидкість розтягу шматка джгута від зафіксованої точки до другого кінця буде

$$\frac{L_0 + ut - l}{L_0 + ut} u.$$

Тепер, щоб бактерії долізти до другого кінця, їй потрібно мати швидкість

$$a \frac{L_0 + ut - l}{L_0 + ut} u \leq au = v.$$

Отже, бактерія долізе до іншого кінця за будь-якої швидкості, відмінної від нуля.

До цього ж висновку можна дійти, записавши відповідні диференціальні рівняння і безпосередньо розв'язавши їх.

Задача 5.

Можливі дві конфігурації зарядів: заряди розташовані у вершинах трикутника або всі заряди розташовані на одній прямій.

Розглянемо спочатку трикутну конфігурацію. Позначмо l_1, l_2, l_3 відстань між q_2 та q_3, q_1 та q_3, q_1 та q_2 , відповідно. При рівновазі всі сили зрівноважені. Тобто, сила взаємодії між сусідніми зарядами, що діє уздовж нитки, дорівнює силі натягу нитки T , яка стала по всій довжині нитки:

$$k \frac{q_1q_2}{l_3^2} = k \frac{q_1q_3}{l_2^2} = k \frac{q_2q_3}{l_1^2} = T.$$

Взявши квадратний корінь і використовуючи умову $l_1 + l_2 + l_3 = l$, легко отримуємо

$$l_1 = \frac{\sqrt{q_2q_3}}{Q} l, \quad l_2 = \frac{\sqrt{q_1q_3}}{Q} l, \quad l_3 = \frac{\sqrt{q_1q_2}}{Q} l$$

де $Q = \sqrt{q_1q_2} + \sqrt{q_1q_3} + \sqrt{q_2q_3}$.

У трикутнику сума двох сторін більша від третьої. Ця умова порушиться, якщо

$$\sqrt{q_1q_3} + \sqrt{q_2q_3} \leq \sqrt{q_1q_2}.$$

У цьому випадку заряди будуть розташовані на прямій: по краях заряди q_1 та q_2 (відстань між ними $l/2$), і заряд q_3 між ними, на відстані x від заряду q_1 . Нитка на заряд q_3 не діє, тому умова рівноваги для нього

$$k \frac{q_1q_3}{x^2} = k \frac{q_2q_3}{(l/2 - x)^2}.$$

З умови рівноваги першого заряду можна знайти силу натягу нитки буде:

$$2T = 4k \frac{q_1q_2}{l^2} + k \frac{q_1q_3}{x^2}.$$

Отже, сила натягу дорівнює

$$k \left(\frac{\sqrt{q_1q_2} + \sqrt{q_1q_3} + \sqrt{q_2q_3}}{l} \right)^2$$

при $\sqrt{q_1q_3} + \sqrt{q_2q_3} > \sqrt{q_1q_2}$ інакше:

$$\frac{2k}{l^2} \left(q_1q_2 + q_3 \left(\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2} \right)^2 \right).$$



СТІВЕН ГОКІНГ ПОБУВАВ У НЕВАГОМОСТІ

Знаменитий британський астрофізик Стівен Гокінг (Stephen Hawking), який понад 40 років прикований до інвалідного крісла через спадкове захворювання, здійснив свій перший політ у невагомості, пише Telegraph.

Змогу відчувати невагомість надала професорові американська компанія Зеро Гравіті (Zero Gravity). Для цього спеціально переобладнаний Боїнг-727, піднявшись на десятикілометрову висоту, стрімко летів донизу параболічною траєкторією. Упродовж 25 секунд, поки літак летів донизу, усі присутні на борту перебували у стані невагомості.

“Це було чудово, я б міг повторювати цей дослід ще й ще”, – зізнався Гокінг після польоту.

Ученого супроводжували дві медсестери і два лікарі. На борту Боїнга також знаходилося все потрібне медичне устаткування на той випадок, коли Гокінг раптом відчує себе зле. Особливі побоювання викликав той момент, коли літак, виходячи з піку, знаходився внизу параболи, де гравітація у двічі більша від звичайної.

Проте Гокінг успішно переніс політ. На висоті семи кілометрів його зняли з інвалідного крісла й поклали на підлогу в спеціально обладнаному відсіку, що оббитий м'якими панелями. Коли літак летів донизу, Гокінг опинився у невагомості. Поряд із ним літало яблуко, як натяк на Ньютона, кафедру якого він обіймає в Кембриджському університеті.

До науковця прикріпили датчики, що вимірювали кров'яний тиск, пульс і рівень насичення крові киснем. Оскільки м'язи Гокінга майже не працюють, його голову закріпили спеціальним каркасом. Він став першим інвалідом, що випробував стан невагомості.

Сам професор планує 2009 року здійснити перший космічний політ на низькій орбіті, на борту космоліта компанії Вірджін Галактик (Virgin Galactic). Він не раз заявляв, що так сподівається привернути увагу людей до потреби освоювати космос.

“Життя на Землі постійно знаходиться під загрозою зникнення. Несподіване глобальне потепління, ядерна війна, генетично створений вірус можуть його знищити, – заявив Гокінг, додавши, – що у людства немає майбутнього, якщо воно не освоюватиме космос”.

Сьогодні Стівен Гокінг – один із найвідоміших фізиків-теоретиків. Основним об'єктом його досліджень є чорні діри, описуючи які він зробив важливі відкриття в галузі космології і квантової гравітації. Він є автором багатьох наукових праць, зокрема написав науково-популярну книжку “Коротка історія часу” (A Brief History Time), яка стала бестселером і розійшлася накладом понад 10 мільйонів примірників.





ЯКА Ж НАСПРАВДІ ЗЕМЛЯ?

Безліч світлин, які зроблено з космосу, підтверджують, що Земля кругла. Зовнішні обриси, проте, можуть бути обманливі. Наша планета не є ідеальною кулею.

Це, звичайно ж, не означає, що Земля пласка. Ще до того, як Колумб вирушив у плавання океаном, Аристотель та інші старогрецькі учені припускали, що Земля кругла. Вони ґрунтувалися на деяких спостереженнях. Наприклад, кораблі, що віддаляються, не лише меншають із віддаленням, а й буквально “тонуть” за горизонтом. Такого можна очікувати, виходити з того, що корабель пливе по поверхні сфери, – зауважив географ Біл Карстенсен із Технологічного інституту у Вірджинії.

Ісаак Ньютон перший припустив, що Земля не ідеально кругла. Він вважав, що вона має форму сплюсненого сфероїда – сфери, сплюсненої біля полюсів. Учений був правий. Через таку деформацію по екватору відстань від центра Землі до рівня моря майже на 21 км більша, ніж біля полюсів.

Геолог Вік Бейкер із Університету штату Аризона пояснює, що Земля не подібна на сталеву кулю, що обертається. Навпаки, вона має “деяку пластичність, яка робить можливою незначні деформації”. Проте форму нашої планети не можна навіть назвати досконалим сфероїдом, оскільки маса планети розподілена нерівномірно. Що більше маси сконцентровано в якому-небудь місці, то там більша сила тяжіння.

Форма Землі також змінюється з часом завдяки дії різних динамічних чинників. Маса зсувається по колу усередині планети, викликаючи гравітаційні аномалії. Через зсув тектонічних плит з’являються і зникають гори і долини. Метеорити, що потрапили на Землю, залишають на її поверхні кратери. Гравітаційне тяжіння Місяця і Сонця викликають не лише океанські приливи, а й підняття суші.

До того ж, зміна маси океану та атмосфери може викликати деформації земної кори, вважає геофізик Річард Гросс. “Відбуваються також післяльодовикові переміщення. Під час останнього льодовикового періоду земна кора і земний покрив були zdeформовані величезною товщею льоду. Зараз відбувається зворотна дія, все підіймається догори майже на сантиметр за рік”.

Навіть якщо якийсь чарівник рівномірно розподілить масу Землі й стабілізує її обертання, “вся поверхня Землі обертатиметься і намагатиметься перерозподілити масу уздовж екватора”. Цей процес називають блуканням істинного полюса. Щоб відстежувати зміни форми Землі, вчені розташували на її поверхні тисячі приймальних станцій системи глобальної системи позиціонування GPS (Global





ВНЕСОК НІМЕЦЬКИХ УЧЕНИХ У РОЗВИТОК РАКЕТНОЇ ТЕХНІКИ

2007 року людство відзначило 50-річчя від запуску першого штучного супутника Землі*. Піонери космонавтики, які мріяли про міжпланетні подорожі, створення космічних кораблів і орбітальних станцій, що вийдуть за межі Сонячної системи, починали з вивчення польоту ракети. Перші практичні успіхи на цьому шляху досягли на початку 1940-х років німецькі вчені та інженери. Підґрунтям успішної реалізації радянської та американської ракетних програм стали напрацювання німецьких учених напередодні та під час Другої світової війни. Кожна з цих країн сповна скористалась цим надбанням. Однак ця сторінка в історії науки і техніки маловідома для широкого загалу.

Пропонуємо нашим Читачам продовження уривка з книжки члена-кореспондента Російської академії наук, дійсного члена Міжнародної академії астронавтики Бориса Чертока "Ракети і люди". Автор упродовж понад 50-ти років працював у галузі авіації та космонавтики, 20 років працював разом із С. Корольовим, багато років був його заступником.

*(Продовження, початок читайте
в журналі "Світ фізики". 2007. № 4)*

У перші дні після доставки ракетних трофеїв з Польщі до Москви в НДІ-1 їх по чийсь "мудрій" команді засекретили від радянських ракетних фахівців, ймовірно, так само строго, як засекречували в Німеччині від англійських шпигунів. Іноді неможливо було зрозуміти логіку радянських секретних служб.

Усі деталі були розміщені у великій актовій залі інституту, куди доступ одержали лише начальник інституту генерал Федоров, його заступник з наукової частини, генерал Болховітінов і заступник з режиму. Навіть Победоносцева і Тихонравова, які все це бачили в Польщі, вантажили в літак і привезли з собою, спочатку не пускали.

Але поступово здоровий глузд почав брати гору. А. Ісаєва, потім мене, Н. Пілюгіна, В. Мишина і ще декількох фахівців було допущено до огляду секретної німецької зброї.

Увійшовши до зали, я відразу побачив брудно-чорну горловину, з якої стирчали ноги Ісаєва. Він заліз з головою крізь сопло в камеру згоряння і за допомогою ліхтарика розглядав деталі. Поряд сидів засмучений Болховітінов.

Я запитав:

– Що це, Вікторе Федоровичу?

– Це те, чого не може бути! – відповів він.

Рідинно-реактивний двигун таких розмірів у ті часи ми собі просто не уявляли.

За розповідями Тихонравова, що витягнув цей двигун з польського болота, його місцезнаходження теж було вказано на карті англійської розвідки. Англієць, який привів їх до цього болота, сказав, що координати місця передав резидент, який, отримав їх від польських партизанів. Недалеко знайшли розірвані алюмінієві баки, шматки зовнішньої сталеві оболонки і білі клаптики колючої скловати. Не все вдалося витягнути з болота. Вибухом компонентів палива деталі ракети розкидало по околицях.

Англійці дуже цікавилися уцілілими залишками радіоапаратури і приладів системи керування. Вони набрали декілька великих скринь всляких деталей, щоб терміново відвезти їх до Англії через Москву. Коли англійські контейнери прибули до Москви, нам запропонували вночі оглянути їхній вміст.

Група, до складу якої ввійшли Ісаєв, Мішин, Пілюгін, Воскресенський і я, й яку очолив Болховітінов, одержала завдання реконструювати за знайденими уламками загальний вигляд ракети, принцип керування та основні характеристики. За рік, працюючи вже в Німеччині, я переконався, що здебільшого ми правильно реконструювали ракету і це дуже полегшило нашу подальшу роботу.



На початку 1945 року з Польщі надійшли відомості про якісь нові цікаві деталі, знайдені в районі все того ж випробувального полігону. Цього разу генерал Федоров вирішив сам очолити пошукову експедицію. У ці перші місяці 1945 року ми склали для себе перше наближене уявлення про ракету А-4, але ще не уявляли справжніх масштабів виробництва і результатів бойового застосування цієї “зброї помсти”.

Фахівці військово-повітряних сил, які працювали з нами в НДІ-1, особливо зацікавились надійністю ракети – безпілотною, повністю автоматично керованою літальним апаратом. Але відповідь на ці запитання ми одержали тільки в Німеччині.

У грудні 1944 року Каммлер проаналізував надійність ракет А-4. У військовій частині за період, який він розглядав, було доставлено 625 ракет. З них 87, або 12,3%, було відразу повернено на завод через дефекти в системі керування. З тих, що залишилися 538 було запущено 495, 44 запуски зареєстровано як невдалі. Відмови системи керування – 41%, двигуна – 13%, пожеж – 13%, вибухів на старті – 2,9%.

Отже, із 625 ракет явно непридатними до запуску була 131 ракета. Німці не мали в своєму розпорядженні відомостей про аварії та руйнування ракет на низхідній атмосферній ділянці. За нашим подальшим досвідом запусків ракет А-4 у Капустиному Яру 1947 року аварії на цій останній ділянці траєкторії мали становити не менше 15–20%. Отже, треба вважати, що до цілі дійшло не більше 400 ракет, тобто менше 63%, які випустив завод “Миттельверк”.

Попри таку низьку надійність і безумовно низьку ефективність Фау-зброї, ніхто з керівників вермахту і райху не наважувався доповісти Гітлерові про потребу збільшити витрати на авіацію і сухопутні озброєння, коштом скорочення зусиль із створення ракетної зброї. Навпаки, роботи в Пенемюнде із вдосконалення А-4 і нових, захоплюючих уяву проєктів розгорталися з новою силою, незважаючи на неминучу поразку.

За свідченнями німецького міністра озброєнь і боєприпасів Шпеєра, на Міжнародному військовому трибуналі в Нюрнберзі, у виробничо-технічних та економічних відносинах війну було прогнано ще на початку літа 1944 року. Загальне

виробництво було вже недостатнім, щоб задовольнити всі потреби, пов’язані з війною.

Німці не можуть без болю згадувати про те, до яких дивовижних досягнень прийшли їхні дослідники, інженери і фахівці під час війни і як ці досягнення виявилися марними, тим паче, що їх супротивники не могли протиставити цим новим видам зброї нічого, що могло якоюсь мірою порівнятися з ними”.

Не варто співчувати німецьким ученим та інженерам з приводу того, що вони не встигли, та їхні “досягнення виявилися марними”. Хотіли вони того чи ні – вони пришвидшили поразку Німеччини, відволікаючи на перспективні розробки величезні ресурси вкрай виснаженого загальнонімецького військово-економічного виробничого потенціалу. Були в них ще й інші цікавіші проєкти.

У свої перші відвідини Пенемюнде в травні 1945 року Олексій Ісаєв з групою співпрацівників нашого НДІ-1 перетрушуючи всяке сміття, намагались знайти хоч які-небудь залишки ракетної документації.

Усі пошуки були марні. Несподівано один із співпрацівників, що відлучився до якоїсь купи дров, як розказував Ісаєв, знайшов тоненьку книжечку-звіт. По діагоналі злегка підмоченої обкладинки йшла червона смуга і страшний напис “Streng Geheim” – “Суворо таємно”. Організована тут же колективна експертиза встановила, що цей документ є проєктом ракетного літака-бомбувальника.

Ісаєв розповів мені про цю рідкісну знахідку в Берліні, повернувшись з Пенемюнде. Він як інженер захоплювався новими нестандартними ідеями незалежно від того, хто їх пропонував. Напівпошепки, щоб не підслухали, він оповідав: “Кулю в лоб! Що там придумано! Це літак! Але не наш жалюгідний Бі, у якого пляшка якихось півтори тони, а там всі 100 тон суцільного вогню! Цей літак закидає цей чортівний двигун на страшенну висоту – кілометрів 300 або 400! Далі опускається на надзвучі донизу, але не вривається в атмосферу, а вдаряється об неї, як плаский камінчик, який ми кидаємо під мінімальним кутом до поверхні води. Ударяється, підскакує і летить далі! І так двічі або тричі! Рикошетом! ...”

Знайдений і тут же вдруге колективно засекречений звіт при свідках засунув під сорочку найна-



дійніший ісаївський співпрацівник. Не доповідаючи генералові Соколову, його посадили в “Бостон” і відразу ж відвезли до Москви.

У звіті йшлося про дальності, потрібні для бомбування Нью-Йорка. З сучасних позицій схема апарата, який описано у звіті, що знайдено в купі дров у Пенемюнде в травні 1945 року, передбачила конструкцію американського “Спейс шатла” і нашої системи “Енергія-Буран”. Унікальну знахідку було передано особисто генералові Болховітіну. Він разом із інженером Голлендером, який добре володів німецькою мовою, почав працювати над сенсаційним за нашими тодішніми уявленнями змістом.

Цей звіт було опубліковано в Німеччині 1944 року. Авторами виявилися добре відомий ще до війни австрійський дослідник у галузі ракетних двигунів Е. Зенгер і невідомий нам І. Бредт.

Ейген Зенгер був відомий за своєю книжкою “Техніка ракетного польоту”, яку він опублікував 1933 року. Її було перекладено і видано в Радянському Союзі. Ще двадцятип’ятирічний інженер Зенгер захопився ракетною технікою. Він був одним з перших серйозних дослідників газодинамічних і термодинамічних процесів у ракетних двигунах.

Можна собі уявити відчуття Болховітінова та інших фахівців НДІ-1, коли вони перегортали цілком таємний звіт, віддрукований в 100 екземплярах і, судячи із списку, направлений керівникам головного командування вермахту, міністерству авіації, всім інститутам і організаціям, що працювали на військову авіацію, і всім німецьким фахівцям-керівникам, що мали стосунок до ракетної техніки, серед них у відділ озброєння армії генералові Дорнбергеру, що був також начальником центру Пенемюнде.

У звіті “Дальний бомбувальник з ракетним двигуном” докладно проаналізовано технічні можливості створення пілотованої крилатої ракети великого тонуажу. Автори переконливо показали і розрахували, побудували номограми і графіки, з яких виходило, що з пропонованим рідинним ракетним двигуном тягою 100 т можливий політ на висотах 50–300 км із швидкостями 20000–30000 км/год і дальністю польоту 20000–40000 км. Були докладно досліджені фізико-хімічні процеси згоряння палива за високих тисків і температур,

енергетичні властивості палив, включаючи емульсії легких металів у вуглеводнях; запропонована схема замкнутої прямої паросилової установки як система, що охолоджує камеру згоряння і що урухомлює турбонасосний агрегат.

Новими для наших аеродинаміків виявилися проблеми аеродинаміки літака, що розвиває швидкість, в 10–20 разів більшу від швидкості звуку. Далі було описано системи стартових пристроїв, динаміки зльоту і посадки. Особливо ретельно, мабуть, щоб зацікавити військових, були розроблені питання щодо бомбування з урахуванням величезної швидкості бомби, яку скидали з такого літака до підходу до цілі.

Цікаво, що вже тоді, на початку 1940-х років, Зенгер показав, що для космічного літака старт без допоміжних засобів неприйнятний. Їм пропонували старт за допомогою катапульти з горизонтальної доріжки з доведенням швидкості літака до величини, більшої від швидкості звуку.

Коментуючи розрахунок і наочні графіки польоту, Зенгер і Бредт писали: “Політ здійснюється за допомогою могутнього ракетного пристрою, зв’язаного із землею і який має працювати майже 11 секунд. Розігнавшись до швидкості 500 м/с, літак відірветься від землі і на повній потужності двигуна набирає висоту від 50 до 150 км по траєкторії, яка спочатку нахилена до горизонту під кутом 30°, а тоді стає щораз пологішою... Тривалість підйому становить від 4 до 8 хвилин. Упродовж цього часу, переважно, витрачається весь запас пального... Наприкінці висхідної ділянки траєкторії ракетний двигун зупиняється, і літак продовжує свій політ завдяки накопиченій кінетичній і потенційній енергії шляхом своєрідного планування по хвилеподібній траєкторії із згасаючою амплітудою... У наперед розрахований момент бомби скидають з літака. Літак, описуючи велику дугу, повертається на свій аеродром або на інший посадковий майданчик, бомби, що летять у початковому напрямку, падають на ціль... Така тактика робить напад абсолютно незалежним від часу доби і погоди над ціллю і позбавляє ворога всякої змоги протидіяти нападкові... Завдання, які ставили перед собою винахідники, досі взагалі ніхто й ніде не розв’язував, полягає в обстрілі та бомбуванні цілей, віддалених на відстань від 1000 до 20 000 км... З’єднання із ста ракетних бомбу-



вальників... здатне упродовж декількох днів піддати повному руйнуванню площі, що доходять до розмірів світових столиць з передмістями, що розташовані в будь-якому місці поверхні Землі”.

Загальна злітна маса бомбувальника становила 100 т, з них 10 т – бомби, маса бомбувальника на момент посадки – 10 т. Завдяки зменшуванню дальності польоту маса бомбового навантаження могла бути збільшена до 30 т.

Подальші роботи з втілення в життя проекту ракетного бомбувальника пропонували розділити на 12 стадій, в яких основний час відводився стендовому випробуванню двигуна, стендовим випробуванням взаємодії двигуна і літака, випробуванням стартового пристрою і, нарешті, всім етапам льотних випробувань.

Працю Зенгера і Бредта 1945 року перекладено, а 1946 року під грифом “Огляд трофейної техніки” за редакцією В. Болховітінова надрукувало великим накладом Військове видавництво Міністерства Збройних Сил СРСР.

Перебуваючи в Німеччині, ми з Ісаєвим не знали, який ефект викликало вивчення цього звіту, що привезли до НДІ-1 в травні 1945 року. Можна було тільки уявити, що відчував генерал, якого у вищих авіаційних колах вважали фантастом, але який користувався пошаною за незвичайний для головного конструктора ентузіазм із появою таких сміливих пропозицій. Ми разом з інженерами НДІ-1 лише 1943 року отримали надійний рідинно-реактивний двигун з тягою 1,5 т. Ісаєв мріяв за рік-два довести двигун до тяги 2–3 т. Але 1944 року з Польщі привезли двигун Фау-2 з тягою майже 30 т. А тоді, 1945 року в звіті Зенгера розписано пропозицію про літак з тягою двигуна в 100 т!

Заступник Болховітінова професор МАІ Генріх Наумович Абрамович, який прилетів у червні до Берліна з Москви, уже був знайомий із працею Зенгера. Будучи дуже ерудованим теоретиком, він сказав, що така велика кількість газокінетичних, аеродинамічних і газоплазмових проблем вимагає глибокого наукового опрацювання, так що до конструкторів справа дійде, дай Бог, років за десять: “Ракету зробити легше, ніж такий літак”.

Ця пропозиція випередила час принаймні на 25 років. Перший космічний літак у вигляді “Спейс

шаттла” полетів уперше лише 1981 року. Але він стартував вертикально, як другий ступінь ракети. А справжнього повітряно-космічного апарата з горизонтальним стартом немає й досі.

У нинішній Німеччині проектують повітряно-космічну систему, яку назвали на честь піонера цієї ідеї “Зенгер”. У роботі над цією програмою беруть участь найбільші німецькі авіаційні фірми. Космічний літак проектують на базі перспективної, але реалізованої техніки, і його використовуватимуть для транспортування різних вантажів у космос, щоб знизити вартість, гарантувати безпеку, надійність та універсальність застосування. Від проекту 1940-х років він відрізняється принципово тим, що горизонтальний розгін здійснює не катапульта, а спеціальний літак, на спині якого закріплений власне космічний літак, здатний вивести на доколосезну орбіту висотою до 300 км ті ж 10 тон. Звичайно, Е. Зенгеріві в проекті 1944 року й не снилися ті матеріали, двигуни, методи навігації та керування, з якими працюють нині німецькі учені, що мають доступ до досягнень передових космічних технологій. Але план-графік створення сучасного проекту, що носить ім’я Зенгера, не міг бути сумісний з нашими уявленнями про терміни часів війни і перших післявоєнних літ.

Уже 1947 року, розмовляючи з Греттрупом, ми намагалися з’ясувати як ставились до цього проекту під час війни в Пенемюнде. Його відповідь була приблизно така: по-перше, робота над проектом Зенгера могла перешкодити програмі А-4 й іншим суто ракетним програмам Пенемюнде; по-друге, у Пенемюнде вважали, що такий проект потребуватиме не менше чотири-п’ять років напруженої праці до першого польоту; по-третє, це був літак – проектом зацікавилось “Люфтваффен”, а ракетна техніка була у віданні командування сухопутних військ. І тут позначилася відомча розмежованість!

Ось різні оцінки циклу створення такого літака: Пенемюнде – до п’яти років; Г. Н. Абрамович – до 10 років; сучасна Німеччина почала роботу над “Зенгером” 1986 року і перший демонстраційний політ заплановано на 1999 рік – разом 13 років! Це за понад 50 років після того, як група Ісаєва витягнула цілком таємний звіт з купи дров.

Е. Зенгер уже не побачить літака, названого



його іменем, але за життя він все ж таки одержав міжнародне визнання: 1950 року його обрали першим президентом Міжнародної академії астронавтики, а 1962 року Академія наук СРСР нагородила його медаллю Ю. Гагаріна.

У Пенемюнде насправді працювали над іншою крилатою ракетою великих розмірів.

У грудні 1944 року Червона Армія зі сходу, а союзники із заходу були готові увійти на територію Німеччини. Поразка фашистів неминуча. Проте уперті пенемюндівці 27 грудня здійснили старт крилатої моделі А9 під шифром А-4b. Запуск був невдалий. Тепер нам легко пояснити причини невдач. Вони були неминучі – знань і досвіду для реалізації такого проєкту ще не було. Над ним почали працювати з хоробрістю початківців. Час реалізації таких проєктів ще не настав, тим паче, що в Пенемюнде працювати над ним було вже пізно. Було варто тільки поглянути на карту військової обстановки. Дорнбергер 1944 року вирішив об'єднати в Пенемюнде розкидані по різних відомствах і фірмах розробки зенітних керованих ракет (ЗКР).

Розробка ЗКР "Вассерфаль" зайшла далі за інші. До цієї роботи було залучено велику кількість фахівців із систем керування, бо завдання "потрапити у літак" було набагато складніше від стрільби ракетами А-4 "по площі". Для відпрацювання системи керування "Вассерфалю" її апаратуру встановили на А-4 і здійснили експериментальний запуск у березні 1944 року.

Запуск проводили з острова Грейсфальтер-Ойе вертикально. Через відмову системи керування ракета повернула на північ і впала на півдні Швеції. Уламки ракети були доставлені до Англії і дали англійцям перші уявлення про ракету А-4. Тоді ніхто в Англії не знав, що цей запуск був відпрацюванням системи керування ракети ППО.

Німці за рік встигли здійснити майже 100 експериментальних запусків "Вассерфалю". Під час евакуації Пенемюнде документацію по "Вассерфалю" і "Шметтерлінку", за словами Греттгрупа, було повністю знищено. У Німеччині ми переконалися, що англійців якнайбільше цікавив "Вассерфаль".

Роботи над А-9 – крилатим варіантом ракети дальньої дії тривали, попри катастрофічне поло-

ження на східному і західному фронтах. 27 січня 1945 року нарешті відбувся успішний старт А-4b. Це був перший запуск експериментальної ракети дальньої дії з крилами.

У грудні 1944 року Гітлер нагородив рицарськими хрестами – вищим нацистським орденом – п'ятьох учених Пенемюнде, зокрема фон Брауна за виняткові заслуги в конструюванні, виготовленні та застосуванні ракет Фау-2.

14 лютого 1945 року з Пенемюнде стартувала остання ракета А-4.

Східний фронт гітлерівського району розвалювався. Після нагородження керівники Пенемюнде не одержували ніяких наказів і самостійно готувалися до евакуації. Усе устаткування і документацію було упаковано в скрині, на яких значився індекс "EW". У супровідних документах було написано, що це майно *Elektrotechnische Werke* (електротехнічного заводу).

Автомобільні колони і залізничні ешелони з фахівцями, архівами і устаткуванням, які очолювали Дорнбергер і фон Браун, покинули острів Узедом 17 лютого 1945 року. Евакуацію проводили в район Нордгаузена, Бляйхероде, Зангергаузена, Леестена, Вітценхаузена, Ворбіса і Бад-сакса. Основні архіви з результатами тринадцятирічних досліджень і робіт були заховані в штольнях "Міттельверк" і калієвих копальнях. Основна група керівників Пенемюнде попрямувала в Баварські Альпи.

10 березня війська 2-го Білоруського фронту ввійшли в район Пенемюнде. 2 травня 1945 року керівники Пенемюнде здалися американцям.

Сонячного дня 2 травня 1945 року, коли я з товаришами захоплено розписувався на стінах райхстагу, американці захопили найцінніші трофеї: понад 400 основних науково-технічних співпрацівників Пенемюнде, документацію і звіти із розробок, понад 100 готових до вивезення на фронт ракет, що зберігалися на "Міттельверк" і на під'їзних дорогах, бойові стартові позиції разом з військовим персоналом, добре підготовленим до експлуатації ракет!

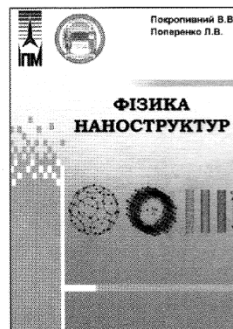
Почався наступний етап історії ракетної техніки, який можна назвати радянсько-американським. Німецькі фахівці взяли участь у роботах цього етапу і в СРСР, і в США.

Покропивний В. В., Поперенко Л. В. Фізика наноструктур. – Київ: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2008. – 220 с.

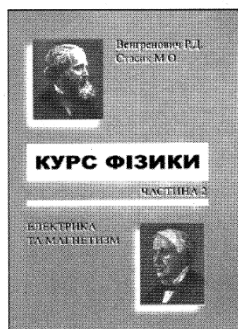
Окреслено предмет вивчення і класифікацію наноструктур, визначено основні напрями нових досліджень у цій галузі. Викладено основні механізми фізико-хімічних процесів, що зумовлюють формування наноструктур та інші властивості. Зосереджено увагу на тому, що характерні особливості поведінки наноструктур визначаються розмірними ефектами, що виникають у нульвимірних квантових точках, одновимірних дротах і циліндрах, а також у двовимірних шарах. Розглянуто приклади застосування наноструктур, зокрема принципи створення мікролазерів на наноструктурах, фотонні кристали, “ліві” матеріали з від’ємним показником заломлення, зондові мікроскопи тощо.

Видання створено на основі лекцій, які читали автори упродовж останніх шести років студентам п’ятих курсів кафедри оптики фізичного факультету.

Для студентів, аспірантів і фіхівців у галузі нанофізики, наноселектроніки і нанотехнологій.



Венгранович Р. Д., Стасик М. О. Курс фізики. Частина 2. Електрика та магнетизм. Навчальний посібник. – Чернівці: Видавничий дім “Букрек”, 2008. – 456 с.



У посібнику “Електрика та магнетизм” викладено експериментальне обґрунтування теорії електромагнетизму і формулювання його основних законів. Підсумком курсу є рівняння Максвела, як результат узагальнення експериментальних закономірностей та їхнього математичного опису.

Посібник – це друга частина курсу загальної фізики для вищих навчальних закладів. Перша частина “Курс фізики”, “Механіка” і “Молекулярна фізика та термодинаміка” вийшла з друку 2007 року.

Для студентів, інженерно-технічних та інших спеціальностей вищих навчальних закладів.



ШАНОВНІ ЧИТАЧІ!

Не забудьте передплатити науково-популярний журнал “Світ фізики”, попередні числа цього видання Ви можете замовити в редакції журналу за адресою:
вул. Саксаганського, 1,
м. Львів, 79005, а/с 6700;
phworld@franko.lviv.ua



Ф. Кричевський (1879–1947)
Тарас Шевченко.
Полотно, олія. 1928–1929 рр.

Видатний живописець і педагог Федір Григорович Кричевський відігравав помітну роль у мистецькому житті України на початку ХХ сторіччя. Народився художник 10 травня 1879 року в місті Лебедині Сумської області у родині земського фельдшера Григорія Якимовича Кричевського. У селі Ворожбі одержав початкову освіту. Змалку захопився малюванням та ліпленням, любив робити глиняні фігурки людей, тварин, птахів, навчившись цьому у гончарів славетного центру гончарства в селі Межиріччі. Талановитим хлопцем зацікавився граф В. Капніст, нащадок відомого поета кінця ХVІІІ століття Василя Капніста. У його маєтку в селі Михайлівці Кричевський ознайомився з галереєю козацьких портретів, колекцією живопису й графіки західноєвропейських, російських та українських художників, багатою історичною бібліотекою. Згодом вступив до Московського училища живопису, скульптури та архітектури, яке успішно закінчив 1901 року. Кричевський навчався у відомих живописців К. Савицького, А. Архипова, Л. Пастернака, В. Сєрова. Того ж року обдарованого юнака посилають у Лондон замалювати урочистості з нагоди коронації Едуарда VII. Кричевський вступив 1903 року до Петербурзької Академії мистецтв у майстерню І. Рєпіна та Д. Кардовського. За кілька місяців залишив навчання через хворобу й повернувся на батьківщину. 1907 року відновив навчання в академії у майстерні баталіста Ф. Рубо. Водночас з живописом опановує графічні техніки у майстерні В. Мате. 1910 року створив конкурсну картину «Наречена», успіх якої дав йому право на закордонне відрядження до Німеччини, Франції, Італії, Австрії. За рік Кричевський повернувся в Україну, став викладачем Київського художнього училища, а з 1914 року — його директором. Кричевський 1917 року брав участь у створенні Української Академії мистецтв, згодом викладав у Київському художньому інституті, в якому тривалий час очолював живописний факультет. Він 1927 року написав славетний триптих «Життя». У 30-х роках створив картини «Довбуш», «Переможці Врангеля», «Веселі доярки», цикл творів за мотивами поезій Т. Шевченка (1937–1940). На початку 1930-х років Кричевський переїхав до Харківського художнього інституту, згодом обійняв посаду заступника директора Київського художнього інституту і декана живописного факультету, брав участь у створенні Співки художників України. В останні два роки життя працював над полотном «Квітуха Україна». Помер художник 30 липня 1947 року в Ірпіні поблизу Києва.