

С В І Т

ФІЗИКИ

науково-популярний журнал

№3
2008

*фізико-математична освіта
визначає не лише якість життя людей,
а й, насамперед, рівень
національної безпеки країни*

Іван Вакарчук

*Найбільший фізичний
експеримент людства*

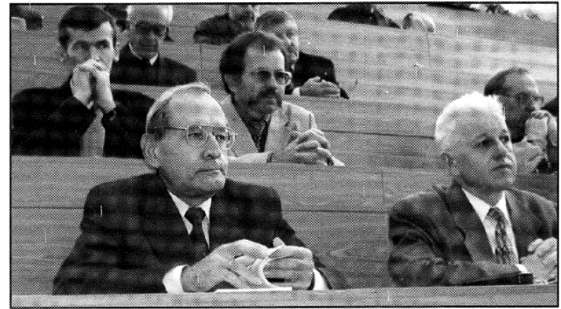




До 70-річчя від дня народження ІГОРЯ ВАСИЛЬОВИЧА СТАСЮКА

23 вересня 2008 року виповнилось 70 років відомому українському вченому, фізиківі-теоретикові Ігорю Васильовичу Стасюку – членові-кореспондентові Національної академії наук України, докторові фізико-математичних наук, професорові.

Його праці відкрили нові напрями в дослідженні багаторівневих систем і систем з сильними короткодіючими кореляціями частинок, у теорії сегнетоелектричних кристалів і систем з водневими зв'язками, в теорії індукованих зовнішніми полями оптичних і деформаційних ефектів у кристалах, у дослідженні структурних фазових переходів у різноманітних класах кристалів.



*З нагоди 70-річчя від дня народження
колектив журналу "Світ фізики" вітає
ІГОРЯ ВАСИЛЬОВИЧА СТАСЮКА,
бажає йому міцного здоров'я, наукових успіхів,
радості від життя і творчості.*

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

Засновники:

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

Головний редактор

Іван Вакарчук

заступники гол. редактора:

Олександр Гальчинський

Галина Шопя

Редакційна колегія:

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

"Дорогі студенти!

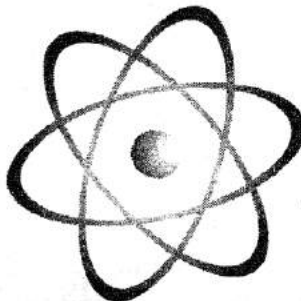
Щиро вітаю вас із Днем студента!

Від вас, шановні колеги, вашої
наполегливості та відповідальності
вже сьогодні залежить доля країни.
Ваші знання, ініціативність
та патріотизм вкрай потрібні
для творення майбутнього України.

Висловлюю подяку вам, студентам,
за прагнення здобувати нові знання,
за активність та європейськість,
які стимулюють нас, старших колег,
до самовідданої праці.

Вірю, що спільними зусиллями ми
творитимемо поступ української освіти.
Бажаю плідної творчої роботи,
інноваційних ідей, великого натхнення
в творенні науки!"

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

Дувіряк Аскольд. Чорні діри у простих формулах

Локтєв Вадим. Наноекспрес набирає хід.

Встигнути б на нього...

3

11

2. Актуальні проблеми...

Вакарчук Іван. Сучасна фізико-математична освіта і наука: тенденції та перспективи

16

3. Фізика України

Шопа Галина. Надзвичайно інтелігентний фізик

29

4. Олімпіади, турніри...

Розв'язки задач XLV Всеукраїнської олімпіади з фізики (Вінниця, 2008; 11 клас)

Випускний екзамен з фізики у США

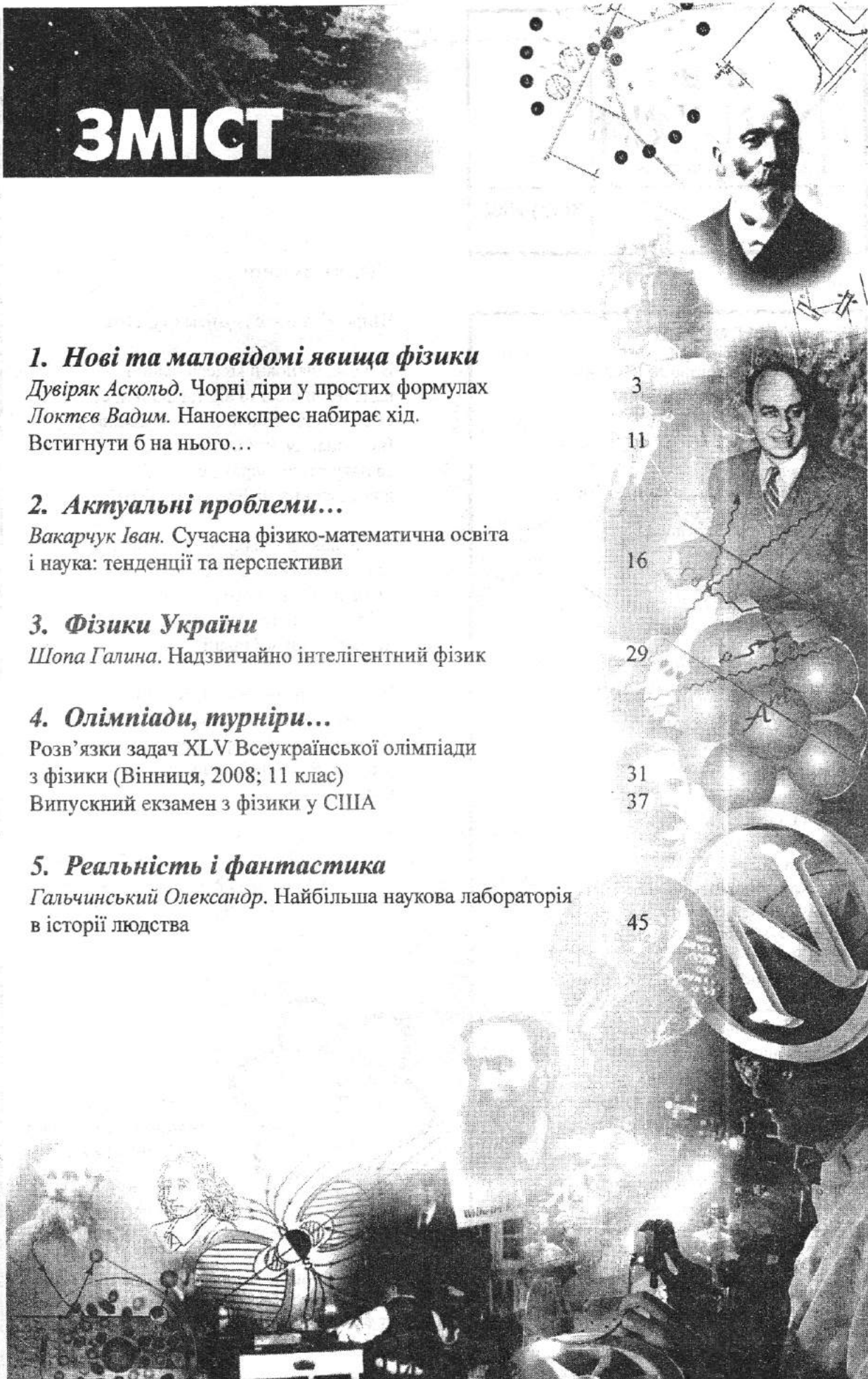
31

37

5. Реальність і фантастика

Гальчинський Олександр. Найбільша наукова лабораторія в історії людства

45





ЧОРНІ ДІРИ У ПРОСТИХ ФОРМУЛАХ

Аскольд Дувіряк,

старший науковий співробітник Інституту фізики конденсованих систем
Національної академії наук України

Чорні діри – дивовижне явище, відкрите на кінчику пера, яке довгий час розглядалося як артефакт теорії відносності, як вияв її неповноти. Згодом стало очевидним, що питання і парадокси, які постають під час вивчення чорних дір, мають фундаментальний характер, а відповідь на них слід шукати в побудові єдиної теорії простору та матерії. Майже очевидно також стала невідворотність існування чорних дір у глибинах Всесвіту, попри всі їх незвичайні, навіть незбагненні властивості. І астрофізики взялися до пошуків. Тут не було сенсацій (таких, як пульсари), однак тривале – упродовж кількох десятиріч – накопичення даних астрофізичних спостережень та їхнє осмислення нарешті дало надію на багатий урожай – сотні кандидатів у чорні діри в нашій галактиці та далеко поза її межами. У недалекому майбутньому очікується підтвердження цих сподівань.

Та астрофізика – наука поважна, ніколи не квапиться з остаточною відповіддю. А нетерпеливці від науки хочуть мати справу з реальними фактами вже тут, на Землі, а не з гіпотетичними об'єктами десь у Всесвіті. І от фізики-теоретики знайшли змогу утворення чорних дір у земних умовах, а експериментатори вже готуються проводити досліди. Про таку можливість йтиметься у запропонованій статті – невеликому додатку до широкого вибору науково-популярної літератури на тему чорних дір [1], останнім часом збагаченому можливостями інтернету [2]. Тут, користуючись кількома простими формулами, спробуємо прослідкувати – як змінилися уявлення про чорні діри із розвитком фізики: від часів Лапласа до тепер.

Ньютонівська механіка

Історія чорних дір сягає у XVIII ст., коли 1784 року геолог з Кембріджу Джон Мічел, а трохи згодом (1796) і визначний французький мислитель П'єр Симон Лаплас постали перед питанням, яке сучасною мовою звучить так: чи можуть існувати небесні тіла, для яких 2-га космічна швидкість сягає або перевищує швидкість світла. Друга космічна швидкість v пробної частки у полі тяжіння кулястої маси M пов'язана із радіусом r цієї маси рівністю:

$$\frac{v^2}{2} - \frac{GM}{r} = 0, \quad (1)$$

що випливає із закону збереження повної (кінетичної плюс потенціальної) енергії; тут і далі маса пробної частки вважається малою порівняно з M .

Якщо припустити, що $v \geq c \approx 300000$ км/год, то для радіуса тіла маємо $r \leq r_g$, де

$$r_g = 2GM/c^2. \quad (2)$$

Ні одна корпускула світла (за уявленнями XVIII ст., а по-сучасному – фотон) не в змозі покинути поверхню такого тіла і досягнути далекого спостерігача, для якого, отже, тіло видається цілковито чорним. Дивовижно, що висновок про існування таких тіл – прообразів чорних дір – виведено з простої формули ньютонівської механіки (1), і, що незбагненніше, знайдений тут вираз (2) для так званого *гравітаційного радіуса* тіла r_g точно збігається з вислідами теорії віднос-



ності, що отримав значно пізніше (1916) німецький астрофізик Карл Шварцшильд.

Отже, для першого знайомства із поняттям про чорні діри можна скомпонувати подані вище формули у кілька простих задач та цікавих питань.

Наприклад, який гравітаційний радіус Сонця? ($r_g = 3$ км); Землі? ($r_g = 1$ см). Або:

Задача 1. Визначіть радіус r кулястого тіла, якщо $r = r_g$, а густина тіла:

- 1) $\rho = 1,41$ г/см³ (середня густина Сонця);
 - 2) $\rho = 2 \cdot 10^{14}$ г/см³ (густина атомних ядер).
- Яка маса цього тіла?

Відповідь.

1). $r_g = 338$ млн км = 2,26 а. о. $M = 2,27 \cdot 10^{38}$ кг = 114 млн M_\odot (мас Сонця). Хоча така маса є велетенська, але гіпотетично можуть скластися обставини, що ведуть до одночасного зіткнення сотні млн сонць в ділянці з розмірами порядку орбіти Марса.

2). $r_g = 28$ км. $M = 1,9 \cdot 10^{31}$ кг = 9,6 M_\odot .

Хоча таких гігантських ядер не існує, але деякі масивні зорі в кінці своєї еволюції можуть перетворитися на нейтронні зорі (пульсари) з густиною, близькою до ядерної.

Так що ньютонівська механіка в принципі не заперечує існування чорних дір.

Спеціальна теорія відносності

Далі слід звернутися до релятивістичних теорій Айнштайна. Спеціальна теорія відносності (СТВ) об'єднує час і простір у єдиний 4-вимірний часопростір, а кінематику і динаміку перекладає на мову геометрії у ньому. Точками часопростору є елементарні події, а поняттям, що узагальнює відстань Δl між двома точками, є інтервал між подіями:

$$\Delta s^2 = c^2 \Delta t^2 - \Delta l^2.$$

За СТВ $\Delta s^2 \geq 0$, якщо між подіями існує причинно-наслідковий зв'язок – це т. зв. *принцип причинності*.

Звідси випливає, що рух тіл, який є причинно-наслідковим ланцюжком подій, відбувається з обмеженою швидкістю:

$$v = \Delta l / \Delta t < c,$$

і жодні сили, сумісні з принципами СТВ, не здатні розігнати масивну частку до швидкості світла.

Повернімося на мить до співвідношення (1). Його зручно переписати у вигляді:

$$v^2 / c^2 = r_g / r, \quad (3)$$

і розглядати як опис падіння частки з нульовою енергією на масивне тіло. З формули (3) випливає, що як тільки частка перетинає гравітаційний радіус, вона долає світловий бар'єр.

Отже, з погляду СТВ формула (3) хибна, і чорні діри не можуть існувати.

Висновок, однак, є передчасним, бо сили все-світнього тяжіння (на відміну від інших сил) не вписуються у спеціальну теорію відносності. Для їх релятивістичного опису Айнштайн побудував загальну теорію відносності (ЗТВ), впровадивши в неї ще революційніші геометричні ідеї.

Загальна теорія відносності

Основою ЗТВ є уявлення про часопростір, але не плаский (як у СТВ), а викривлений – на зразок геометрії Рімана. Простір викривлюється масивними тілами, які поміщені у ньому. Тому траєкторії пробних частинок, що вільно рухаються у просторі, також викривлені, а фактично вони зображують рух тіл під дією сил гравітації.

У межах цих уявлень чорна діра – це дуже викривлений простір поблизу надзвичайно стислого масивного тіла, уся маса якого ховається всередині так званої сфери Шварцшильда – поверхні кулі радіуса r_g .

Згадаємо знову вільне падіння частки (з нульовою енергією) на чорну діру. Як не дивно, але цей процес у ділянці $r \geq r_g$ точно описується (тепер уже за ЗТВ!) рівнянням (3), якщо швидкість частки v міряти годинником, що падає разом із нею. З рівняння (3) видно, що частка долає світловий бар'єр, потрапивши на сферу Шварцшильда, отже, гравітаційні сили на ній стають безмежними. Далі (усередині сфери) причинно-наслідковий зв'язок із зовнішнім світом уриваються (інакше мав би порушитися один із головних принципів теорії



відносності – принцип причинності), і ні одна частка, фотон чи інформація не може вирватися з-під сфери Шварцшильда назовні. Власне тому цю поверхню ще називають *горизонтом подій*.

Здатність гравітації необмежено зростати не тільки обумовлює незвичайні властивості чорних дір. Вона є причиною їх утворення в процесі *гравітаційного колапсу*, коли масивні зорі, втративши за певних умов свою стійкість, катастрофічно обвалюються самі на себе, цілком ховаючись під горизонт подій.

За ЗТВ, падіння у чорну діру є незворотнім процесом: колись утворившись, чорна діра не може втрачати свою масу – лише нарощувати її, поглинаючи усе в довколишньому просторі.

Падіння матерії на чорні діри є дуже важливим для їхнього виявлення у природі: міжзоряний пил і газ затягуються чорною дірою наче у вир, і під час цього падіння стискуються та нагріваються до мільярдів градусів, висвітлюючи рентгенівські промені. За цим випромінюванням сучасні орбітальні обсерваторії відкрили десятки чорних дір зоряних мас у нашій галактиці, та сотні гігантських дір (у мільйони та мільярди сонячних мас) в ядрах інших галактик. Але остаточні докази того, що ці об'єкти – саме чорні діри, а не щось інше, з'являється лише тоді, коли буде виявлено гравітаційне випромінювання подвійних чорних дір. Чутливість існуючих земних детекторів для цього недостатня, усі сподівання на космічну лабораторію LISA, запуск якої планується на 2015 рік.

Квантова теорія поля

Уже сьогодні чорні діри готують для нас сюрпризи на Землі. Почнемо з того, що упродовж довгого часу загальна теорія відносності погано уживалася з іншою не менш фундаментальною фізичною теорією – квантовою теорією поля. Спроби поєднати їх привели Стівена Гокінга 1974 року до відкриття того факту, що насправді чорні діри – не зовсім чорні: вони випромінюють як тіла, нагріті до температури:

$$T_{\text{чд}} = \frac{\hbar c^3}{8\pi kGM} \approx \frac{M_{\odot}}{M} \cdot 10^{-7} \text{ К},$$

де \hbar – стала Планка, а k – стала Больцмана):

Це означає, що всупереч класичній ЗТВ чорні

діри можуть втрачати енергію, а отже, й свою масу (за формулою Айнштейна $E = Mc^2$) за час порядку

$$t \approx \frac{G^2 M^3}{\hbar c^4} \approx \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^3 \cdot 10^{72} \text{ с.}$$

Для астрономічних мас це надзвичайно слабкий процес. Однак квантове випаровування значно менших чорних дір супроводжується випромінюванням все важчих і важчих елементарних частинок і закінчується вибухо-подібно. Наприклад, чорна діра масою $M = 10^3$ тон живе лише 0,1 с і вибухає із силою в 1 млн мегатонних водневих бомб.

Але теорія Гокінга була неповною і залишила нерозв'язаними низку важливих теоретичних проблем, наприклад: що залишається після вибуху чорної діри? Або – чи можливий зворотній процес утворення чорної діри в результаті зіткнення елементарних частинок? Якщо так, то такий процес в принципі дав би змогу виготовляти чорні діри на пришивидшувачах. Принагідно розглянемо

Задачу 2: Оцініть мінімальну енергію пришивидшувача, потрібну для народження чорної діри. Обчисліть M та r_g такої діри.

Розв'язок.

Очевидно, треба розглянути найменшу чорну діру, що узгоджується із квантовим уявленням про світ. Її гравітаційний радіус r_g не може бути меншим від її ж довжини хвилі Комптона:

$$\lambda = \hbar c / E, \quad (4)$$

де $E = Mc^2$.

Якщо прирівняти вирази (2) і (4), нехтуючи неістотними числовими множниками порядку 1, отримаємо:

$$M \approx M_{Pl} = \sqrt{\hbar c / G} \approx 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ г},$$

$$r_g \approx \ell_{Pl} = \sqrt{G \hbar / c^3} \approx 1,6 \cdot 10^{-33} \text{ см}.$$

$$\text{Тоді } E \approx E_{Pl} = M_{Pl} c^2 \approx 1,2 \cdot 10^{19} \text{ ГеВ.}$$

Ці величини, що увів ще Планк (безвідносно до чорних дір) – далеко за межами можливостей



експерименту: значення E_{pl} у 10^{16} разів перевищує енергію найпотужнішого сучасного пришвидшувача – 1 TeV = 10^3 GeV (Теватрон у Батавії; США).

Як можна було б отримати чорну діру в земних умовах?

Відповідь на це запитання дає сучасна теорія струн, що врешті мабуть дасть змогу поєднати гравітацією з квантовими уявленнями про світ.

Теорія струн і багатовимірність простору

Про цю теорію можна багато цікавого дізнатися з популярних видань [3] та інтернету [4]. Очікується, наприклад, що за допомогою теорії струн буде розв'язано так званий інформаційний парадокс. Він полягає у тому, що як тільки зоря чи будь-яка інша система колапсує в чорну діру, то інформація про її попередній стан зникає. Адже світ безмежно різноманітний, а чорні діри майже однакові, й відрізняються між собою лише масою, обертанням і, можливо, зарядом. Безповоротна втрата інформації суперечить принципам квантової механіки. Стівен Гокінг спробував пожертвувати одним із принципів на користь загальної теорії відносності, за що пізніше поплатився програвим парі [5]. Перемогли ті, хто обрали теорію струн.

Тут важливо зазначити, що послідовну квантову теорію струн можна побудувати лише у часопросторах із розмірністю, вищою ніж 4. Спочатку це вдалося лише у 26-ти вимірах (1-му часовому і 25-ти просторових). Пізніше, коли в теорію привнесли суперсиметрію, вимірність простору зменшилась до 10-ти (= 1 + 9). Зрештою, багатовимірність відома і з інших, традиційніших теорій поля. Наприклад, різні версії теорії Калуци-Кляйна сформульовані у часопросторах 5-ти і більше вимірів.

На законне запитання – чому ми не спостерігаємо таку багатовимірність у повсякденному житті – теоретики придумали дотепну відповідь: зайві просторові виміри компактифікуються, тобто скручуються у кола – настільки малі, що їх ще не виявили сучасними приладами (рис. 1).

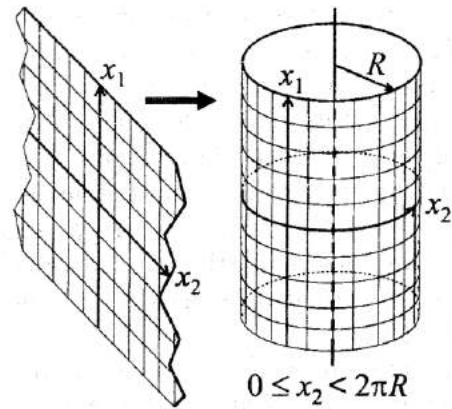


Рис. 1. Компактифікація двовимірного простору в напрямку виміру x_2

Подивимось, як такі теорії змінюють наші уявлення про гравітацію і чорні діри.

Почнемо з 3-вимірного простору, і розглянемо у ньому масивну кульку – значно більшу від її гравітаційного радіуса, але достатньо малу, щоб не перейматись її розміром. Тоді можна користатися класичними нерелятивістичними уявленнями про тяжіння, як про гравітаційне поле – дуже подібне до електростатичного, і зобразити його лініями напруженості поля. Дотичні до цих ліній вектори напруженості поля \mathbf{g} , створеного кулькою в довоколишньому просторі, рівні за величиною $g = GM/r^2$ і спрямовані до центру кульки. Як і для зарядів, для мас справджується закон Гауса: потік напруженості поля тяжіння через довільну замкнену поверхню S , що оточує кульку, пропорційний до маси кульки M (з певним сталим коефіцієнтом). У математичних термінах закон записується так:

$$\oint_S \mathbf{g} \cdot d\mathbf{s} = 4\pi GM, \quad (5)$$

де інтегрування ведеться за усією поверхнею S .

Для тих, хто ще не подружився із векторним аналізом, дамо підказку: якщо вектори \mathbf{g} перпендикулярні до поверхні, а їх величина g на усій поверхні однакова, то інтеграл дорівнює добутковій цієї величини на площу поверхні. Саме так і буде, якщо вибрати сферу з радіусом r і з масивною



кулькою у її центрі. Тоді інтеграл просто обчислити:

$$\oint_S \mathbf{g} \, ds = \frac{GM}{r^2} \cdot 4\pi r^2,$$

переконавшись у справедливості закону (5).

Це у 3-х вимірах. А як у багатовимірних просторах?

Щоб одержати відповідь, трішки познайомимось із такими просторами. У них також існують площини і поверхні, лише з часточкою *гіпер*. Гіперплощина в n -вимірному просторі – це простір, але вже $(n - 1)$ -вимірний. Гіперсфера – це $(n - 1)$ -вимірна гіперповерхня гіперкулі; позначимо її $S_{(n)}$.

Наприклад, $S_{(3)}$ – звичайна сфера; її площа – $4\pi r^2$. $S_{(2)}$ – коло, “площа” його гіперповерхні дорівнює $2\pi r$ (довжина кола). $S_{(1)}$ – поверхня відрізка (кулі в 1-вимірному просторі); вона складається з двох точок, і тому її “площа” дорівнює 2.

У загальному випадку площа гіперсфери дорівнює $\Omega_{(n)} r^{n-1}$, де $\Omega_{(n)}$ є числовим множником, складеним із степенів натуральних чисел і числа π . Його явний вираз для нас не важливий. Надалі для зручності припустимо, що $n = 3 + d$, вважаючи число d “зайвих” вимірів довільним.

Отже, у $(3 + d)$ -вимірному просторі напруженість гравітаційного поля на відстані r від маси M можна подати виразом

$$\mathbf{g} = \tilde{G}M / r^{2+d}, \quad (6)$$

де \tilde{G} – нова гравітаційна стала (іншої розмірності, ніж G). Щоб переконатися у цьому, досить записати закон Гауса для $(3 + d)$ -вимірного простору:

$$\oint_{S_{(3+d)}} \mathbf{g} \, ds = \Omega_{(3+d)} \tilde{G}M, \quad (7)$$

і взяти для інтегрування гіперсферу $S_{(3+d)}$ радіуса r . Зв'язок старої і нової гравітаційних сталих з'являється завдяки компактифікації.

Нехай d зайвих вимірів скручені у кола радіуса R (як на рис. 1). Як виглядає поле тяжіння точкової маси у такому просторі? На малих відстанях від маси, таких, що $r \ll R$, поле очевидно таке ж, як

у попередньому випадку безмежного $(3 + d)$ -вимірного простору. Однак на великих відстанях $r \gg R$ лінії напруженості виструнчуються вздовж безмежних 3-х вимірів, бо в напрямку компактних вимірів їм просто нікуди діватися (адже джерел поля у цій ділянці нема). Тому й вектори \mathbf{g} стають перпендикулярно до компактних вимірів і від них не залежать. Більше про \mathbf{g} можна довідатися із закону Гауса, якщо вдало вибрати гіперповерхню.

Візьмемо гіперсферу $S_{(3+d)}$ маленького розміру, з радіусом $r \ll R$, і збільшимо її аж до $r \gg R$. Вона zdeформується у гіперповерхню, яка вздовж безмежних вимірів буде сферою $S_{(3)}$ радіуса r , а вздовж кожного з компактних вимірів – колом $S_{(2)}$ радіуса R (рис. 2). Проінтегруємо ліву частину (7), але частково – лише за компактними вимірами. Оскільки \mathbf{g} від них не залежить, це можна зробити явно. Отримаємо множник $(2\pi R)^d$ – об'єм компактних вимірів. Те, що залишається – точно дорівнює інтегралові у лівій частині (5) за сферою $S_{(3)}$.

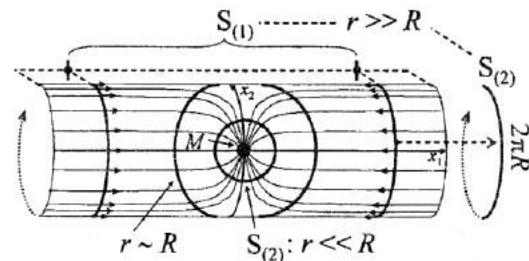


Рис. 2. Гіперсфери різних розмірів (—) та лінії гравітаційного поля (→) навколо маси M у двовимірному просторі, компактному за x_2

Щоб рівність (7) виконувалась, \mathbf{g} має бути пропорційне до M/r^2 . А це – звичний закон тяжіння, і коефіцієнт пропорційності G нам відомий. Після остаточного інтегрування рівність (7) зводиться до формули:

$$(2\pi R)^d 4\pi G = \Omega_{(3+d)} \tilde{G}, \quad (8)$$

що дає зв'язок між константами G , \tilde{G} , R , d .

Багатовимірність простору може істотно змінити наші уявлення про мікроскопічні чорні діри.



Щоб побачити це, ми знову звертаємось до ньютонівської механіки, але вже у $3 + d$ вимірах.

Задача 4. Визначіть гравітаційний радіус r_g тіла з масою M в $(3 + d)$ -вимірному просторі.

Розв'язок.

Потенціал на поверхні гіперкулястої маси M радіуса r описується формулою:

$$\phi = -\frac{\ell_f^{2+d} M}{(1+d)r^{1+d}}$$

(у цьому можна переконатися, перевіривши співвідношення $g = -d\phi/dr$, де напруженість g дається виразом (6)). Тоді друга космічна швидкість для такого тіла визначається законом збереження енергії:

$$v^2/2 + \phi = 0.$$

Припускаючи, $v = c$, маємо:

$$r_g^{1+d} = \frac{2\tilde{G}M}{(1+d)c^2}, \quad (9)$$

звідки, добувши корінь, отримаємо вираз для r_g .

Цей результат правильний і для компактифікованого простору, якщо $r_g < R$. А це означає, що мікроскопічні чорні діри є зовсім іншими, ніж ми їх уявляли раніше.

Фізика високих енергій

Світ надмалих протяжностей доступний лише фізиці високих енергій, як це впливає із формули для компотнівської довжини (4). І щоб легше орієнтуватися у цьому світі, варто ввести зручну систему одиниць, в якій $\hbar = c = 1$. У цій системі довжина і час мають розмірність, обернену до розмірності енергії і маси, і всі ці величини зручно виражати в електрон-вольтах (eV). Якщо в цих одиницях записати гравітаційну сталу, то вона виразиться через планківські мірила:

$$G = \ell_{Pl}^2 = 1/M_{Pl}^2 \approx 0,6 \cdot 10^{-38} / m_p^2 \approx 0,7 \cdot 10^{-38} \text{ Гев}^{-1}$$

(тут $m_p = 0,94 \text{ Гев}$ – маса протона), і надзвичайна слабкість гравітації у мікросвіті стає очевидною.

Нову сталу тяжіння \tilde{G} в $(3 + d)$ -вимірному просторі також можна записати подібно, керуючись міркуваннями розмірності:

$$\tilde{G} = \ell_f^{2+d} = 1/M_f^{2+d}.$$

Тут з'явилося нове фундаментальне мірило довжини l_f або маси $M_f = 1/l_f$, що визначає силу гравітації в мікросвіті.

З цими позначеннями повернімося до формули (8). Якщо записати її в новій системі одиниць і упустити усякі числові множники (які лише ускладнюють цю формулу, але не змінюють її суть), отримаємо:

$$\ell_f^{2+d} \approx \ell_{Pl}^2 R^d, \text{ або } M_{Pl}^2 \approx M_f^{2+d} R^d. \quad (10)$$

Подібно вчинимо із формулою (9):

$$r_g^{1+d} \approx M \ell_f^{2+d} = M / M_f^{2+d}. \quad (11)$$

На ці співвідношення варто подивитись уважніше.

Серед величин, що входять у співвідношення (10), тільки l_{Pl} (або M_{Pl}) відомо достеменно. Щодо значень інших величин лиш висуваються різні гіпотези. Поборники найконсервативнішого погляду на теорію струн покладають $R = l_{Pl}$, звідки випливає, що й $l_f = l_{Pl}$. А це означає, що енергія утворення чорних дір $E \geq M_{Pl}$ є абсолютно недосяжною для будь-якого пришвидшувача (згадаймо задачу 2).

Нову фізику можна отримати лише припустивши, що $R > l_{Pl}$. З (10) тоді випливає, що й $R > l_f > l_{Pl}$, отже, між мірлами l_f і l_{Pl} з'являється щілина. Якщо тепер дві однакові частки (наприклад, протони) зазнають лобового зіткнення



з енергією $E \geq M_f$, то у момент найбільшого зближення розміри системи (комптонівську довжину) та її гравітаційний радіус можна оцінити за формулами (4) і (11): $\lambda \leq \ell_f \leq r_g$. А це є передумова для утворення чорної діри. Але як же насправді складаються чісла?

Щодо фундаментального мірила, то безпосередні ознаки його існування на сучасних пришвидшувачах не спостерігалися, а, отже, $M_f \geq 1$ ТеВ. Радіус компактифікації R можна визначити за відхиленням сили тяжіння від закону $1/r^2$. Останні дослідні поміри дають оцінку зверху $R < 0,1$ мм. Тоді співвідношення (10) обмежують кількість надлишкових вимірів знизу: $d \geq 2$, а теорія струн – зверху: $d \leq 6$. Такими є факти.

З огляду на них та з інших міркувань фізики сподіваються на значення для M_f у кілька ТеВ. Теоретикам це дало б змогу подолати деякі важливі проблеми в сучасній квантовій теорії поля. А експериментатори вже незабаром змогли б спостерігати народження чорних дір на ЛНС – великому гадронному зіштовхувачі (Large Hadron Collider) [6]. Цей велетенський пришвидшувач, змонтований у ЦЕРНі (біля Женеви) у підземному тунелі завдовжки 27 км, здатний розганяти і зіштовхувати протони з енергією $E = 14$ ТеВ. Він уже готовий, але через аварію надпровідної магнетної системи перші проби відкладено до весни 2009 року. І поки є ще час, поміркуймо – що можуть дати ці експерименти.

“Теорія” катастроф

Від початку спорудження гіганту десять років тому в урядових колах Європи і в засобах масової інформації лунали застереження – чи будуть безпечними досліди на ЛНС? Ось цитата із газети “London Times” за 18 липня 1999 року: “Машина Великого вибуху: вона знищить Землю?! Утворення чорної діри на Лонг-Айленді?!”

“...частки під час зіткнення можуть досягнути такої великої густини, що утвориться мініатюрна чорна діра. Вважають, що у космосі чорні діри породжують інтенсивні гравітаційні поля, які засмоктують усю довколишню матерію. Утворення однієї чорної діри на Землі було б катастрофічним.”

Прихильники проекту запевняють, що усе ретельно перевірили, і навіть підрахували ймовірність катастрофічного сценарію – як 10^{-31} . За із теорією Гокінга, чорна діра масою у кілька ТеВ зазнає квантового випаровування, і цей процес настільки інтенсивний, що виключає будь-яку можливість збільшення маси такої чорної діри. В результаті вона розпадається на елементарні частки, навіть не долетівши до стінки вакуумного тунелю пришвидшувача. Так що чутки про близький кінець людства в обіймах гравітації, мабуть, передчасні.

Але народження чорних дір у пришвидшувачі несе іншу катастрофу, далеко менш помітну для широкої громадськості – це можливий кінець фізики високих енергій. Річ у тім, що єдиний шлях дістатися у глиб матерії, в ділянку усе менших і менших відстаней – це все більше і більше нарощувати енергію пришвидшувачів і зіштовхувачів елементарних частинок. На цей шлях явно вказує формула (4). Так було досі. Але як тільки буде досягнуто поріг народження чорних дір ($M < M_f$), подальше зростання енергії може виявитися марним. Воно призведе до інтенсивнішого народження чорних дір та збільшення їхньої маси, а отже, й розміру – за формулою (11). Отже, інформаційний парадокс, що так турбував теоретиків, стане на заваді експериментаторам, і поступ у глиб матерії зупиниться десь біля фундаментального мірила l_f . Усе, що залишиться для спостереження – це продукти квантового випаровування чорних дір із тепловим розподілом і масами $M < M_f$, тобто переважно відомі елементарні частки. Ці спостереження дадуть змогу уточнити значення фундаментальної маси M_f , кількість компактних вимірів d , а, отже, і їхню протяжність R .



Але насправді Великий гадронний зіштовхувач будували з іншою метою – для відкриття досі невленимого бозона Гігса та суперсиметричних частинок, дослідження найважливого t -кварка і кварк-глюонної плазми. А чорні діри – лише гіпотетичний побічний ефект. Чи змінять вони уявлення про будову матерії та Всесвіту, і чи вплинуть на долю фізики або й усього людства?

Чекаємо новин з ЦЕРНу...

Популярна література про чорні діри і теорію струн

1. Климишин І. А. Релятивістська астрономія. Навч. пос. – К.: Наукова думка, 1980.
2. Климишин И. А. Релятивистская астрономия. Учеб. пос. – М.: Наука, 1989. – 2-е изд.
3. Фролов В. П. Физика черных дыр: от Эйнштейна до наших дней. – В: Эйнштейновский сборник 1975–1976. – М.: Наука, 1978. С. 82–151.
4. Фролов В. П. Введение в физику черных дыр. – М.: Знание, 1983.
5. Новиков И. Д. Энергетика черных дыр. – М.: Знание, 1986.
6. Хокинг С. От большого взрыва до черных дыр. – М.: Мир, 1990.
7. Барроуз А. Рождение нейтронных звезд и черных дыр. – В.: Физика за рубежом А. – М.: Мир, 1989. Сс. 165–191.
8. Чорна діра. – http://uk.wikipedia.org/wiki/Чорная_дыра. – http://ru.wikipedia.org/wiki/Чорная_дыра.
9. Малдасена Х. Черные дыры и структура пространства-времени. – <http://zahav.elementy.ru/lib>.
10. Black Holes: Gravity's Relentless Pull (Чорні діри – безжальне тяжіння гравітації). – <http://hubblesite.org/go/blacholes>
11. Шварц Дж. Суперструни. – В.: Физика за рубежом А. – М.: Мир, 1989. С. 165–191.
12. Superstrings! – <http://www.sukidog.com/jpierre/strings>
13. Р. Георгиев. Теория струн и черные дыры. – <http://www.computerra.ru/xterra/37506>; також див.: <http://researchnews.osu.edu/archive/fuzzball.htm>;
14. Великий адронний колайдер. – http://uk.wikipedia.org/wiki/Великий_адронный_колайдер; також див.: <http://djsenja.livejournal.com>

Нобелівська премія з фізики за 2008 рік

Нобелівською премією з фізики за 2008 рік нагородили американського фізика японського походження Йоїчіро Намбу (Yoichiro Nambu) за “відкриття механізму спонтанного порушення симетрії на субатомному рівні” (половиною призового фонду) і другою половиною нагородили японських фізиків Макото Кобаясі (Makoto Kobayashi) і Тосіхіде Маскава (Toshihide Maskawa) за “пояснення порушення симетрії і передбачення існування у природі по крайній мірі трьох сімейств кварків”.

Йоїчіро Намбу народився 1921 року в Токіо (Японія). Нині він – почесний професор Інституту Енріко Фермі та Чиказького університета.

Макото Кобаясі народився 1944 року в Нагойї (Японія). Він – почесний професор Організації досліджень у галузі пришвидшувачів високих енергій (High Energy Accelerator Research Organization, KEK) у м. Цукубі (Японія).

Тосіхіде Маскава народився 1940 року. Нині він – почесний професор Інституту теоретичної фізики при Кіотському університеті (Японія).



НАНОЕКСПРЕС НАБИРАЄ ХІД. ВСТИГНУТИ ЇЙ НА НЬОГО...

Вадим Локтєв,

академік-секретар Відділення фізики і астрономії
Національної академії наук України, академік НАН України

Рік 2008 – ювілейний для Національної академії наук України. У листопаді їй виповниться 90 років. З нагоди такої події багато про що можна було б розказати: і про розвиток науки в Україні, і про сьогодення академічних інститутів, і про найвагоміші здобутки українських учених, зокрема фізиків, про діяльність яких мені відомо краще, ніж будь-кому.

Але минуле вже позаду і його не зміниш. Мабуть, важливішими, мені здалося, та найцікавішими для всіх, хто планує пов'язати своє життя з наукою і, насамперед, із фізикою, можуть бути міркування про сучасні тенденції розвитку фізичної науки загалом. Тенденцій, чесно кажучи, багато і навряд чи в одній, навіть великій статті, їх можна оглянути. Але є головні, які, з мого погляду, вже досить добре проглядаються серед, на перший погляд, неосяжного фронту фізичних досліджень. Сьогодні це, без сумніву, все те, що в своїй назві вміщує короткий префікс “нано”. Якоїсь спеціального наукового змісту він не має, а лише свідчить про те, що мова йде про об'єкти з одним із своїх лінійних розмірів порядку 10^{-9} м (1 нм). Проте насправді річ не тільки і не стільки в розмірах, скільки, як з'ясовується, в необхідній зміні наших уявлень і поглядів на невідомі раніше можливості мікроскопічних елементів. Уже ніхто не дивується, коли мова йде про принципову можливість існування нанорозмірних машин і механізмів, про розроблення нових підходів до виробничих технологій на молекулярному рівні, про велику ймовірність створення штучного мозку тощо. До того ж, змінюються погляди на самі межі тієї чи іншої науки

загалом, бо нанопідходи відіграють об'єднувальну роль, фактично стираючи грані між різними науками. Йдуть потоком спеціальні та науково-популярні статті про так звану *нанотехнологічну революцію*. Її ознакою і початком наступного технологічного періоду (наноери) є також швидке проникнення нових результатів наноекспериментів в усі сфери нашого життя.

Можна, звичайно, погодитись із тим, що нанотехнологічна лихоманка охопила майже всі природничі науки і науково-технічні напрями – матеріалознавство, техніку, хімію, біологію, медицину, але не можна не помітити, що основоположним елементом розвитку основних засад наноідеології будь-де є фізика, її закони, підходи та методологія. Загальновідомо, що в тісній співпраці з технікою і будучи по суті її фундаментом, саме фізика створила передумови для небачених успіхів промисловості, деколи навіть обумовивши появу деяких галузей останньої. Легко навести яскраві приклади: електро- і теплотехніка, ядерна енергетика, лазерні і голографічні технології, космічні дослідження, напівпровідникова, радіо-, опто- і кріоелектроніка, а в останній час – багатообіцяюча спінтроніка, що на відміну від звичної всім нам електроніки, де “працює” електричний заряд, оперує спіном частинок, що суттєво зменшує витрати енергії.

Рівень наукових досліджень – і це не секрет – сьогодні визначає рівень розвитку будь-якої держави. Наприклад, Сполучені Штати Америки вже заявили, що не менше 70 % їхньої економіки спираються на фундаментальні знання. Зрозуміло, що без подальшого розвитку фізичних досліджень



ніяке вагоме збільшення обсягу таких знань неможливе. Але постає кардинальне запитання: як і куди ми маємо рухатись, які головні завдання визначатимуть розвиток і які його напрями обіцяють найефективніше і пришвидшене просування людства по шляху розв'язання таких глобальних проблем, як поліпшення якості життя, безпечна екологія, зменшення кількості невиліковних хворіб. Відповідь на запитання важлива, бо вибір того чи іншого напрямку руху пов'язаний із великими витратами, і людство має бути застраховане від помилкових тверджень експертів. Нехай зараз це виглядає дивним, але фахівці в різних галузях знань і прогнозисти по суті одноставно вважають, що вирішення подібних і багатьох інших нагальних проблем справді залежить від успіхів наноіндустрії.

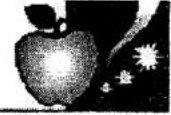
Треба визнати, що попри відносну новизну питань, вона вже має свою, хоча й небагату, історію. Найновіша розпочалася у січні 2000 року, коли тодішній президент США Білл Клінтон, бажаючи примусити конгресменів значно збільшити асигнування на науку загалом і нанонауку зокрема він сказав дослівно таке: "Уявіть собі, що з речовини величиною як шматок цукру можна виготовити матеріал у десятки разів міцніший від сталі." І хоча, можна посміхнутись, порівняння було не найадекватнішим змістові наноуявлень, керівника найрозвиненішої країни світу почули не лише в ній, а й далеко за її межами. Видатки передових держав на нанодослідження в самому загальному розумінні цього слова зросли від майже одного мільярда доларів 2000 року до десятків мільярдів, які очікуються на кінець 2010 року. Такими ж темпами зростають витрати країн ЄС, а також Росії, Японії, Китаю.

І ще: молодій людині, що вступає в життя і, мріючи про його успішність, обирає шлях, гадаю, цікаво знати, що нанотехнології стають у світі дуже високоприбутковим бізнесом. Їх світовий ринок до 2012 року може перевищити 2 трильйона доларів, а це серйозний показник.

Такий прогрес не викликає подиву – за думкою багатьох учених, причетних до відповідних питань, нанотехнології мають змінити світ. Вважається, що не за горами той час, коли невидимі окві роботи ремонтуватимуть організм людини або тва-

рини (в усякому разі, домашньої) на клітинному рівні, вибудовані з окремих молекул фільтри очистять питну воду від будь-яких шкідливих або небажаних домішок, вуглецеві нанотрубки розорять власників бензозаправочних станцій, вправно працюючи у водневих двигунах, квантові комп'ютери будуть майже миттєво робити складні обчислення тощо.

Нині вже не виглядає великим перебільшенням стверджувати, що науковців і їхні розроблення охопив "нанотехнологічний бум". Згадаймо хоча б нещодавнє шалене зацікавлення до високотемпературної надпровідності, якою займалася переважна більшість фізиків. Тепер же мода на інше – цікава будь-яка наукова проблема, характерний просторовий розмір досліджуваних об'єктів в якій відноситься до нанометрів. І це зрозуміло. Ну хто не думає або мріє про те, що маніпуляції з предметами, у тисячі разів меншими від товщини людського волоска, стануть основою так званих "технологій загального призначення", тобто виробництво електроенергії, машинобудування, нові конструкційні матеріали, шляхобудівництво тощо. Не треба уявляти, що дороги, машини, побутові прилади стануть малими, ні, під час їхнього створення або проектування використовуватимуть наноструктуровані штучні матеріали, властивості яких будуть передбачувані і такими, що найоптимальніші. Зате комірки пам'яті можуть бути нанорозмірними, що тільки збільшить щільність запису на кілька порядків. А якщо подивитися сучасну світову пресу або Internet, то взагалі стає зрозумілим, що природознавство, а разом з ним і людство вступило, або краще сказати – невблаганно вступає, у новий, як зазначалося, етап свого індустріального розвитку, що отримав назву "нанотехнологічного". Можу зауважити, що останній термін увійшов до ужитку з науково-популярної книжки Еріка Дрекслера "Наносистеми: молекулярні машини, виробництво, обчислення" (1992), де була зроблена спроба визначити відкриття невідомих раніше модифікацій вуглецю – наносферичної (й найсиметричнішої з усіх відомих) молекули фулерену C_{60} і нанотрубок як свідоцтво початку IV-го етапу науково-технічної революції, або, як визначалося у цій же книзі, IV-ої хвилі цієї революції.



Читачеві, я впевнений, варто знати, що III-я технологічна хвиля відповідала зародженню і становленню напівпровідникової мікроелектроніки, під прапорами якої, як на мене, пройшла друга половина XX сторіччя. Без небезпеки помилитися, її народженням можна вважати 1947 рік, коли був винайдений твердотільний транзистор. На побутовому рівні все починалося з кишенькового радіоприймача 1950-х років “на семи транзисторах”. Нині у процесорі сучасного ноутбуку, яким користуються мільйони людей, вміщується майже 10^8 транзисторів, що разом займають площу не більше 2–3 см². З цього випливає, що лінійний розмір одного транзистору трохи більший від 10^{-6} м, або за 1 мікрон (мкм). Оптолітографічна технологія виготовлення інтегральних схем – основи комп’ютерної промисловості – полягає у фотоперенесенні деякого малюнку на напівпровідникову кремнієву підкладку за допомогою спеціальної зменшувальної оптичної системи. Світлові хвилі, що при цьому працюють, мають довжину 0,3–0,6 мкм і не дають змоги “намалювати” лінії (а це і є провідні, або робочі, елементи транзистора) менші від майже 1 мкм. Відповідні технології надзвичайно тонкі і мають назву високих. Вони вимагають високоточних, прецизійних приладів, чистих виробничих приміщень і високоосвіченого персоналу.

Здавалося б подальше зменшення вимагає лише природного зменшення довжини хвилі, що використовують, скажімо, рентгенівський діапазон. На цьому, власне, ґрунтується так званий лінійний розвиток вже існуючої оптолітографічної технології. Проте просто так він неможливий, бо ще ніхто не навчився фокусувати рентгенівські промені. Але це лише одне обмеження. Існує й інше, може, ще складніше. Маю на увазі таку непросту обставину, що майже завжди спостерігається в істинних наносистемах, як *квантові флуктуації* будь-якої фізичної величини, які абсолютно можуть непередбачливо змінювати роботу нанoeлектронних приладів. Саме в цьому полягає принципова перешкода подальшому розвитку нанoeлектроніки. Саме неможливість уникнути квантових ефектів і квантової поведінки нанорозмірних об’єктів примушує частину фахівців притримуватись думки, що мікронний розмір транзистора – це за порядком величини по суті

все, на що можна розраховувати на шляху безпосередньої механічної мініатюризації пам’яті та інших деталей комп’ютерів і що справжній прогрес неможливий без використання суттєво нових, може ще нестворених, фізичних принципів.

На цей момент вони справді невідомі, але й підстави для обережного оптимізму водночас не безґрунтовні. Він спирається на існування людини як реальної біосистеми, або точніше – існування клітин, або комірок пам’яті, мозку, розмір яких за сучасними оцінками не перевищує 1 нм. Коли б відповідна штучно створена технологія існувала, то саме вона б, або технологія керованого виготовлення пристроїв із “біологічною” густиною укладки $\sim 10^9$ елементів пам’яті на кожний квадратний сантиметр, могла б, строго кажучи, називатися “нанотехнологією”. Безумовно, розв’язання цієї фантастичної проблеми і пов’язаних з нею фізичних, хімічних і технічних завдань стане одним з найпріоритетніших і водночас найцікавіших завдань для майбутніх поколінь науковців, інженерів і техніків.

Щодо сьогодні, то переднім краєм досліджень у галузі нанофізики напівпровідників стало вивчення так званих “квантових точок” і “квантових ям”. На цьому напрямі зосереджені величезні зусилля, які, без усякого сумніву, виправдані все ще значними і багатообіцяючими досягненнями сучасної напівпровідникової мікроелектроніки. Проте треба визнати, що ідея про “напівпровідниковий” механізм явищ життя, або штучне його (механізму) відтворення у напівпровідникових приладах, на якому ще нещодавно наполягав відомий біохімік А. Сент-Дьєрді та багато його послідовників, не виправдалась і навряд чи є правильною. В усякому разі, згадані вище квантові флуктуації роблять неможливим використання простих моделей і підходів, що спираються лише на транзисторні уявлення про роботу живих клітин, і в такій схемі пояснення та опис сталих живих процесів здійснити неможливо. Повертаючись до електроніки, зауважу, що лінійна мініатюризація, про яку йшлося, себе ще не вичерпала, але чекати суттєвого зменшення розмірів транзисторів без зміни фізичної парадигми вважаю безперспективним. Іншим важливим напрямом сучасної нанофізики є фізика поверхневих явищ, бо, як



відомо, дуже багато явищ і процесів розігруються або на поверхні, або поряд з нею. Їхнє вивчення почалося задовго до формулювання завдань нанофізики, а зараз фізика поверхні стала важливою складовою цього нового напрямку.

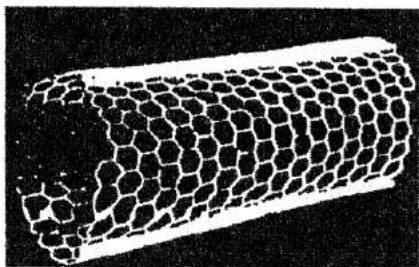
Попри певні проблеми, частина з яких окреслена вище, потужний міжнародний експрес під "наностягами" швидко набирає хід і його вже не зупинити. Можна навести досить багато прикладів використання нанооб'єктів, до яких відносяться, нанопорошки, або наноструктуровані матеріали, нанокаталізатори, нанофільтри. Збагачується нанотермінологія, і вже де-не-де можна прочитати про проблеми або досягнення таких дисциплін, як фізика наноструктур, включаючи, як зазначено, фізику поверхні твердих тіл, наноелектроніка, наноматеріалознавство, нанобіотехнології, нанодіагностика, нанометрологія тощо. Їхній зміст впливає з назви. Наприклад, фізика наноструктур вміщує такі підрозділи, що вже розвиваються: електронні стани, транспортні властивості, нерівноважні процеси, колективні явища, нанофотоніка, спінтронні властивості, надпровідні характеристики, нановуглецеві структури, технологія створення наносистем. До них дотична наноелектроніка з її елементною базою і діагностичним обладнанням, функціональними нанопристроями, принципами створення елементів, технологічним обладнанням, фізичним матеріалознавством, діагностикою наноструктурних об'єктів, методами обчислювального експерименту електронних процесів у наносистемах і суперкомп'ютерними методами.

Звичайно нанонаука не може охоплювати лише фізику, і дуже великі завдання стоять і перед хіміками, хоча знову ж таки у межах нанорозмірної просторової шкали важко відокремити фізичні

процеси від суто хімічних. Тут виглядає важливим для застосувань з'ясувати особливості протікання хімічних реакцій у малих об'ємах, які відомі лише у загальних рисах. Незрозуміло і як змінюються властивості нанодисперсної м'якої речовини від моменту її зародження до моменту використання в затверділому або розчиненому вигляді, тому що значну роль відіграють релаксаційні процеси, деякі з яких спричиняють деградацію самої речовини. Перед біохіміками і медиками стоять проблеми створення принципово нових ліків, які мають діяти локально і безпечно для усього організму, крім тієї цілі, задля якої вони використовуються. Скажу більше: впровадження у медицину наноматеріалів, а також радіонуклідної діагностики і пучкової терапії дасть змогу проводити лікування на клітинному і субклітинному рівнях, забезпечувати направлений транспорт лікувальних засобів у вигляді нанокластерів до осередків ураження.

Серед названих проблем існує ще одна – критична для розв'язання перелічених вище. Мається на увазі "наноосвіта", без якої неможливо виховувати кадри, спроможні зробити те, що вимагає сьогодення і найближче майбутнє. Зрозуміло, що нанонаука є міждисциплінарною галуззю, отже і підготовка фахівців для неї потребує нових підходів. Зокрема, студентів-фізиків треба навчити хіміко-біологічному мисленню, а студентів-хіміків або біологів – відповідно фізичному. А є ще й інженерні спеціальності. Жоден університет нашої країни поки що не випускав украї потрібних нанофахівців, хоча в деяких відповідна робота ведеться. Так, йде створення навчальних програм, розроблення методичних посібників. Інший аспект – оновлення обладнання навчальних лабораторій для опанування предметів у галузі нанотехнологій. Все це на часі й інтенсивно розвивається. Нинішні школярі будуть одними з перших, хто буде отримувати найновіші знання в галузі наноі наук. Але й вони потроху мають чути про нові тенденції у світі природничих наук, знати про нанодосягнення, розуміти, про що йдеться.

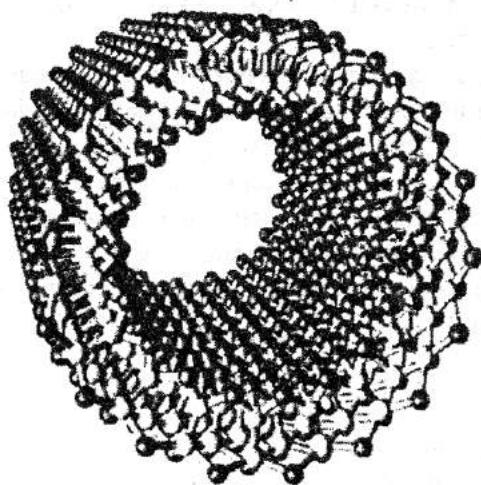
У багатьох країнах керівництво зрозуміло потребу розвивати нанотехнології, принаймні прийняло принципові рішення, вкладаються гігантські кошти. Зокрема, у наших сусідів, у Росії, створена Державна корпорація нанотехнологій, яка розглядає





пропозиції для фінансування і з Росії, і з-за кордону, але які будуть реалізовуватись на території Росії. Вже можна говорити про певні успіхи, серед яких виробництво елементів асферичної оптики, а також створення нанопокриття лопаток, які в разі підвищують продуктивність турбін. Не пасуть задніх і українські дослідники. Вже сформована і виконується Міждисциплінарна програма. Якщо навести конкретні приклади з фізики, то найяскравішим, незаперечно, є дослідження графену, або окремо існуючих моношарів графіту, в якому носії заряду характеризуються нейтриноподібним (а не електронноподібним) спектром. До того ж, уперше надійно спостерігалася бозе-ейнштейнівська конденсація екситонів у структурах з квантовими ямами; розроблені надпотужні лазери на квантових точках; створені алюмінієво-золоті нанокаталізатори для майже повного очищення вихлопних газів двигунів автомобілів; запущені у виробництво наноструктуровані вуглепластики, застосування яких у літакобудуванні підвищує експлуатаційні характеристики літаків майже на 100%.

Завершуючи короткий аналіз про найновітніший напрям світової науки – її наноіндустріальне спрямування, мушу застерегти: щоб відкрити щось справді нове, треба займатися, насамперед, фундаментальними дослідженнями і бути готовими, що нічого революційного не станеться, бо в справжній науці нема і не може бути гарантій виключно правильного шляху розвитку, а тим більше – гарантованих нових відкриттів. Вони надзвичайно бажані будь-ким, але внаслідок абсолютної



непередбачуваності, тільки нечесний дослідник може насмілитися пообіцяти їх стовідсоткову появу. Якщо ж відкриття відбудеться, тільки тоді можна буде сподіватися на справжні прориви, до яких, наприклад, можна було б віднести створення нанокомп'ютерів, що мало б вибухоподібний ефект для розвитку. Тому відповідними пошуковими дослідженнями обов'язково треба займатися, що, власне, і робиться у багатьох країнах світу. Але революції, спричиненої тим чи іншим проривом, може й не бути. Тоді ми переживатимемо лінійне (див. вище) вдосконалення вже існуючих машин, механізмів, пристроїв і їхніх елементів. У цьому нема нічого поганого, але розвиток буде йти повільніше.

Як би там не було, перед новими поколіннями дослідників стоять грандіозні завдання по розвитку наноіндустріального суспільства, повністю побудованого на знаннях. Можна також сподіватися, що кількість різних природничих наук зменшиться, оскільки прогрес у нанотехнологіях неминуче веде до їхнього поступового синтезу, що, в свою чергу, залишає в минулому спеціалізацію. Можливо, зараз фізики, біологи і хіміки ще не готові до єдиного фронту співпраці, проте таке абсолютно не виключено в майбутньому, коли нанопідходи будуть опановані більшістю фахівців і запрацюють на повну потужність. Навпаки, стануть зрозумілими, строго кажучи, поки що розмиті критерії поділу науки на її окремі ділянки, а фахівці будуть розуміти один одного де б вони не працювали.

Нарешті, як зазначалося, будь-який науковець працює у світі, де на фундаментальному рівні майже все визначається фізичними закономірностями. Тому, повторю, навіть для дуже широкої за кількістю понять і завдань нанонауки загалом фізика – це та основа, на якій має будуватися і сучасна нанотехнологічна підготовка.

Отже, глибоке вивчення фізики – виправдана та економічна форма оволодіння знаннями та навичками, потрібними в умовах сучасної і водночас необмеженої в часі науково-технічної нанореволюції. Образно кажучи, нанознання слугуватимуть квитком, щоб зайняти своє гідне місце в нано-еспресі, який невпинно рухається, але кінцева зупинка якого невідома, і навряд хто-небудь знає, чи існує вона загалом...

СУЧАСНА ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА І НАУКА: ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ*

Іван Вакарчук,

професор, міністр освіти і науки України

Про шкільну фізико-математичну освіту

Прагнення людини пізнавати довколишній світ викликане не лише природною цікавістю, а й потребою забезпечити собі потрібні умови для життя. Якість життя людини прямо залежить від рівня використання наукових здобутків. Серед фундаментальних наук особливу роль відіграє така інтелектуальна діяльність людини, як математика зі своєю універсальною та всеохопною силою і фізика, яка, починаючи з XVII сторіччя, а повною мірою у XIX–XXI сторіччях, продемонструвала свою приголомшливу роль у радикальній зміні життя людства, коли на успіхах фізичної науки лідери держав приймали політичні рішення.

Україна має підстави пишатися своїми науковими школами, своїми визначними математиками й фізиками, які зробили видатний внесок у світову науку. Але впродовж останніх років дедалі частіше виявляються тривожні чи навіть загрозливі тенденції.

Погіршення якості викладання фізики та математики в середній і вищій школах, скорочення, і навіть зникнення, курсу фундаментальної фізики у технічних університетах значною мірою призвели до втрати суспільного престижу цих основоположних наук. Це може мати згубні наслідки для інноваційного розвитку країни, врешті-решт і для національної безпеки України.

Для початку зробимо концептуальний аналіз сучасного стану вивчення математики та фізики у середній та вищій школах.

Вивчення математики та фізики у сучасних умовах є важливою складовою освітньої підготовки молоді людини, частиною загальнонародської культури.

Посилення уваги суспільства до шкільної фізико-математичної освіти виявляється у:

– розумінні необхідності фізико-математичної освіти для всіх учнів;

– прагненні включити загальноосвітні курси математики до навчальних планів всіх рівнів освіти;

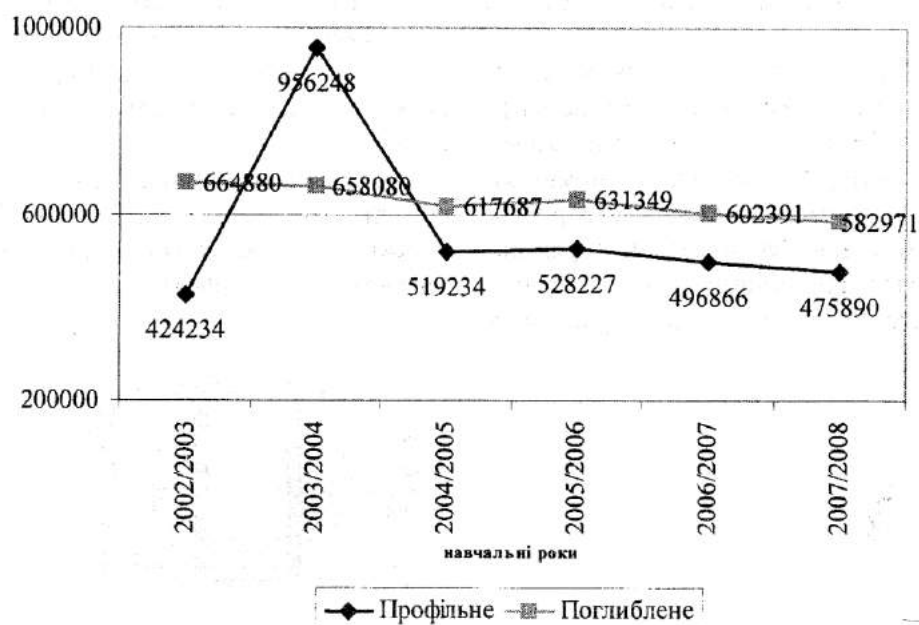
– диференціації фізико-математичної підготовки учнів старшої школи (тепер 10–11 класи, з 2010 року – 10–12 класи).

Нині в школах широко впроваджують поглиблене та профільне навчання фізико-математичних предметів. У 2007/2008 навчальному році воно було впроваджене у 1700 школах (майже 0,5 млн учнів). Окремо математику за профільними програмами вивчали у 700, а фізику – у 34 навчальних закладах.

Вдалося зберегти мережу навчальних закладів із поглибленим вивченням математики та фізики. У 2007/2008 навчальному році функціонувало 1147 навчальних закладів, що становить третину від усіх закладів із поглибленим вивченням, з них 18% розташовані у сільській місцевості.

Як учні ставляться до предметів фізико-математичного циклу?

*Виступу Міністра освіти і науки України Івана Вакарчука на Всеукраїнській нараді з питань розвитку фізико-математичної освіти “Сучасна фізико-математична освіта і наука: тенденції та перспективи” 30 жовтня 2008 року (м. Київ).



Діаграма 1. Кількість учнів, які навчаються в профільних навчальних закладах (класах) і закладах із поглибленим вивченням фізики та математики

Частина учнів позитивно ставиться до предметів природничо-математичного циклу. За результатами дослідження Центру моніторингу столичної освіти рівня навчальних досягнень із математики київських дев'ятикласників більшість учителів математики (70%), які працюють у цих класах, оцінюють рівень зацікавленості учнів предметом як середній, 12% вважають його високим, 17% – низьким.

Зацікавленість у вивченні фізики та математики, впевненість у своїх силах позитивно вплинули на результати зовнішнього незалежного оцінювання. Учні, які захоплюються цими предметами, розуміють їх цінність і значення. Вони мають високий рівень навчальних досягнень: 85% опитаних школярів вважають, що математика їм потрібна, щоб продовжити навчання у вищому навчальному закладі; 80% вбачають потребу у вивченні математики та фізики для отримання бажаної роботи.

Які кроки за неповний рік вже зроблено Міністерством для формування мотивації щодо вивчення математики та фізики?

– Наказом міністерства про завершення навчального року у січні 2008 року в 11-му класі від-

новлено державну підсумкову атестацію з математики для всіх напрямів навчання, окрім суспільно-гуманітарних, філологічних і художньо-естетичних.

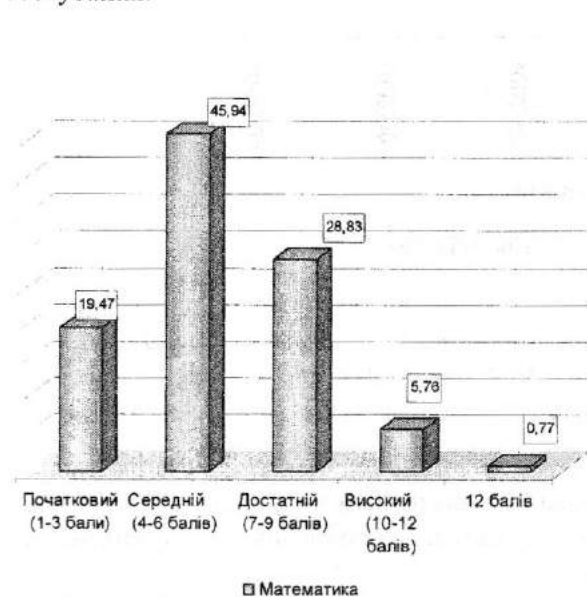
– Важливе значення для підвищення мотивації до вивчення фізико-математичних дисциплін мають предметні олімпіади, конкурси, турніри, конкурс Малої академії наук. Минулого навчального року майже 70% школярів було охоплено різними видами змагань із природничо-математичних предметів. Високими є також результати участі українських школярів і в міжнародних олімпіадах із математики та фізики.

Проте зараз ми постаємо перед викликом: у громадськості формується думка про погіршення якості шкільної фізико-математичної освіти. Чи відповідають такі песимістичні настрої дійсності?

Національні моніторингові дослідження якості математичної освіти випускників початкової школи, результати участі школярів країни у міжнародному дослідженні якості природничо-математичної освіти TIMSS, дослідженні регіональних центрів моніторингу дають підстави для висновку: 50–70% учнів 4-х, 8-х, 9-х, 11-х класів мають

середній та достатній рівень навчальних досягнень із математики.

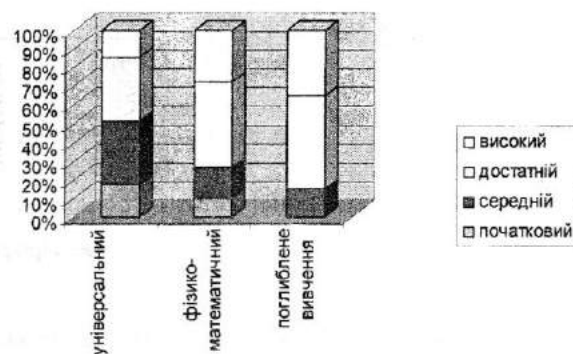
Результати зовнішнього оцінювання також засвідчили, що випускники загальноосвітніх навчальних закладів, які брали участь у тестуванні, засвоїли навчальний матеріал із фізики та математики переважно на середньому та достатньому рівнях навчальних досягнень. Наприклад, як зображено на діаграмі, середній та достатній рівні навчальних досягнень із математики мали 74,2 % учасників тестування.



Діаграма 2. Розподіл результатів учасників зовнішнього оцінювання 2008 року з математики за рівнями навчальних досягнень (у відсотках)

Аналіз річних оцінок із математики цьогорічних випускників свідчить про те, що достатній (7–9 балів) і високий (10–12 балів) рівні навчальних досягнень з алгебри мають 50 % учнів звичайних шкіл;

серед випускників класів фізико-математичного профілю таких учнів 73 %; 85 % серед тих, що вчилися у класах із поглибленим вивченням математики (діаграма).



Діаграма 3. Результати річного оцінювання випускників 2008 року з алгебри

Результати тестування як державну підсумкову атестацію зараховано:

- з фізики 37 % випускників;
- з математики 51 % учнів, у яких математика не є обов'язковим предметом для атестації;
- 58 % учнів універсального профілю;
- 63 % учнів фізико-математичного профілю;
- 74 % учнів класів із поглибленим вивченням математики.

Гістограма розподілу результатів моніторингового дослідження, річного оцінювання та державної підсумкової атестації в загальноосвітніх класах



Водночас порівняльний аналіз даних дослідження, річного оцінювання та державної підсумкової атестації дає підстави стверджувати про невідповідність результатів оцінювання.

За підсумками дослідження Центру моніторингу столичної освіти лише 50 % протестованих дев'ятикласників, які у школі мали високий рівень навчальних досягнень з математики, підтвердили бали річного оцінювання. Бали річного оцінювання та державної підсумкової атестації, як це зображено на гістограмі, значно відрізняються.

Чому такі розбіжності? Одна з причин – учителі часто завищують своїм учням оцінки, тобто не завжди об'єктивно оцінюють результати їхньої навчальної діяльності.

Розглянемо чинники, які негативно впливають на якість шкільної фізико-математичної освіти.

Педагогічна громадськість досить часто вказує на зменшення годин для вивчення цих предметів.

Ми про це вже говорили на підсумковій колегії, але ще раз нагадаю. Звичайно, у 50-х роках минулого століття на вивчення математики та фізики відводилося значно більше годин, проте сьогодні відбулися суттєві зміни у соціально-економічній сфері, у житті загалом, відповідно з'явилася потреба вивчати нові предмети.

Окрім того, якщо порівнювати Україну з іншими державами, які мають високі досягнення у міжнародних дослідженнях (Сінгапур, Тайвань, Корея), на вивчення фізики та математики у нас відведено стільки ж, як і в них, чи навіть більше годин.

Результати державної підсумкової атестації учнів класів філологічного та суспільно-гуманітарного профілів, для яких математика не є обов'язковим предметом для атестації, майже не відрізняються від показників учнів універсального профілю, для яких математика є обов'язковим предметом і на її вивчення відводиться більша кількість годин. Отже, насправді важливим є не те, скільки часу затрачає вчитель та викладач на вивчення теми, а те, як він це робить.

Переструктурування навчального матеріалу між основною та старшою школами, запровадження профільного навчання забезпечили збереження або збільшення кількості годин на вивчення математики та фізики.

З історії відомо, що у країнах із тоталітарним режимом на вивчення математики відводиться багато годин. У таких державах одинадцятирічну дитину можна було змусити щодня упродовж трьох місяців додавати і віднімати дробі з різними знаменниками. Сучасним же дітям треба пояснити, з якою метою вивчається та чи інша тема.

Обсяг і зміст навчального матеріалу постійно перебувають у протиріччі з потребою розвантаження школярів, прагненням відібрати для вивчення матеріал, найважливіший для життя.

Інша проблема – забезпечення підручниками спеціалізованих навчальних закладів фізико-математичного профілю.

Другим чинником, що визначає рівень шкільної фізико-математичної освіти, є кваліфікація вчителів і викладачів. Система підготовки кадрів та підвищення їхньої кваліфікації потребує модернізації. На спільній нараді начальників управлінь освіти і науки та ректорів інститутів післядипломної педагогічної освіти, яка відбулася на Івано-Франківщині 23–24 жовтня цього року, ми обговорили питання щодо поліпшення кваліфікації вчителів.

Якими ж є основні вади теперішньої фізико-математичної освіти?

Результати участі учнів 4-х та 8-х класів у міжнародних порівняльних дослідженнях природничо-математичної освіти виокремлюють недоліки в організації фізико-математичної підготовки учнів. Зокрема, невміння школярів застосовувати набуті знання та вміння до реальних ситуацій, характерних для повсякденного життя. Ці недоліки зберігаються майже до закінчення школи, про що свідчить аналіз виконання випускниками завдань зовнішнього незалежного оцінювання. Відтак випускник не готовий до використання фізико-математичних знань у реальному житті.

Однією з причин є те, що вчителі традиційно орієнтуються на запам'ятовування певних абстрактних алгоритмів дій, а не на організацію пошукової діяльності учнів.

Існує чітка залежність між якістю виконання завдань учнями та кількістю навчального часу, який відведено учителям на проведення експериментальної діяльності на уроці та вдома.

Завдання з фізики відкритого типу для перевірки вміння учнів формулювати гіпотези дослід-

ження, постановки дослідів і спостережень, оформлення їхніх результатів значно краще виконали ті восьмикласники, які в анкеті вказали, що майже на кожному уроці вони працюють у малих групах, проводять спостереження або дослідження. Натомість третина восьмикласників, які брали участь у дослідженні, навіть не намагалися виконувати вказані завдання. Зверніть увагу! Не те, що не зуміли, а навіть не намагалися!

Такі результати можуть бути зумовлені різними чинниками. Наприклад, невиконанням у повному обсязі практичних та експериментальних робіт, передбачених навчальними програмами чи неефективною організацією навчального процесу на уроці.

Лише чверть опитаних школярів пов'язують те, що вивчають на уроках фізики та математики, із повсякденним життям і самостійно ухвалюють рішення щодо виконання складних завдань. Тобто результати навчання зорієнтовані не на здійснення пошукової діяльності учнів, формування предметних та життєвих компетенцій.

Третім чинником, що негативно впливає на стан фізико-математичної освіти, є недостатнє забезпечення навчальних закладів відповідним обладнанням.

Вивчення фізики передбачає оволодіння експериментальними методами дослідження природи. За даними анкетування майже половина учителів фізики демонструють явища або роблять експериментальні дослідження приблизно на половині уроків. Вражає той факт, що понад 2 % учителів фізики (майже 800 осіб) ніколи не проводили експериментів або досліджень, попри те, що виконання лабораторних робіт є обов'язковою складовою навчальної програми.

З метою поліпшення ситуації з оновленням матеріально-технічної бази Міністерство освіти і науки України передбачило комплекс заходів щодо відтворення системи забезпечення шкіл. Закупівля навчального обладнання для кабінетів математики, фізики проводиться цього року за рахунок коштів, передбачених проектом "Рівний доступ до якісної освіти в Україні", що реалізується Україною спільно зі Світовим банком.

Найближчим часом такі кабінети надійдуть до навчальних закладів 32-х опорних шкіл 6 пілотних областей (Житомирська область – Черняхівський

район, Рівненська область – Сарненський район, Закарпатська область – Хустський район, Львівська область – Сокальський район, Чернігівська область – Менський район, Херсонська область – Новотроїцький район).

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активним впровадженням у навчальний процес комп'ютерних технологій. Зокрема, у фізичному експерименті вони можуть бути засобом вимірювання, обробки результатів дослідження, джерелом інформації для проектування дослідницько-пошукової діяльності, з їх допомогою можна створити віртуальний світ для експериментального пізнання фізичних явищ і процесів.

За статистикою з комп'ютерною технікою уміють працювати майже 80 % педагогічних працівників, але досить мало учителів використовують комп'ютер на уроці. І це при тому, що в школах країни апробують більше десяти назв програмно-педагогічних засобів із фізики і стільки ж із математики. 65 % учителів звертають увагу на недостатню кількість комп'ютерної техніки, що значно впливає на процес вивчення природничо-математичних дисциплін.

У межах проекту Міністерства та Світового банку "Рівний доступ до якісної освіти" за 9 місяців 2008 року вже 275 шкіл забезпечені навчально-комп'ютерними комплексами і ще 252 школи отримають їх до кінця цього року.

З метою поліпшення якості шкільної фізико-математичної освіти належить:

1. Міністерству освіти і науки АР Крим, управлінням освіти і науки обласних, Київської та Севастопольської міських державних адміністрацій, Інститутам післядипломної педагогічної освіти, ректорам педагогічних та класичних університетів до 1 вересня 2009 року забезпечити підвищення кваліфікації (щонайменше тижневе) учителів математики та фізики, які працюють чи працюватимуть у профільних класах та класах із поглибленим вивченням цих предметів.

Спрямувати підготовку вчителів на навчання школярів використовувати набуті знання та вміння до реальних життєвих ситуацій; на формування умінь інтерпретувати кількісну інформацію, що подана у вигляді таблиць, діаграм та графіків реальних залежностей; на розвиток просторових геометричних уявлень у учнів; на навчання школярів

самостійно отримувати потрібну інформацію, аналізувати її, виконувати обчислення та вибирати оптимальне рішення.

2. Керівникам загальноосвітніх навчальних закладів взяти під контроль виконання навчальної програми з фізики, проведення дослідів, експериментальних, практичних та лабораторних робіт.

3. Департаменту загальної середньої та дошкільної освіти спільно з Інститутом інноваційних технологій та змісту освіти:

- у 2009/2010 навчальному році запровадити у 9-х класах державну підсумкову атестацію з математики (інтегрований іспит з алгебри та геометрії);

- організувати упродовж 2009–2011 рр. розроблення якісної навчальної літератури з природничо-математичних дисциплін на основі компетентісного підходу до вивчення предметів у старшій профільній школі;

- у 2009 році організувати проведення національного моніторингового дослідження рівня володіння комп'ютером учнями 10-х класів;

- до квітня 2009 року організувати розроблення оновленого Переліку засобів навчання та обладнання для кабінетів фізики;

- у 2010 році організувати проведення апробаційних міжнародних моніторингових досліджень якості природничо-математичної освіти учнів 4-х та 8-х класів (TIMSS), а в 2011 році – участь у міжнародних моніторингових досліджень якості природничо-математичної освіти учнів 4-х та 8-х класів (TIMSS);

- упродовж наступного року забезпечити відродження випуску науково-популярної літератури для дітей та навчального телебачення, які б популяризували науку та її досягнення.

4. Міністерству освіти і науки АР Крим, управлінням освіти і науки обласних, Київської та Севастопольської міських державних адміністрацій, Інститутам післядипломної педагогічної освіти, керівникам загальноосвітніх навчальних закладів організувати передплату науково-методичних журналів “Математика в школі”, “Фізика та астрономія у школі”, “Інформатика та інформаційні технології у навчальних закладах”, науково-популярних журналів “Світ фізики”, “Світогляд”, “Математичної газети”.

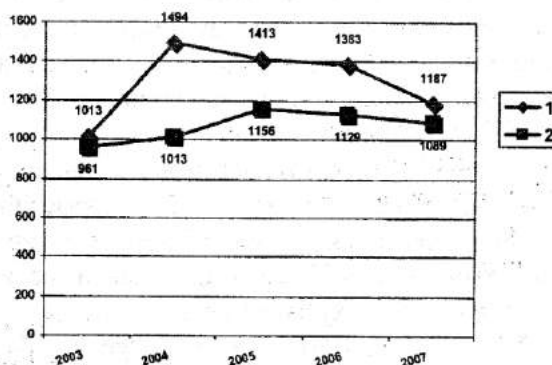
5. Департаменту економіки та фінансування передбачити з 2010 р. бюджетне фінансування поділу класу на групи під час проведення практичних робіт у класах із поглибленим вивченням математики та фізики і передбачити можливість матеріального заохочення учителів, які проводять апробацію нових підручників та навчального обладнання.

Фізико-математична освіта у вищій школі

Сьогодні в Україні у галузі знань “Фізико-математичні науки” підготовка фахівців із вищою освітою здійснюється за напрямками “Фізика”, “Прикладна фізика”, “Математика”, а в галузі знань “Системні науки та кібернетика” за напрямом підготовки “Прикладна математика”. За такими ж спеціальностями здійснюється підготовка кадрів вищої кваліфікації згідно з Переліком спеціальностей Вищої атестаційної комісії.

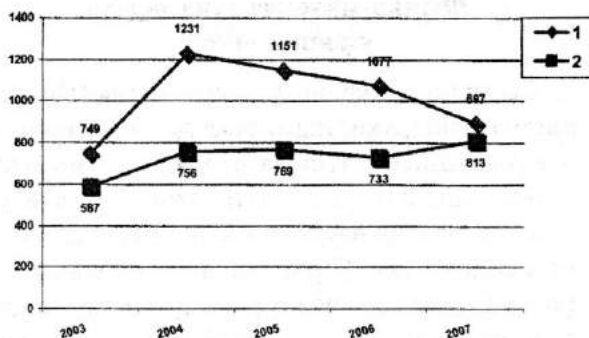
Підготовка фахівців з напрямку “Математика” здійснюється в 15 вищих навчальних закладах, “Прикладна математика” – у 44, “Фізика” – у 22, “Прикладна фізика” – у 13.

Обсяги прийому за напрямками “Математика” і “Фізика” останніми роками зменшувалися, що викликано об’єктивним станом фундаментальних наук у країні і відповідною потребою у кадрах.



Діаграма 4. Динаміка прийому за напрямками підготовки 6.040201 “Математика” (1) та 6.010103 “Педагогіка і методика середньої освіти. Математика” (2)

Кажучи про “погані” знання студентів із фізики та математики, не слід також забувати, що на фізико-математичних факультетах часто вчаться діти, які не вступили на престижні тепер спеціальності, особливо з економіки та юриспруденції. Коли даємо оцінку якості шкільної фізико-математичної освіти, слід ураховувати “відтік” тих, хто добре готувався до іспиту з математики.



Діаграма 5. Динаміка прийому за напрямками підготовки 6.040203 “Фізика” (1) та 6.010103 “Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика” (2)

Водночас колишні педагогічні університети, набуваючи статусу класичних, почали трансформувати окремі відгалуження напряму педагогічної освіти у класичні.

На думку багатьох практичних працівників вищої школи, однією з причин складної ситуації у вищій школі, яку сьогодні обговорюємо, стало зменшення обсягу часу на вивчення математики і фізики.

Аналіз галузевих стандартів відповідних напрямів підготовки показав, що обсяг професійно-орієнтованих дисциплін відповідних напрямів коливається у межах 53–60 % від загальних обсягів годин на підготовку бакалаврів.

У конкурентній боротьбі за хоч “яких-небудь” абітурієнтів багато вищих навчальних закладів скасували вступні екзамени з математики та фізики, попри те, що до їхніх навчальних планів фізика і математика входить як обов’язковий предмет фундаментальної підготовки. Як наслідок, попит

на якісну шкільну фізико-математичну підготовку зменшився. Вступ на фізико-математичні факультети університетів і до технічних вищих навчальних закладів став можливим із нижчим рівнем підготовки. Тому окремі прогалини в знаннях шкільного матеріалу доводиться компенсувати за рахунок частини циклу фізико-математичних дисциплін вищої школи.

Для відновлення належного рівня фізико-математичної освіти у країні треба суттєво збільшити частину шкіл, де у старшій школі вивчення фізико-математичних дисциплін буде профільним. Всі майбутні абітурієнти вищих навчальних закладів, де фізика і математика є фундаментом фахової підготовки, мусять мати змогу здобувати середню освіту саме в закладах фізико-математичного профілю.

Вищі навчальні заклади ще недостатньо активно проводять профорієнтаційну роботу у загально-освітніх закладах профільного навчання, а ця робота може забезпечити відповідну якість знань абітурієнтів та якість освіти майбутніх фахівців і професіоналів фізико-математичних спеціальностей.

Не менш важлива фізико-математична освіта для фахівців інших напрямів, де вона є основним інструментом засвоєння фахових дисциплін і майбутньої професійної діяльності. Зокрема, природничі, економічні, соціальні, інформаційні, гуманітарні науки, які вимагають ґрунтовного володіння основами статистичного аналізу, розуміння принципів математичного моделювання.

Особливо важливою фізико-математична наука є для фахівців інженерно-технічного профілю. Доведено, що під час вивчення цієї науки у будь-якого фахівця закладається не лише методологічний, а й психофізіологічний фундамент системного, логічного та критичного мислення, що є життєво необхідним.

Кількість годин на вивчення математики і фізики за такими напрямками підготовки фахівців із вищою освітою коливається від 90 до 648 годин математики та від 90 до 540 годин фізики.

Загрозливого зниження обсягів часу на вивчення математики не відбулося, а за окремими напрямками вони навіть зросли.



Діаграма 6. Обсяги фізико-математичної підготовки за напрямми

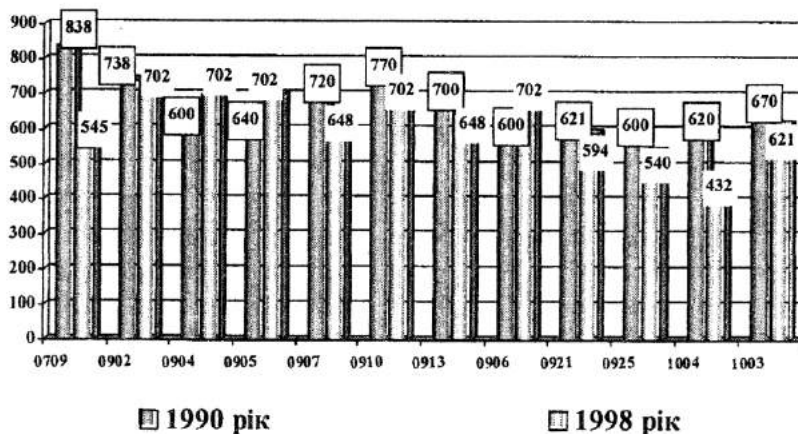
Така ж ситуація і з годинами на вивчення фізики.

Обсяг навчального часу, що відводиться на вивчення математики та фізики в “нематематичних” напрямках освіти, переважно не менший, ніж в інших країнах.

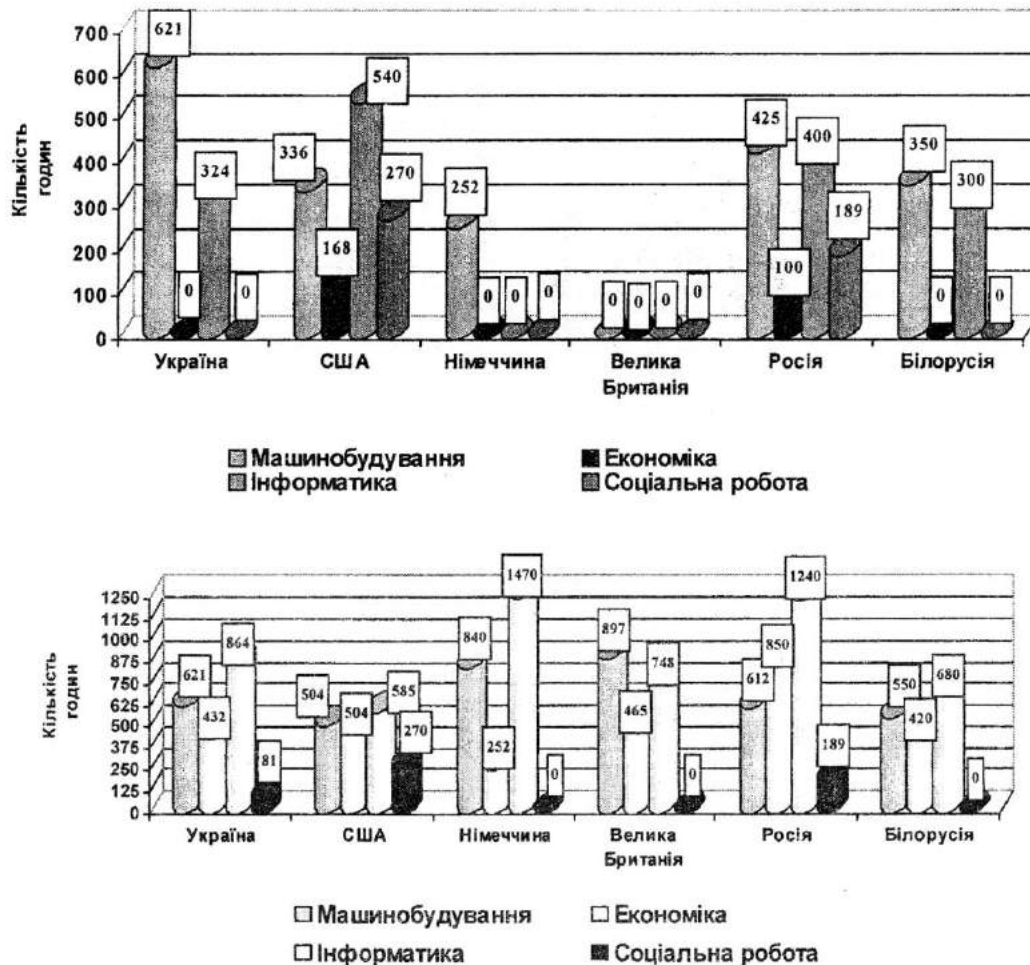
Мова про те, що під час формування навчальних планів у вищих навчальних закладах або свідомо йдуть на порушення встановлених нормативних показників, або передають частину

навантаження на випускаючі кафедри у вигляді різного роду спецкурсів. Виправдовується це тим, що їхнім фахівцям окремі теми з математики чи фізики читати “не потрібно”, бо, мовляв, вони не використовуються у спеціальних курсах. Особливо це стосується курсу фізики.

При цьому забувають, що математика і фізика, як і кожна дисципліна, має свою логіку викладання. І таке перекроювання навчальних планів є одним із чинників погіршення якості освіти.



Діаграма 7. Обсяги навчального часу викладання математики (інженерно-технічні напрямки, 1990/1998 роки)



Діаграми 8. Порівняння обсягів навчального часу на вивчення математики та фізики

Тому просимо вас, шановні ректори, розпочати роботу з перегляду робочих навчальних планів із метою відновлення “статусу-кво” математики і фізики як за їхнім місцем у структурно-логічних схемах, так і за обсягами викладання цих дисциплін у блоці нормативних дисциплін.

Контроль за цією роботою та її супровід покладаю на департамент вищої освіти.

У системі вищої освіти підготовка учителів фізико-математичного спрямування здійснюється у 16 вищих педагогічних університетах за напрямками підготовки “Математика” (6.040201) та “Фізика” (6.040203).

Випускникам класичних університетів за спеціальностями “Фізика” та “Математика” може

присвоюватися кваліфікація вчителя фізики та математики за умови виконання психолого-педагогічної, методичної та практичної складової відповідного галузевого стандарту педагогічної освіти.

З метою подальшого підвищення якості фізико-математичної підготовки педагогічних працівників сьогодні здійснюється перегляд та вдосконалення змісту освіти відповідно до вимог Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти.

Аналіз структури і обсягів підготовки фахівців напряму виявив, що за останні 30 років спостерігаються певні позитивні тенденції щодо професійної підготовки учителів математики і фізики, зокрема, значно збільшено обсяги часу та розширено перелік навчальних дисциплін.

Обсяги професійної фізико-математичної методичної підготовки та фізико-математичної підготовки зросли на 1000 годин. Водночас обсяги практичної підготовки скоротилися майже вдвічі.

Особливо турбують такі негативні тенденції: необґрунтоване скорочення практичної та психолого-педагогічної підготовки вчителів у класичних університетах, скорочення обсягів дисциплін “Методика навчання фізики (математики)”, “Методика застосування комп’ютерної техніки під час викладання фізики (математики)”. Це, звісно, можна пояснити недостатнім забезпеченням вищих навчальних закладів сучасним лабораторним обладнанням для проведення лабораторних і практичних занять. Але наслідком такої політики є слабка педагогічна підготовка учителів, що, своєю чергою, зумовлює зниження зацікавлення учнів до цієї чудової дисципліни.

У зв’язку з упровадженням у школах профільного навчання потребують також істотних змін освітньо-професійні програми галузевих стандартів вищої освіти з підготовки учителів фізики і математики.

Гострою є проблема підготовки педагогічних працівників фізико-математичного профілю за поєднаними спеціальностями та спеціалізаціями з наданням додаткових кваліфікацій. Наприклад, “Математика і фізика”, “Фізика і астрономія”, “Математика і інформатика”.

На часі формування докорінно нового змісту педагогічної освіти з принциповими змінами в структурі та змістовному наповненні фундаментальної, психолого-педагогічної, методичної, практичної і гуманітарної та соціально-економічної підготовки учителів.

Всі ці питання також обговорювали на спільній нараді начальників управлінь освіти облдержадміністрацій та ректорів інститутів післядипломної педагогічної освіти на Івано-Франківщині. Ми плануємо провести на початку грудня спільну нараду з начальниками обласних управлінь освіти, ректорами класичних і педагогічних університетів.

Важливими є також питання методології, формування змісту освіти та якості освіти, теоретичних засад моделювання навчального середовища, науково-методичного забезпечення розвитку освіти.

Через те ректорам вищих навчальних закладів, які здійснюють підготовку за педагогічними спеціальностями упродовж 2009 року, потрібно:

– докорінно оновити зміст вищої педагогічної освіти та внести принципові структурні зміни у підготовку вчителя;

– вжити заходів щодо створення нових та підвищення ролі діючих наукових шкіл, реалізація інноваційних підходів у педагогічній освіті, зв’язок наукових досліджень університету з потребами регіону.

Водночас Інститут інноваційних технологій і змісту освіти із залученням провідних фахівців педагогічної освіти має негайно приступити до розроблення сучасних державних стандартів вищої педагогічної освіти, розпочати роботу щодо адаптації Переліку напрямів (спеціальностей) та їхнього поєднання з додатковими спеціальностями і спеціалізаціями для підготовки педагогічних працівників до вимог Болонської декларації, зокрема, підготовки педагогічних працівників за програмою “інтегрованого” магістра. Цю роботу треба завершити 2009 року.

Відомо, що якість фізико-математичної освіти в навчальних закладах значною мірою залежить від постійного і системного підвищення професійного рівня педагогічних працівників.

Професійне зростання викладачів фізико-математичних дисциплін вищих навчальних закладів вимагає створення обґрунтованої системи підвищення їхнього професійного рівня з урахуванням національних напрацювань і традицій.

Без сумніву, ключовим питанням є забезпечення вищих навчальних закладів підручниками державною мовою.

Аналіз ситуації показує, що забезпеченість підручниками і навчальними посібниками державною мовою сьогодні становить: соціально-гуманітарний напрям – 91 %; економічний напрям – 84 %; природничо-математичний напрям – 62 %, інженерно-технічний – лише 55%.

Однією з причин цього стану є незадовільне фінансування видання навчальної літератури для вищої школи. Якщо 2004 року на ці цілі виділялося 11 млн грн., 2007 року – 6,6 млн грн., то в поточному – жодної гривні, оскільки Верховна Рада не ухвалила зміни до бюджету.

Враховуючи це, Міністерство до 1 листопада завершило формування програми “Підручник вищої школи”.

Наразі у вищій школі вирішення цієї проблеми значною мірою залежить від активності навчального закладу. Створення підручників нового покоління має стати справою кожного професора, кожного доцента. Міністерство готове прийняти рішення, що однією з основних умов здобуття цих наукових звань має стати підготовка підручника або навчального посібника державною мовою.

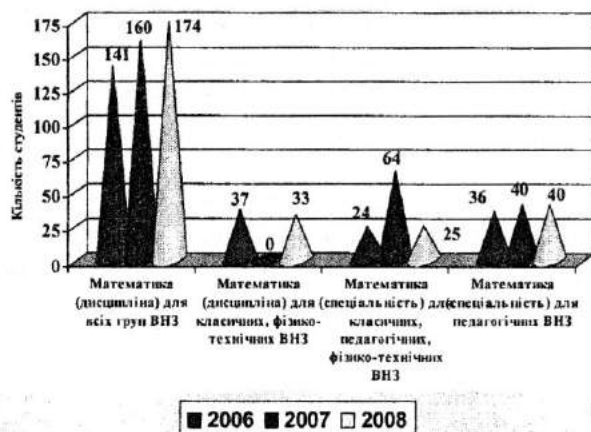
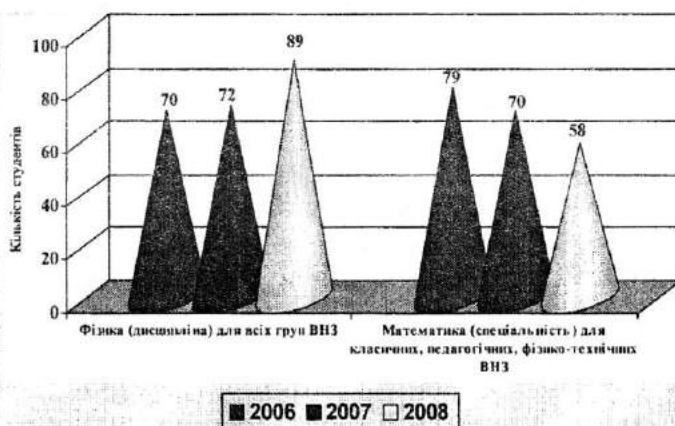
Одним із складних питань є викладання у вищих навчальних закладах державною мовою.

За умовами Болонського процесу, комунікація рідною мовою є однією з основних умов формування змісту навчання. Мова йде про цивілізований, коректний, академічний підхід до вирішення цієї проблеми, і насамперед – шляхом створення комунікативного поля серед професорсько-викладацького складу та студентів.

Зважаючи на те, що за останні десять років матеріально-технічна база вищих навчальних закладів оновлюється дуже повільно, загальний стан забезпечення сучасним демонстраційним і лабораторно-практичним обладнанням навчання дисциплін фізики та математики досить низький. Це зумовлено рівнем моральної та фізичної застарілості навчального обладнання, що унеможливує проведення лабораторних робіт і практикумів на належному рівні, а використання навчального лабораторного обладнання займає понад 50 % навчального часу.

Пояснюється це зростаючим розривом між сучасними вимогами освіти і динамікою розробок, виробництва, сертифікації та постачання засобів навчання й обладнання до навчальних закладів. Централізовані поставки засобів навчання й обладнання здійснювалися з періодичністю (в середньому) у 10 років.

Вирішення цих проблем має стати пріоритетом програмних заходів різного рівня з питань під-



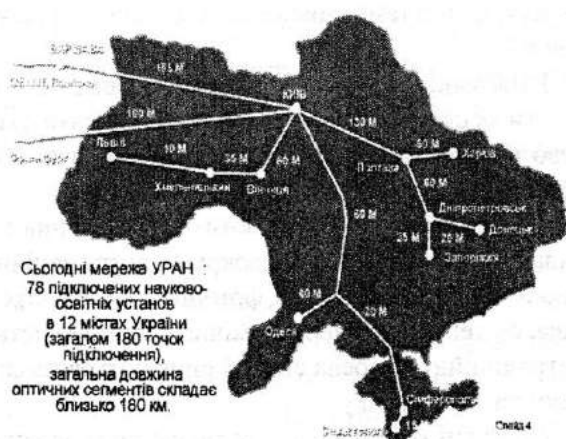
Діаграми 9. Участь студентів у II етапі Всеукраїнської студентської олімпіади з математики та фізики

вищення якості природничо-математичної освіти, а використання засобів демонстрації фізичних ефектів під час читання лекцій та проведення лабораторних робіт у повному обсязі – обов'язковою умовою реалізації навчального процесу.

На виконання відповідної Комплексної програми Міністерство здійснює закупівлю обладнання, кабінетів математики для вищих навчальних закладів I–II рівнів акредитації, зокрема, на закупівлю кабінетів математики для вищих навчальних закладів I–II рівнів акредитації виділено майже 500 тис грн., але, з погляду загального стану лабораторного обладнання, це дуже мало.

Одним із шляхів поліпшення якості фізико-математичної освіти є забезпечення доступу освітянам і науковцям до світових інформаційних ресурсів, надання можливості вільно використовувати в навчальному та дослідницькому процесах надбання світової науки.

Для цього Міністерство провело відповідну роботу щодо наповнення науково-освітньої мережі "УРАН", яка інтегрована до загальноєвропейської мережі GEANT, електронними ресурсами відомих світових бібліотек і наукових видавництв.



Мережа "УРАН"

Сьогодні проаналізовано перелік світових видавництв, які надають доступ до своїх електронних колекцій наукової періодики, та сформовано список із пріоритетних видавництв для існуючих та потенційних користувачів мережі "УРАН".

Із 15 вересня цього року через мережу "УРАН" здійснюється програма тестового під'єд-

нання до 2500 журналів з усіх галузей знань (видавництва Springer, Cambridge University Press, Royal Society of Chemistry, Nature Publishing Group, AAAS, Blackwell Publishing/Wiley, American Physical Society). Водночас це не виключає можливості (навіть потреби) передплатувати університетським бібліотекам інші електронні журнали, потрібні науковцям, викладачам і студентам.

Отже, вже зараз всі користувачі мережі "УРАН" на всій території України мають вільний доступ до зазначених ресурсів і можуть використовувати їх у своїй роботі. Така можливість сьогодні є безпрецедентним і дуже важливим кроком для України та її наукового потенціалу.

Переконаний, що всі ректори обов'язково мають скористатися нагодою і під'єднатися до цієї мережі.

Одним із головних важелів поліпшення стану фізико-математичної освіти є цілеспрямована праця щодо виявлення, розвитку та реалізації творчих здібностей студентів у галузі фізики та математики, посилення зацікавленості до наукової діяльності шляхом підготовки масових заходів і проведення інформаційно-просвітницької роботи.

Наймасовішою формою пошуку і підтримки обдарованої студентської молоді є Всеукраїнські студентські олімпіади, Всеукраїнські конкурси наукових робіт студентів із природничих, технічних і гуманітарних наук.

Нині нагальним завданням стає створення гнучких і довготермінових освітніх програм для обдарованих дітей і молоді.

Як один із варіантів такої взаємодії може бути реалізована система неперервної фізико-математичної освіти, створення неперервного ланцюжка: школа – вищий навчальний заклад – аспірантура. Це дасть змогу ефективно координувати програми навчальних закладів різних рівнів, залучати учнів і студентів до наукової творчості та забезпечувати їм можливість спілкуватися з провідними науковцями.

Не варто забувати і про профорієнтаційну роботу, якість якої значною мірою може впливати на якісний склад абітурієнтів вищих навчальних закладів, особливо якщо такі програми реалізуються на ранніх етапах формування професійних інтересів молоді.

Ця проблема має знайти відображення в Умовах прийому до вищих навчальних закладів наступного року. Під час вступу абітурієнта на напрямки підготовки, де фізика і математика є об'єктом чи інструментом майбутньої професійної діяльності, конкурсний відбір з цих предметів має бути обов'язковим.

Перед вищою фізико-математичною освітою постала низка викликів, зокрема, протиріччя між сферою вищої освіти і ринком праці, проблемою кадрового забезпечення вищих навчальних закладів та їхнім недостатнім фінансуванням. Розв'язання цих проблем вимагає системного, комплексного підходу. Має бути передбачена реалізація низки програмних заходів державного рівня на найближчий час і перспективу.

Наступного року Інститут інноваційних технологій і змісту освіти має розробити:

- Програму видання підручників для вищої школи, створених українськими авторами і перекладених українською мовою кращих світових зразків;

- Програму розвитку матеріально-технічної бази навчальних і науково-дослідних лабораторій на 3–4 роки.

Упродовж 2010 року Інститут спільно з провідними вищим навчальними закладами має розробити і реалізувати Програму популяризації математичних і природничих наук шляхом створення власних та закупівлі й перекладу українською мовою просвітницьких циклів телепрограм; започаткування українських науково-популярних періодичних видань. Окрім того, треба організувати масштабну передплату для бібліотек вищих навчальних закладів наукової, навчальної, довідкової, науково-популярної літератури математичного та природничо-наукового профілю.

Департаменту вищої освіти 2009 року спільно з Українським центром оцінювання якості освіти треба відпрацювати варіант стабільних Умов прийому до вищих навчальних закладів на наступні роки з урахуванням специфіки підготовки фахівців із фізико-математичних та педагогічних напрямів підготовки, а також розробити остаточний, науково-обґрунтований варіант поєднання спеціальностей педагогічного профілю.

Упродовж 2009–2011 років об'єднаними зусиллями Департаменту міжнародного співробітництва та європейської інтеграції і Департаменту вищої освіти потрібно розробити і реалізувати Програму обміну та стажування викладачів і вчителів фізики та математики у найкращих навчальних закладах Європейського Союзу.

У цей же термін Департаменту науково-технологічного розвитку потрібно вирішити питання:

- виділення грантів на пріоритетні напрямки природничих наукових досліджень;

- видання наукових монографій українських авторів і перекладів фундаментальних монографій іноземних авторів;

- створення національного інформаційного освітнього порталу, розширення переліку науково-популярних телевізійних програм і журналів;

- організації поїздок для спільних наукових досліджень та участі у міжнародних наукових конференціях;

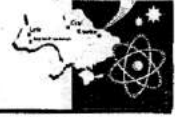
- розроблення та впровадження програмного забезпечення українською мовою.

Уже 2009 року Департаменту роботи з кадрами вищої школи та державної служби потрібно вирішити питання збільшення кількості місць із дисциплін природничо-математичного профілю для навчання аспірантів у національних університетах країни, а також збільшення розміру їхніх стипендій.

І насамкінець. Якість фізико-математичної освіти як складової фундаментальної освіти суттєво впливає на рівень науково-технологічного розвитку держави.

Майже всі напрями з п'ятого технологічного укладу світової економіки, зокрема, інформаційні технології, нанотехнології, фотоніка, оптоелектроніка, біотехнології, аерокосмічна промисловість, нетрадиційні джерела енергії спираються на фізику та математику.

Сьогодні кожен з нас має можливість внести та обговорити пропозиції для піднесення рівня фізико-математичної освіти у середній і вищій школах, розуміючи, що саме ми з Вами є відповідальними за її якість, а тому спільно сформулювати план дій Міністерства на найближчий час та на перспективу з усвідомленням, що саме фізико-математична освіта, зрештою, визначає не лише якість життя людей, а й, насамперед, рівень національної безпеки України.



*До 70-річчя від дня народження
члена-кореспондента НАНУ
Ігоря Васильовича Стасюка*

НАДЗВИЧАЙНО ІНТЕЛІГЕНТНИЙ ФІЗИК

Ігор Васильович Стасюк народився 23 вересня 1938 року в місті Бережани Тернопільської області в високоосвіченій, національно свідомій галицькій родині. Батько Ігоря був ученим-математиком, мати – викладачем музики. Батьки ще змалку привчили його до праці та порядності, привили любов до математики та фізики, музики та мистецтва.

Середню школу Ігор Стасюк закінчив у місті Стрию і у віці 16-ти років вступив на фізичний факультет Львівського державного університету імені Івана Франка, який закінчив з відзнакою 1959 року. Талант, праця та наполегливість Ігоря Стасюка привели його до швидких і ранніх успіхів у науці. Ще будучи студентом, Ігор Стасюк долучився до наукової роботи. Він мав багато розумних і порядних учителів, серед яких Абба Глауберман, Василь Міліянчук, Ігор Юхновський. Вони розвинули талант молодого вченого, ввели в світ актуальних фізичних проблем, передали своє вміння і бажання працювати.

Неповторна атмосфера панувала тоді серед фізиків Львівського університету імені Івана Франка: цікаві семінари, жваві наукові дискусії. Тоді зростала велика плеяда талановитих молодих науковців, які згодом склали основу не лише фізичного факультету ЛДУ, а й багатьох фізичних осередків Західної України.

У 1959–1962 роках Ігор Стасюк навчався в аспірантурі на кафедрі теоретичної фізики ЛДУ під керівництвом професора А. Ю. Глаубермана. Він 1963 року успішно захистив кандидатську дисертацію за темою “Метод вузлових елементарних збуджень в теорії неметалічних кристалів”.

Закінчивши аспірантуру, у 1962–1964 роках Ігор Васильович виконував обов’язки доцента кафедри теоретичної фізики ЛДУ, а у 1964–1970 роках працював спершу асистентом, а згодом – доцентом кафедри теорії твердого тіла.

І. Стасюку 1967 року присвоєно вчене звання доцента за спеціальністю “теорія твердого тіла”. Від 1970 року науковець працював на кафедрі теоретичної фізики ЛДУ на посаді доцента.

У 1978 році розпочався новий етап у науковій діяльності Ігоря Васильовича, пов’язаний з роботою в Академії наук України. Він перейшов до Інституту прикладних проблем механіки і математики АН УРСР, де працював на посаді старшого наукового співробітника.

Науковець 1983 року перейшов працювати до Львівського відділення статистичної фізики Інституту теоретичної фізики АН УРСР, яке на той час було основним осередком теоретичної фізики у Львові. Очолював відділення академік Ігор Юхновський. Творча атмосфера і дух, які панували і в ІІІММ, і в Львівському відділенні Інституту теоретичної фізики сприяли успішному завершенню роботи І. Стасюка над докторською дисертацією за темою: “Теорія індукованих зовнішніми полями ефектів у кристалах із структурними фазовими переходами”, яку він успішно захистив 1985 року в ІТФ АН УРСР.

Отримавши 1986 року вчене звання доктор фізико-математичних наук зі спеціальності “теоретична і математична фізика”, Ігор Стасюк очолив відділ квантової статистики Львівського відділення ІТФ АН України. У



1987 році науковцеві присвоєно звання професора за спеціальністю “теоретична фізика”.

На базі Львівського відділення ІТФ АН України 1990 року створено Інститут фізики конденсованих систем АН України, який став першим академічним інститутом фізичного профілю на теренах Західної України. Відтоді професор Стасюк є незмінним заступником директора Інституту з наукової роботи.

Ігоря Васильовича 1995 року обрали членом-кореспондентом НАН України за спеціальністю “теоретична фізика”.

Невтомна наукова праця, педагогічна діяльність і робота з численними учнями приносять професорові І. Стасюкові великий науковий авторитет в Україні та за її межами. Його праці широко цитують, він входить до складу організаційних та програмних комітетів багатьох фізичних конференцій.

Ученого 1993 року обрали дійсним членом Наукового товариства ім. Шевченка, нині він його віце-президент, 1996 року він став Соросівським професором.

Доктор фіз.-мат. наук І. Стасюк є автором майже 600 наукових праць. Наукову роботу упродовж усієї своєї діяльності він поєднує з вихованням молодих учених.

Педагогічний талант і вміння працювати з учнями привели науковця до створення “школи Стасюка”, яка є неповторною, високопрофесійною і невід’ємною частиною відомої у світі Львівської школи статистичної фізики.

За курсами лекцій, які читав і читає професор І. Стасюк у Львівському національному університеті імені Івана Франка, виховалося не одне покоління Львівських науковців. Його блискучі загальні теоретичні курси, а також спецкурси з теорії груп, квантової статистики, теорії твердого тіла, теорії фазових переходів пам’ятають усі львівські фізики, які мали змогу їх слухати. Нині професор І. Стасюк активно продовжує педагогічну діяльність, керуючи спеціалізацією “Фізика конденса-

них систем” при кафедрі теоретичної фізики ЛДУ імені Івана Франка. Серед його учнів є три доктори і дев’ятнадцять кандидатів наук. Представники наукової школи Стасюка працюють у багатьох наукових і навчальних центрах України.

Ігор Васильович активно займається науково-організаційною діяльністю. Він – заступник директора Інституту фізики конденсованих систем НАН України з наукової роботи, від 1993 року – заступник головного редактора журналу “Condensed Matter Physics”, член редколегій “Журналу фізичних досліджень” та “Фізичного збірника НТШ”, член наукових рад “Фізика твердого тіла” та “Фізика сегнетоелектриків і діелектриків” НАН України. І. Стасюк заступник голови секції “Фізика сегнетоелектриків” та член секцій “Теорія твердого тіла” та “Фізика високотемпературної надпровідності” Міжвідомчої наукової ради при Президії НАН України з проблеми “Фізика твердого тіла”, член секції статистичної фізики Наукової ради НАН України з проблеми “Фізика м’якої речовини”, спеціалізованих рад із захисту докторських дисертацій. Він є членом Міжнародного дорадчого комітету “Домени в фероїках і мезоскопічні структури”, виступав як організатор багатьох міжнародних конференцій зі статистичної теорії конденсованих середовищ і фізики сегнетоелектриків.

І. Стасюк є одним з ініціаторів і натхненником серії Українсько-польських конференцій з фізики сегнетоелектриків, що були започатковані у Львові 1990 року і вже мають свою історію і традиції. Він є також головою і членом організаційних і програмних комітетів багатьох міжнародних конференцій і симпозіумів.

Ігор Стасюк – науковець-професіонал високого рівня, надзвичайно інтелігентна, високоосвічена і порядна людина.

Галина Шопя

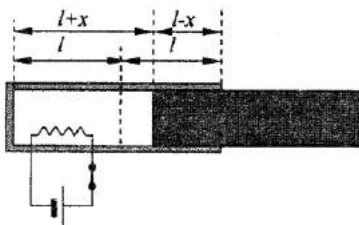
РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ XLV ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Вінниця, 2008)

(Умови задач Всеукраїнської олімпіади з фізики за 2008 року та розв'язки за 8–10 класи дивіться у журналі "Світ фізики", 2008. № 2)

11-й клас

Задача 1.

Малюнок з умови задачі:



Упродовж часу $t_1 = 41,55$ с температура газу лінійно зростає від $T_0 = 300$ К до $T_1 = 320$ К (див. ділянку графіка 1–2). Тому теплоємність газу буде:

$$C_{12} = \frac{Nt_1}{T - T_0} = \frac{10 \cdot 41,55}{20} = \frac{5}{2} R.$$

За умовою задачі газ двоатомний, то одержане значення теплоємності $C_{12} = C_V$. Це означає, що упродовж часу t_1 , після увімкнення нагрівника, поршень утримується силою тертя об стінки посудини, залишаючись нерухомим. Об'єм газу дорівнює V_0 .

Досягнувши температуру T_1 , тиск газу в посудині зростає до значення

$$p_1 = \frac{F}{S} + p_A, \quad (1)$$

де F – максимальне значення сили тертя спокою; S – площа перерізу поршня.

Поршень починає рухатись можливо з пришвидшенням. Рівняння руху поршня запишемо:

$$S \cdot p(x) - S \cdot p_a - F(x) = m\ddot{x}.$$

Оскільки за умовою задачі поршень легкий, то добуток $m\ddot{x} = 0$, тому

$$p(x) = p_a + \frac{F(x)}{S},$$

де $F(x)$ – сила тертя ковзання поршня по стінках циліндра в координаті x . Зважаючи на те, що сила реакції з боку стінок циліндра діє лише на частину поршня, запишемо:

$$F(x) = \frac{F(l-x)}{l}.$$

Тобто тиск газу змінюється за законом:

$$p(x) = p_A + \frac{F(l-x)}{S \cdot l} = p_1 - \frac{F \cdot x}{S \cdot l}, \quad (2, a)$$

тоді об'єм газу змінюється так:

$$V(x) = V_0 + xS = V_0 \left(1 + \frac{x}{l} \right). \quad (2, б)$$

Вилучивши з двох останніх рівнянь величину $\frac{x}{l}$, отримуємо залежність тиску від об'єму:

$$\begin{aligned} p &= p_1 + \frac{F}{S} - \frac{F \cdot V}{S \cdot V_0} = \\ &= (2p_1 - p_A) - (p_1 - p_A) \frac{V}{V_0} \end{aligned} \quad (3)$$

Рівняння (3) відповідає процесові, зображеному на графіку ділянкою 2–3–4. У цьому рівнянні невідома величина – тиск p_1 . Визначмо її з рівняння Менделєєва-Клапейрона, стосовно ділянки графіка 2–3–4.

$$RT(x) = V_0 \left(1 + \frac{x}{l} \right) \left(p_1 - \frac{F x}{S l} \right). \quad (4)$$

Тут температура $T(x)$ є квадратична функція від x . Температура газу досягає максимуму $T_m = 360$ К (рис. 2) при деякому значенні $\frac{x_m}{l}$, яке можна визначити з умови екстремуму функції $T(x)$:

$$T(x) = \frac{V_0}{R} \left(p_1 + p_1 \frac{x}{l} - \frac{F}{S} \frac{x}{l} - \frac{F}{S} \frac{x}{l} \cdot \left(\frac{x}{l} \right)^2 \right),$$

$$T'_x = 0,$$

$$\frac{V_0}{R} \left(\frac{p_1}{l} - \frac{F}{Sl} - \frac{F}{Sl^2} \cdot 2x_m \right) = 0,$$

$$\frac{p_1}{l} - \frac{F}{Sl} - \frac{2RF}{Sl^2} \cdot \frac{x_m}{l} = 0,$$

$$\frac{x_m}{l} = \frac{1}{2} \frac{p_1 - p_A}{F/S} = \frac{p_1 - p_A}{2(p_1 - p_A)}. \quad (5)$$

Із рівнянь (5) та (4) з урахуванням, що

$$p_1 V_0 = RT_1,$$

одержимо квадратне рівняння відносно

величини $\frac{p_A}{p_1}$

$$4 \left(\frac{T_m}{T_1} - 1 \right) \left(1 - \left(\frac{p_A}{p_1} \right) \right) = \left(\frac{p_A}{p_1} \right)^2.$$

Розв'язуючи рівняння з підстановкою числових значень T_1 та T_m , одержуємо $p_1 = 2p_A$. Тоді рівняння (3) процесу, який зображено на графіку ділянкою 2–3–4 матиме вигляд:

$$p = p_A \left(3 - \frac{V}{V_0} \right) \text{ або } \frac{V}{V_0} = 3 - \frac{p}{p_A}. \quad (6)$$

Початковий об'єм можна визначити з рівняння стану газу (точка 1) враховуючи, що

$$p_0 = p_1 \frac{T_0}{T_1} = \frac{15}{8} p_A.$$

Рівняння (6) можна записати у вигляді:

$$\frac{V(3 - V/V_0)}{T} = \text{const}.$$

Для визначення залежності теплоємності газу від об'єму на ділянці 2–3–4 використаємо перше начало термодинаміки для ідеального двоатомного газу в диференціальній формі.

$$\delta Q = \frac{5}{2} R dT + p dV.$$

Ми вважаємо, що теплоту, яку отримує газ завдяки тертю поршня об стінки посудини, можна знехтувати.

Звідси теплоємність газу буде:

$$C = \frac{5}{2} R + p \frac{dV}{dT}.$$

Із рівняння стану

$$p_A V \left(3 - \frac{V}{V_0} \right) = RT$$

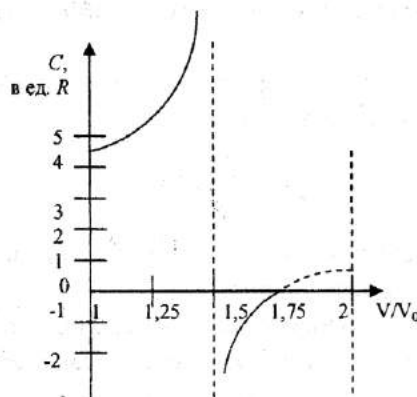
отримаємо

$$\frac{dV}{dT} = \frac{R}{(3 - 2V/V_0)p_A}.$$

Оскільки $p = p_A(3 - V/V_0)$,

то $C = \frac{5}{2} R + \frac{3 - V/V_0}{3 - 2V/V_0} R.$

На графіку схематично зображено залежність $C = f(V/V_0)$. Як бачимо, при $1,5 < V/V_0 < 1,75$ теплоємність від'ємна.



Задача 2.

Для напрямку обходу контура, що зображений на рис. 1 справджуються такі рівняння і співвідношення

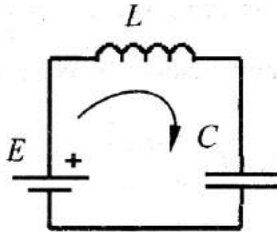


Рис. 1

$$\frac{q}{C} + L \frac{di}{dt} = E$$

або

$$q'' + \omega^2 q = \frac{E}{L},$$

де

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \quad i \quad i = \frac{dq}{dt}.$$

Якщо ввести нову змінну $(q - EC)$, то рівняння коливань матиме такий вигляд:

$$(q - EC)'' + \omega^2 (q - EC) = 0, \quad (1)$$

а його розв'язок

$$q = A \cos \omega t + EC.$$

Амплітуду A і початкову фазу j визначають із початкових умов $q(0) = 0$ і $i(0) = 0$.

Тоді

$$q(t) = EC(\cos \omega t - 1) \quad i \quad i(t) = \omega EC \sin \omega t. \quad (2)$$

Напруга і заряд на конденсаторі будуть максимальні за півперіоду. Тоді

$$q_{\max} = -2EC. \quad (3)$$

Перше перемикання.

Для контура, що зображено на рис. 2, початкові умови такі:

$$q(0) = |q_{\max}|, \quad i(0) = 0.$$

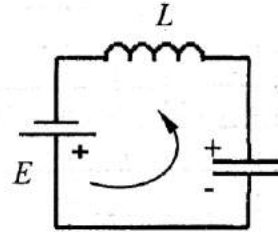


Рис. 2

Для вибраного напрямку обходу застосування другого правила Кірхгофа дає

$$-\frac{q}{C} + L \frac{di}{dt} = E \quad i \quad i = -\frac{dq}{dt}, \quad (4)$$

а рівняння коливань зводяться до такого вигляду:

$$(q + EC)'' + \omega^2 (q + EC) = 0. \quad (5)$$

Тоді

$$q = A \cos(\omega t + \varphi) - EC.$$

Із врахуванням нових початкових умов отримуємо $A = 3EC$ і, отже, після першого перемикання

$$q_1(t) = EC(3 \cos \omega t - 1) \quad i \quad i_1(t) = 3\omega EC \sin \omega t, \quad (6)$$

а максимальна напруга на конденсаторі

$$U_{1\max} = 4E.$$

Очевидно, що з наступними перемиканнями коливання описуються рівнянням (5), а початкові умови визначаються модулями максимальних значень заряду на конденсаторі і нулевим струмом. Узагальнюючи результати (6) на n перемикань, отримуємо

$$q_n(t) = EC[(2n+1)\cos \omega t - 1],$$

$$i_n(t) = \omega EC(2n+1)\sin \omega t \quad (7)$$

Напруга на конденсаторі

$$U_{n\max} = 2(n+1)E, \quad i_{n\max} = (2n+1)\omega EC.$$

На рис. 3 зображено залежності напруги на конденсаторі та струму в колі від часу зі зміною полярності джерела кожні півперіоду за відсутності втрат.

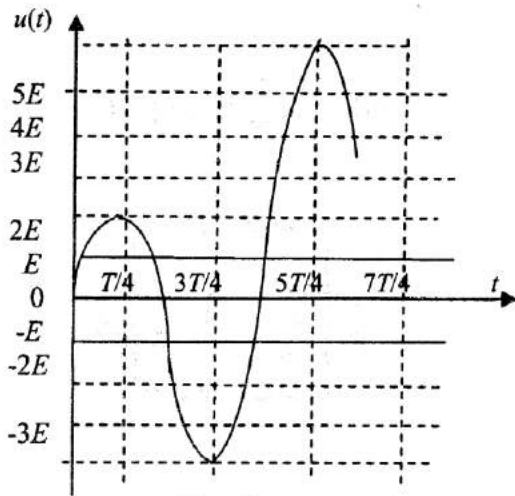


Рис. 3

Розглянемо контур з втратами.

Оскільки $r \ll \rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$, то зміною амплітуди струму і напруги за півперіоду, а також додатковим фазовим зміщенням між струмом і напругою можна знехтувати і користуватись вже одержаними результатами. Амплітуда напруги на конденсаторі і струму в контурі будуть сталі до досягнення такого значення, за якого енергія, що підводиться за півперіода від джерела, дорівнюватиме енергії, що втрачається за цей час.

Нехай енергетичний баланс у контурі встановиться за n перемикань. Розрахуймо енергію W , що отримує контур від джерела за півперіода:

$$W = \int_0^{T/2} E i_n(t) dt = E^2 C \omega (2n+1) \int_0^{T/2} \sin \omega t dt = 2E^2 C (2n+1) \quad (8)$$

Енергія, що втрачається за той самий час

$$W_r = \int_0^{T/2} i_n^2(t) r dt = \omega^2 E^2 C^2 r (2n+1)^2 \int_0^{T/2} \sin^2 \omega t dt = \frac{\pi}{2} \frac{r}{\sqrt{L/C}} E^2 C (2n+1)^2 \quad (9)$$

Прирівнюючи вирази (8) і (9), одержуємо

$$2n+1 = \frac{4 \sqrt{L/C}}{\pi r}$$

Оскільки

$$\sqrt{\frac{L}{C}} \gg r, \text{ то } n \gg 1 \text{ і } n \approx \frac{2 \sqrt{L/C}}{\pi r}$$

Тоді, використавши (7), одержуємо

$$u(t) = E \left(\frac{4 \sqrt{L/C}}{\pi r} \cos \omega t - 1 \right) \approx E \left(\frac{\sqrt{L/C}}{r} \cos \omega t - 1 \right)$$

$$i(t) = \frac{4}{\pi} \omega C E \frac{\sqrt{L/C}}{r} \sin \omega t \approx \frac{E}{r} \sin \omega t$$

Якщо втрати в контурі зумовлені внутрішнім опором джерела струму, то одержаний результат очевидний – сила струму в контурі не може перевищувати силу струму короткого замикання.

Задача 3.

1. Запишімо вирази для довжини шляху L^\pm в лабораторній (нерухомій) системі відліку (знак “+” відповідає хвилі, напрямком руху якої співпадає з напрямком обертання, знак “-”-хвилі, що розповсюджується в протилежному напрямку):

$$L^\pm = 2\pi R + R\Omega t^\pm,$$

де R – радіус кільця; Ω – кутова швидкість обертання; t^\pm – час, який витрачають хвилі на обхід кільця. Якщо V_ϕ – швидкість хвилі відносно нерухомого кільця, то відносно рухомого кільця матимемо в лабораторній системі відліку за релятивістським законом додавання швидкостей

$$V_\phi^\pm = \frac{V_\phi \pm R\Omega}{1 \pm \frac{V_\phi R\Omega}{c^2}}$$

де c – швидкість світла.

Тоді часи t^+ і t^- визначаються, як відношення

$$\frac{L^+}{V_\phi^+} \text{ і } \frac{L^-}{V_\phi^-}, \text{ відповідно:}$$

$$t^{\pm} = \frac{L^{\pm}}{V_{\phi}^{\pm}} = \frac{2\pi R \left(1 \pm \frac{V_{\phi} R \Omega}{c^2}\right)}{V_{\phi} \left(1 - \frac{R^2 \Omega^2}{c^2}\right)},$$

звідси знаходимо шукану різницю розповсюдження зустрічних хвиль

$$\Delta t = t^{+} - t^{-} = \frac{4\pi R^2 \Omega}{c^2 \left(1 - \frac{R^2 \Omega^2}{c^2}\right)}$$

2., 3. Зі знайденого виразу випливає, що різниця не залежить від швидкості розповсюдження хвилі, а, отже, не залежить від того, чи заповнений оптичним середовищем інтерферометр чи ні, і не залежить від природи хвиль, які генеруються джерелом.

4. Щоб обчислити різницю фаз зустрічних хвиль на виході кільця, зручно перейти в систему відліку k' , яка обертається разом із інтерферометром, через те, що інтерференційна картина, фіксується приймачем, який є нерухомим відносно системи, що обертається. За перетворенням Лоренца різниця часів розповсюдження зустрічних хвиль у системі відліку k' є

$$\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \frac{R^2 \Omega^2}{c^2}} = \frac{4\pi R^2 \Omega}{c^2 \sqrt{1 - \frac{R^2 \Omega^2}{c^2}}},$$

а різниця фаз зустрічних хвиль на виході з кільця

$$\Phi_S = \omega \Delta t' = \frac{4S\Omega\omega}{c^2 \sqrt{1 - \frac{R^2 \Omega^2}{c^2}}}$$

де S – площа кільця.

Коментар

Запропонована задача описує так званий ефект Саньяка:

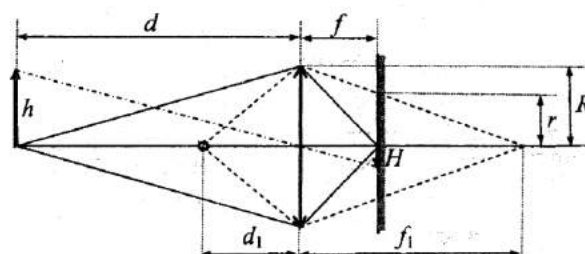
Ефект Ж. Саньяка (1913) поряд з експериментом Майкельсона-Морлі є одним з основоположних дослідів спеціальної теорії відносності. Дослід Саньяка довів принципову можливість експериментального визначення кутової швидкості обертання системи спостерігачем, розташованим всередині системи, тобто можливість визначення неінерційного руху системи для спостерігача, який є нерухомим відносно цієї системи.

Задача 4.



Кулі з острова Пасхи.

Фотоапарат фокусує чітке зображення людини на матриці або фотоплівці. Предмети, які знаходяться ближче або далі не будуть чіткі. Зображення маленьких краплинок перед об'єктивом буде утворюватись далеко позаду матриці, на якій потік світла від краплинки залишає блідну пляму радіусом r (див. рис.).



Запишемо систему рівнянь.

$$\begin{cases} \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \\ \frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}, \\ \frac{R}{f_1} = \frac{r}{f_1 - f}, \\ \frac{h}{H} = \frac{d}{f}. \end{cases}$$

Розміри, які ми міряємо на фотографії (H' і r') не співпадають з розмірами на матриці (H і r), але $H'/r' = H/r$. З урахуванням останнього рівняння з системи знаходимо

$$d_1 = \frac{d}{1 + \frac{h r'}{H' R}}.$$

Висота кадру відповідає висоті $h \approx 1$ м.

Для першої краплинки $r'/H' \approx 1/6$, для другої $r'/H' \approx 9/80$. Отже, $d_1 \approx 17$ см, $d_2 \approx 24,5$ см.

Аналогічні результати для відстані від краплинки до площини лінзи об'єктиву отримуємо, якщо краплинка знаходиться не на головній оптичній осі. Для не дуже великих кутів це є достатньо точна оцінка відстаней, які треба знайти.

Зауважимо, що розв'язок задачі відповідає випадку повністю відкритої діафрагми, на що вказує зйомка у печері за наявності у людини ліхтаря.

Також можна було б розглянути випадок, коли краплинка ближче до об'єктива, ніж його фокусна відстань. Особливості цього розв'язку більшою мірою пов'язані з конструктивними особливостями фотоапарату (розмірами матриці тощо...).

Нарешті ідея, що концентричні кола, а з ними й сама природа кругів, пов'язані з дифракційними явищами на отворі об'єктива, не витримує оціночних розрахунків.

Середня яскравість E_1 кола на фотографії пропорційна відношенню світлової енергії W_1 до

площі кола πr_1^2 , на яку вона падає. Енергія W_1 пропорційна до добутку енергії W_0 , яку віддзеркалює пилинка, і тілесного куту, який спирається

на площу об'єктива $\Omega = \frac{\pi R^2}{d_1^2}$. Енергія W_0 про-

порційна до добутку енергії W , яка випромінюється, і тілесного куту, який спирається на площу

пилінки $\Omega = \frac{S}{d_1^2}$.

Отже, $E_1 = \alpha \frac{WR^2 S}{d_1^4 r_1^2}$ – величина обернено про-

порційна четвертій степені відстані. Аналогічний вигляд має співвідношення для другої пилінки.

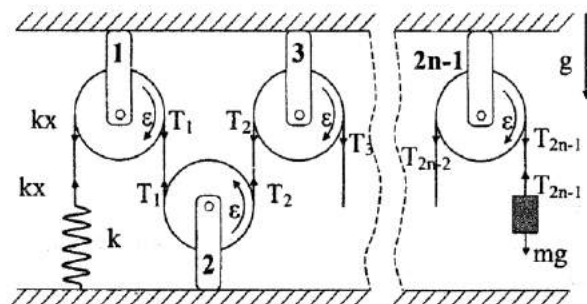
Якщо $E_1 = E_2$, маємо $d_1^2 r_1 = d_2^2 r_2$. З урахуванням попередніх рівнянь знаходимо:

$$d_1 + d_2 = d, \quad d_1 = \frac{d}{1 + \sqrt{r_1'/r_2'}},$$

$$d_2 = \frac{d}{1 + \sqrt{r_2'/r_1'}}, \quad R = \frac{h}{H'} \sqrt{r_1' r_2'}.$$

Задача 5.

На малюнку зображено введені позначення, сили, що діють у системі та пришвидшення, які набудуть блоки під час обертання в одному з напрямків. Завдяки кінематичної в'язі всі кутові пришвидшення блоків однакові, а пришвидшення тіла m пов'язане з кутовим пришвидшенням блоків співвідношенням: $a = \varepsilon \cdot r$.



ВИПУСКНИЙ ЕКЗАМЕН З ФІЗИКИ У США

В Україні 2008 року вперше провели незалежне тестування випускників шкіл із багатьох предметів, зокрема й з фізики. Пропонуємо нашому Читачеві задачі з фізики, які було запропоновано випускникам шкіл США. У такому пробному іспиті могли брати участь усі бажаючі. Результати іспиту враховували під час вступу до вищих навчальних закладів США.

I ТУР

Частина 1.

(по 2 бали за кожну правильну відповідь)

1. Якщо $\vec{A} = 2\vec{i} - 3\vec{j} + 4\vec{k}$ і $\vec{B} = 3\vec{i} - \vec{j} + 2\vec{k}$, модуль вектора A дорівнює:

- а) 1;
- б) 9;
- в) 11;
- г) 29;
- д) жодна з перелічених відповідей неправильна.

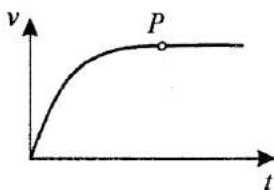
Скалярний добуток $\vec{A} \cdot \vec{B}$ дорівнює:

- а) $\sqrt{8}$;
- б) 17;
- в) $6\vec{i} + 3\vec{j} + 8\vec{k}$;
- г) $5\vec{i} - 4\vec{j} + 6\vec{k}$;
- д) жодна з перелічених відповідей неправильна.

2. Яка з цих ситуацій неможлива:

- а) тіло має швидкість, яка спрямована на північ, і пришвидшення, спрямоване на південь;
- б) тіло має швидкість, яка спрямована на північ і пришвидшення, спрямоване на північ;
- в) тіло має нульову швидкість і нульове пришвидшення;
- г) тіло має постійну швидкість і змінне пришвидшення;
- д) тіло має змінну швидкість і постійне пришвидшення?

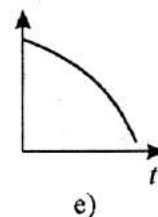
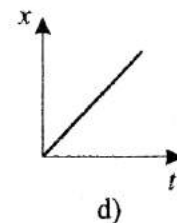
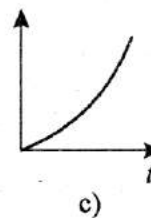
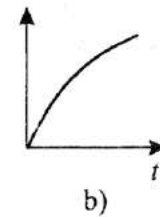
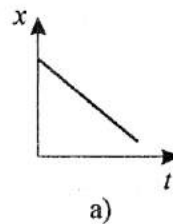
3. На малюнку зображено графік залежності швидкості машини від часу.



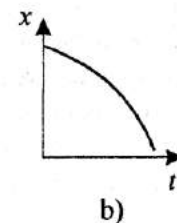
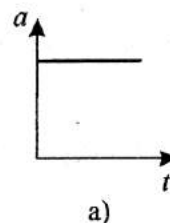
У точці P машина має:

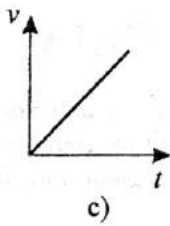
- а) рухатися з додатним пришвидшенням;
- б) рухатися з від'ємним пришвидшенням;
- в) рухатися з нульовим пришвидшенням;
- г) рухатися по кривій;
- д) нерухома.

4. На якому з графіків зображено рух тіла, швидкість якого зменшується?

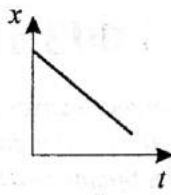


5. На якому з графіків зображено рух з постійною швидкістю?

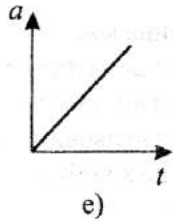




c)



d)



e)

6. Предмет скинули із заднього краю візка, який рухається прямолінійно по гладкій дорозі з постійною швидкістю. Тертям об повітря знехуйте. Предмет впаде:

- а) попереду візка;
- б) на візок;
- в) позаду візка;
- г) залежить від початкової швидкості предмета;
- д) залежить від швидкості візка.

7. Бомбувальник, що летить горизонтально, має скинути бомбу до того, як пролітатиме над ціллю. Нехтуючи опором повітря, визначте, який із висловів неправильний:

- а) бомбувальник знаходитиметься безпосередньо над бомбою, коли вона вибухне;
- б) пришвидшення бомби під час падіння не змінюється;
- в) швидкість літака дорівнює швидкості бомби, коли вона потрапляє в ціль;
- г) бомба рухається по криволінійній траєкторії;
- д) час польоту бомби не залежить від швидкості літака.

8. Куля, що вилетіла з рушниці горизонтально:

- а) зупиняється лише через опір повітря;
- б) знаходиться в повітрі довше, ніж куля, кинута донизу з такої ж висоти;
- в) рухається по прямій лінії;
- г) досягає землі одночасно з кулею, що кинули донизу з такої ж висоти;

д) досягає землі раніше, ніж куля, яку кинули донизу з такої ж висоти.

9. Частинка рухається по колу з постійною швидкістю. Вектори миттєвої швидкості та пришвидшення:

- а) протилежні один до одного;
- б) перпендикулярні;
- в) паралельні;
- г) постійні упродовж усього часу руху;
- д) жодна з перелічених вище відповідей неправильна.

10. Людина стоїть на терезах у кабіні ліфта. Терези дають найбільші покази, якщо ліфт:

- а) рухається донизу зі швидкістю, що зменшується;
- б) рухається догори зі швидкістю, що зменшується;
- в) рухається донизу зі швидкістю, що збільшується;
- г) рухається догори з постійною швидкістю;
- д) рухається донизу з постійною швидкістю.

11. У грі "перетягування каната" беруть участь дві команди. Кожна тягне канат на себе з силою 5000 Н. Сила натягу дорівнює:

- а) 2500 Н;
- б) 5000 Н;
- в) $5000\sqrt{2}$ Н;
- г) 10 000 Н;
- д) 0.

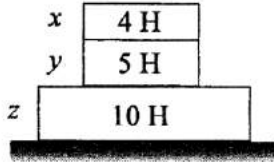
12. Машина рухається на схід з постійною швидкістю. Результируюча сила, що діє на машину, спрямована на:

- а) схід;
- б) захід;
- в) північ;
- г) південь;
- д) дорівнює нулеві.

13. Брусок зісковзує донизу по похилій площині з кутом нахилу 30° . Визначте, за якого коефіцієнта тертя ковзання він рухатиметься з постійною швидкістю:

- а) 2;
- б) $\sqrt{3}$;
- в) $1/\sqrt{3}$;
- г) $1/2$;
- д) не можна встановити.

14. На столі лежать три книжки. Силу тяжіння кожної, зображено на малюнку.



Сила, що діє на книжку z, дорівнює:

- а) 9 Н, донизу;
- б) 9 Н, догори;
- в) 19 Н, донизу;
- г) 19 Н, догори;
- д) жодна з перелічених вище відповідей неправильна.

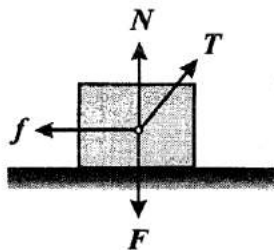
15. 1 ньютон – це сила:

- а) тяжіння тіла масою 1 кг;
- б) тяжіння тіла масою 1 г;
- в) яка тілові масою 1 кг надає пришвидшення 1 м/с^2 ;
- г) яка тілові масою 1 г надає пришвидшення 1 см/с^2 ;
- д) яка тілові масою 1 кг надає пришвидшення $9,8 \text{ м/с}^2$.

16. Попри те, що сили дії і протидії рівні за величиною і протилежні за напрямком, вони не врівноважують одна одну, тому що:

- а) насправді сила дії завжди трохи більша;
- б) сила протидії з'являється лише після прикладання сили дії;
- в) не всяка сила дії має силу протидії;
- г) ці сили діють на різні тіла;
- д) ці сили діють у різний час.

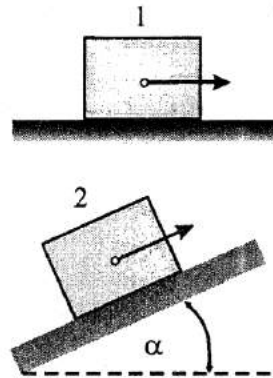
17. Хлопчик тягне дерев'яну скриню по шорсткій горизонтальній підлозі з постійною швидкістю. На малюнку зображено силу натягу мотузки T , силу тяжіння скрині F , силу нормальної реакції N і силу тертя f .



Яке з цих тверджень правильне:

- а) $T = f$ і $N = F$;
- б) $T > f$ і $N = F$;
- в) $T = f$, $N < F$;
- г) $T > f$ і $N < F$;
- д) жодне твердження неправильне.

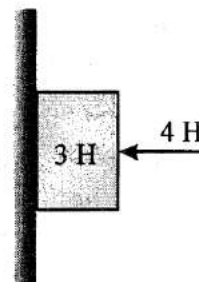
18. Важкий дерев'яний брусок поволі тягнуть по шорсткій поверхні, як зображено на малюнку.



Сила тертя, що діє на брусок, у випадку 2 порівняно з випадком 1:

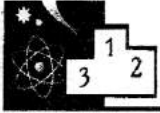
- а) більша;
- б) така ж;
- в) менша;
- г) не можна сказати однозначно – залежить від кута α .

19. Брусок, сила тяжіння якого 3 Н, притискують до стіни з силою 4 Н, напрямленою горизонтально.



Якщо коефіцієнт тертя ковзання дорівнює 0,8, то стіна діє на брусок з силою:

- а) 3 Н;
- б) 3,3 Н;
- в) 4 Н;
- г) 5 Н;
- д) не дорівнює жодному з перелічених значень.



20. Супутник перебуває на орбіті над атмосферою Землі. Яке твердження правильне:

- а) результуюча сила, що діє на супутник, дорівнює нулеві;
- б) вектори швидкості та пришвидшення паралельні один до одного;
- в) швидкість супутника постійна;
- г) супутник пришвидшується у напрямку до центра Землі;
- д) без джерела енергії супутник впаде на Землю.

21. Робота, потрібна для того, щоб зупинити рухоме тіло, пропорційна:

- а) до швидкості тіла;
- б) до пришвидшення;
- в) до квадрата швидкості;
- г) до квадрата пришвидшення;
- д) до потенційної енергії тіла.

22. Штангіст прикладає силу 1500 Н, щоб підняти штангу на висоту 2 м від підлоги за час 5 с. Удруге він піднімає ту ж штангу за 10 с. Виконана робота в другому випадку порівняно з першим буде:

- а) у 4 рази менша;
- б) удвічі менша;
- в) така ж;
- г) удвічі більша;
- д) у 4 рази більша.

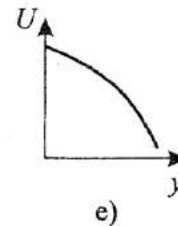
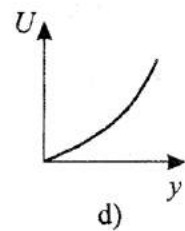
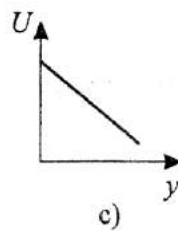
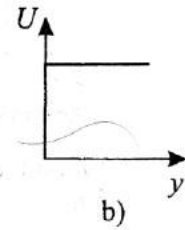
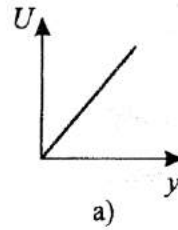
23. Тіло, що знаходиться в стані спокою, може виконати роботу, якщо:

- а) його потенційна енергія додатна;
- б) його потенційна енергія від'ємна;
- в) воно може рухатися так, щоб його кінетична енергія зменшувалася;
- г) воно може рухатися так, щоб його потенційна енергія зменшувалася;
- д) жодне з переліченого вище тверджень не правильне.

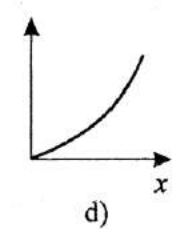
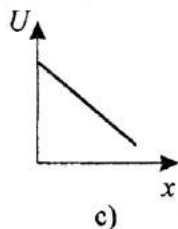
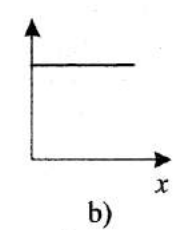
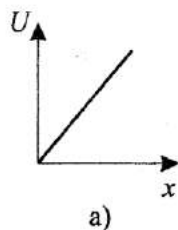
24. Снаряд масою 2,5 кг вилітає з початковою швидкістю 20 м/с під кутом α до горизонту. Максимальна висота підйому дорівнює:

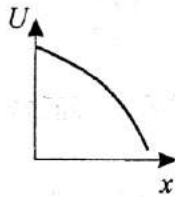
- а) ≈ 10 м;
- б) ≈ 20 м;
- в) ≈ 40 м;
- г) ≈ 80 м;
- д) не можна сказати чи залежить від кута α .

25. Який з графіків правильно відображає залежність потенційної енергії U м'яча від його координати y ?



26. Який з графіків правильно відображає залежність потенційної енергії U пружини від її розтягу x ?





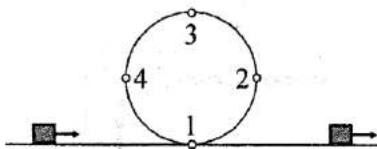
27. Снаряд розривається в повітрі на декілька осколків. Сумарний імпульс безпосередньо після вибуху буде:

- а) менший від імпульса безпосередньо перед вибухом, оскільки частина імпульсу перейшла в кінетичну енергію осколків;
- б) більший, ніж безпосередньо перед вибухом, оскільки частина енергії вибуху перетворилася на імпульс осколків;
- в) невідомий, якщо невідомі маса і швидкість кожного уламка;
- г) може бути і більший, і менший від імпульса перед вибухом – залежно від швидкості осколків;
- д) жодне з перелічених вище тверджень не-правильне.

28. Одиниця вимірювання квадрата імпульсу,

- а) ньютон;
- б) джоуль;
- в) ват;
- г) метр;
- д) метр за секунду.

29. Прямокутний брусок рухається по гладкій горизонтальній поверхні, яка переходить у “мертву петлю”.



Брусок проходить положення 1, 2, 3, 4, далі знову 1 і повертається на горизонтальну площину.

У положенні 3:

- а) його сумарна механічна енергія мінімальна;
- б) результуюча сила дорівнює нулеві;
- в) брусок миттєво зупиняється;
- г) результуюча сила направлена догори;
- д) жодна відповідь неправильна.

30. Дві кульки різних мас, виготовлені з пружних матеріалів, підвішені в одній точці на легких нитках однакової довжини. Легшу кульку відводять у бік, відпускають, і вона стикається з другою кулькою. Визначте, які з величин зберігаються упродовж усього руху кульок:

- а) кінетична енергія;
- б) імпульс;
- в) момент імпульса;
- г) всі перелічені вище;
- д) жодна відповідь неправильна.

31. Яка лінійна величина має таку ж одиницю вимірювання, як і кутова:

- а) переміщення;
- б) швидкість;
- в) пришвидшення;
- г) кінетична енергія;
- д) жодна відповідь неправильна.

32. Однорідні тверді тіла, одне з яких сферичної форми, а інше – циліндричної, що мають однакові маси і радіуси, скочуються з похилої площини. Обидва тіла котяться без проковзування, і ми бачимо, що:

- а) куля досягає основи похилої площини першою, оскільки вона має меншу площу зіткнення з поверхнею;
- б) куля досягає основи перша, оскільки “захоплює” меншу обертальну енергію;
- в) циліндр досягає основи першим, оскільки “захоплює” велику обертальну енергію;
- г) вони досягають основи площини в один і той же час;
- д) жодна відповідь неправильна.

33. Людина, руки якої притиснуті до боків, обертається на легкому диску (тертя в осі мале). Коли вона розводить руками в боки:

- а) її момент інерції зменшується, тому кутова швидкість зменшується;
- б) її момент інерції збільшується, тому кутова швидкість зменшується;
- в) її момент інерції зменшується, тому кутова швидкість збільшується;
- г) її момент інерції збільшується, тому кутова швидкість збільшується;
- д) жодна відповідь неправильна.

34. Вектор моменту імпульсу (кутового моменту) Землі, зумовлений її добовим обертанням, спрямований:

- а) по дотичній до екватора на схід;
- б) по дотичній до екватора на захід;
- в) точно на південь;
- г) точно на північ;
- д) завжди до Сонця.

35. Визначте, де вага тіла буде найменша:

- а) на екваторі;
- б) на Північному полюсі;
- в) у центрі Землі;
- г) у 2000 милях над поверхнею Землі;
- д) вага тіла скрізь однакова.

36. Тіло піднімають над поверхнею Землі на висоту, що дорівнює двом земним радіусам. Тоді:

- а) його маса зменшиться, а вага не зміниться;
- б) маса зменшиться і вага зменшиться;
- в) маса не зміниться, а вага збільшиться;
- г) маса і вага не зміняться;
- д) жодна відповідь неправильна.

37. Із штучного супутника Землі скидають бомбу. Нехтуючи опором повітря, визначте, в якій точці бомба впаде на Землю:

- а) під супутником у момент скидання;
- б) під супутником у момент падіння;
- в) попереду супутника, оскільки вона набирає швидкість під час падіння;
- г) позаду супутника, оскільки вона рухається по криволінійній траєкторії;
- д) вона ніколи не впаде на Землю.

38. Астронавт у космічному кораблі, що обертається по орбіті, знаходиться в стані невагомості, тому що:

- а) знаходиться поза межами сили тяжіння;
- б) його відтягує назовні відцентрова сила інерції;
- в) він пришвидшується;
- г) він перебуває у вільному падінні у напрямку до Землі;
- д) жодна відповідь неправильна.

39. Період обертання супутника навколо Землі по коловій орбіті, радіус якої дорівнює r , пропорційний:

- а) r^2 ;
- б) $r^{3/2}$;
- в) r ;
- г) $r^{1/2}$;
- д) $r^{-1/2}$;
- е) жодна відповідь неправильна.

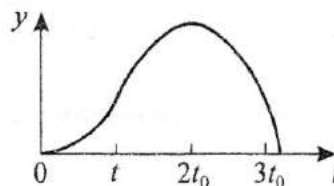
40. Кінетична енергія вище згаданого супутника, поділена на його потенційну енергію, дорівнює:

- а) 1
- б) 1/2;
- в) -1/2;
- г) -1;
- д) жодна відповідь неправильна.

Частина 2

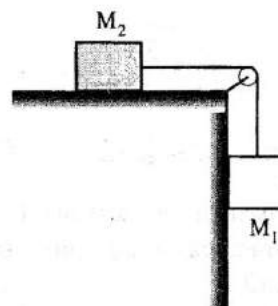
(по 5 балів за кожну задачу, всього – 20 балів)

1. На малюнку зображено графік залежності висоти ракети від часу. Ракетні двигуни вмикають у момент $y = 0$ і вимикають у момент часу $t = t_0$.



Накресліть графіки залежності швидкості та пришвидшення ракети від часу.

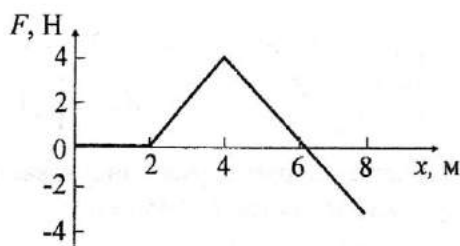
2. Два тіла, маса яких M_1 і M_2 , з'єднані легкою ниткою, перекинutoю через блок, що обертається без тертя.



- а) Зобразіть сили, що діють на перше тіло;
- б) Зобразіть сили, що діють на друге тіло;
- в) Запишіть рівняння, які пов'язують сили з пришвидшенням тіл;

г) Розв'язавши ці рівняння, знайдіть пришвидшення тіл.

3. На тіло масою 5 кг, яке рухається в додатному напрямі осі X , починає діяти сила, яка спрямована у тому ж напрямку. Її величина змінюється так, як зображено на малюнку.



а) Яку роботу виконає ця сила, щоб перемістити тіло з точки з координатою $x = 0$ до точки з координатою $x = 8$ м?

б) Якщо в точці з координатою $x = 0$ швидкість тіла дорівнювала 4 м/с, то якою буде швидкість у точці з координатою $x = 8$ м?

4. Тіло масою M , прив'язане до кінця невагомої нитки, рухається по колу радіусом R по горизонтальній гладкій поверхні. Воно має момент імпульса L_0 і кінетичну енергію K_0 . Припустимо, що ми поволі витягатимемо нитку крізь маленький отвір у центрі площини доти, поки радіус кола не зменшиться до $R/2$.

а) Якщо при $r = R/2$ момент імпульса тіла дорівнює L , то чому дорівнює відношення L/L_0 ? Обґрунтуйте свою відповідь.

б) Якщо при $r = R/2$ кінетична енергія тіла дорівнює K , то чому дорівнює відношення K/K_0 ?

Поясніть свою відповідь.

II ТУР

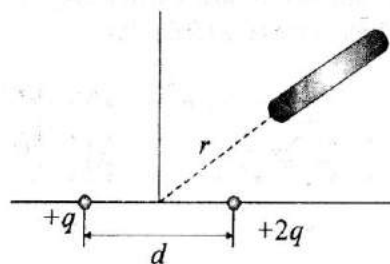
Частина 1

(50 балів)

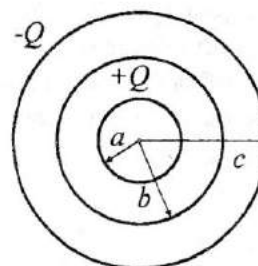
1. Два точкові заряди $+q$ і $+2q$ знаходяться на відстані d один від одного. Акуратно позначте на малюнку:

а) декілька силових ліній електричного поля, потрібних для опису цього поля (10 балів);

б) розподіл зарядів на нейтральному алюмінієвому стрижні, віддаленому від зарядів на відстань $r \gg d$ (10 балів);



2. Конденсатор складається з трьох концентричних тонких сферичних оболонок, радіуси яких дорівнюють: $r_1 = a$, $r_2 = b$ і $r_3 = c$. Внутрішня оболонка несе позитивний заряд $+q$, а зовнішня – заряд $-q$. Середня оболонка не заряджена.



а) Знайдіть напруженість електричного поля на відстані r від центра сфер для таких випадків: $0 < r < a$ (3 бали), $a < r < b$ (3 бали), $b < r < c$ (3 бали), $r > c$ (3 бали).

б) Визначте різницю потенціалів між оболонками з радіусами a і c (8 балів);

в) Отримайте вираз для ємності системи вкладених сфер (5 балів);

г) Якою буде ця ємність, якщо простір внутрішньої сфери заповнити рідиною з діелектричною проникністю ϵ (5 балів)?

Частина 2

(50 балів)

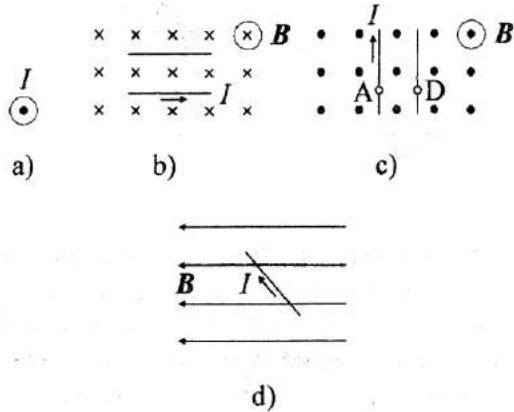
1. а) Покажіть напрям магнетного поля провідника із струмом I , що виходить у напрямку до Вас (мал. а) (5 балів);

б) Визначте напрям сили, діючої на провідник із струмом (мал. б) (5 балів);

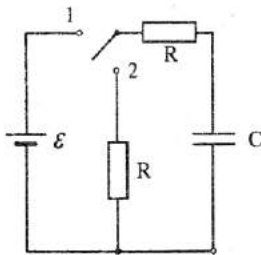
в) Обведіть кружечком точку А або D (мал. с), яка має вищий потенціал електричного поля (5 балів);

г) Вкажіть напрям обертання витка (на мал. d)

зображено вигляд згори в магнетному полі, якщо по ньому тече струм I (5 балів).



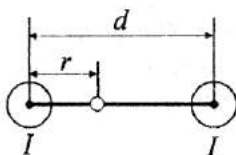
2. Резистори опором $R = 1000$ Ом, конденсатор ємністю $C = 1$ мкФ і батарея з ЕРС $E = 1000$ В сполучені так, як зображено на малюнку. Спочатку ключ довгий час знаходився в положенні 1, тоді – довгий час у положенні 2.



Знайдіть:

- а) заряд на конденсаторі (5 балів);
- б) струм в колі (5 балів);
- в) загальну енергію, що виділиться в обох резисторах за той час, поки перемикач знаходився в положенні 2 (5 балів).

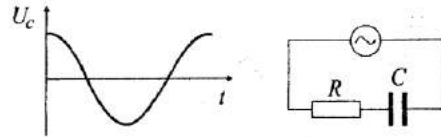
3. На малюнку зображено два паралельні нескінченно довгі провідники, по яких тече однаковий струм I (спрямований на Вас). Визначте величину індукції магнетного поля, в точці, що знаходиться на відстані r від лівого провідника (15 балів).



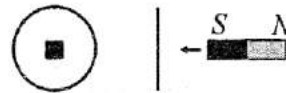
Частина 3

(50 балів)

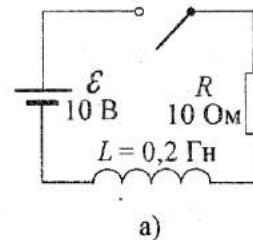
1. а) На малюнку зображено графік залежності напруги на конденсаторі C від часу. Накресліть графік залежності напруги на резисторі R (10 балів);



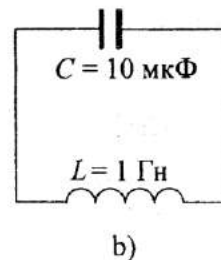
б) Визначте напрям струму, індукованого у витку рухомим магнетом (10 балів).



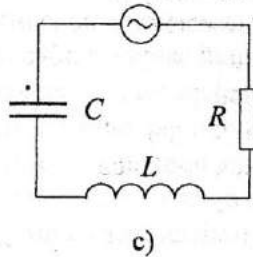
2. а) У колі (мал. а) в деякий момент замикають ключ. Знайдіть швидкість наростання струму в колі у цей момент часу (10 балів);



б) У деякий момент струм у колі (мал. б) дорівнює 1 А, а заряд на конденсаторі дорівнює 10^{-3} Кл. Знайдіть максимальну енергію, накопичену в котушці (10 балів);



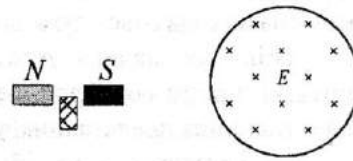
в) Конденсатор ($C = 1$ мкФ), котушка і резистор ($R = 400$ Ом) сполучені з генератором змінного струму ($E = 250$ В, $\omega = 2000$ с⁻¹) (мал. с). За якого значення індуктивності котушки діюче значення струму в колі буде максимальним (10 балів)?



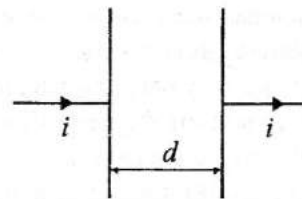
Частина 4 (50 балів)

1. а) Визначте напрям руху діамagnetного зразка у момент увімкнення струму в електромагнеті (мал. а) (10 балів);

б) Визначте напрям індукованого магнетного поля зі збільшенням напруженості E електричного поля (мал. б) (10 балів);



2. Конденсатор складається з двох паралельних пластин площею S кожна, що розміщені на відстані d одна від одної. Під час протікання струму i по провідниках на пластинах виникає заряд q і напруга між пластинами дорівнює U .



а) Використовуючи теорему Остроградського – Гауса, отримайте вираз для величини напруженості електричного поля в конденсаторі (15 балів);

б) Виходячи з виразу для струму зміщення, виведіть залежність між струмом зміщення і струмом провідності (15 балів).

Найбільша наукова лабораторія в історії людства

Багаторічні очікування фізиків усього світу збулися. 10 вересня 2008 року відбулося офіційне відкриття Великого адронного колайдера – найбільшого у світі фізичного інструмента.

Людство, звикнувши до зручностей нашої цивілізації: плоских екранів комп'ютерів, Інтернету, комп'ютерних навігаторів в автомобілях тощо, часто навіть не замислюється, що все це стало реальним завдяки фізиці. Очевидно, що без напівпровідникових приладів не було б і сучасних комп'ютерів і всесвітньої мережі Інтернет. Точніше, завдяки відкриттю електрона – частинки, що відповідає за абсолютну більшість електричних процесів, які протікають довкола нас. Це відкриття повністю змінило наше життя, і ще дуже довго саме електромагнетні процеси визначати-

муть наші успіхи, досягнення і невдачі в освоєнні довкілля. Загалом вся сучасна техніка ґрунтується на досягненнях, які зроблені в галузях фізики і хемії ще в першій половині ХХ сторіччя.

Саме в той період людство зробило крок в еру освоєння електрики як універсального джерела енергії, як носія і засобу опрацювання інформації. Фундаментальні дослідження ХХ сторіччя в ядерній фізиці привели до створення спочатку атомної і водневої бомб, а згодом – атомних електростанцій. А в недалекому майбутньому, як обіцяють учені, людина приборкає і невичерпне джерело термоядерної енергії. Як відомо 2005 року почали будувати перший демонстраційний термоядерний реактор у Франції.



Щодо пришвидшувачів, то з першого погляду експерименти на них здаються дуже далекими від нагальних суспільних завдань. Але це не так! Пришвидшувачі “притягають” до себе найрозумніших і найактивніших представників людства, а ті, у свою чергу, продукують потрібні і корисні винаходи, починаючи від рентгенівського апарату і закінчуючи новою комп’ютерною системою GRID. Ця система стане незамінною під час опрацювання величезного потоку інформації, який з’явиться із запуском пришвидшувача ЛНС.

Можливо, успіхи фізики мікросвіту і розуміння, з чого складається матерія і чому вона стабільна, відкриються нові технологічні можливості, які даватимуть змогу одержувати енергію прямо з маси завдяки відомій формулі Ейнштейна.

Розташований недалеко від Женеви Європейський центр ядерних досліджень (Conseil Européen de la Recherche Nucleaire) (ЦЕРН) – провідний науковий центр, який вже понад 50 років плідно працює в галузі фізики мікросвіту. Нині його членами є: Австрія, Бельгія, Болгарія, Великобританія, Угорщина, Німеччина, Греція, Данія, Іспанія, Італія, Нідерланди, Норвегія, Польща, Португалія, Фінляндія, Франція, Швейцарія, Швеція та інші. Статус спостерігача мають: Ізраїль, Індія, Російська федерація, США, Туреччина, Японія, Європейська Комісія та ЮНЕСКО.

Там 10 вересня 2008 року у присутності міністрів майже всіх європейських країн, а також багатьох видатних науковців, відбулося офіційне відкриття Великого адронного колайдера (ЛНС). Великий адронний колайдер споруджено в тому ж тунелі, де багато років працював Великий електрон-позитронний колайдер. Це значно здешевило проєкт. Кільцевий тунель завдовжки 27 км прокладено на глибині 100 метрів під територією Франції (більша частина) і Швейцарії. Там у довгому вакуумному кільці пришвидшуватимуть протони та антипротони. Це будуть частинки не лише з найбільшою енергією, яку досягли в лабораторії, а й найінтенсивніші пучки в світі. Щоб утримати пучок цих частинок у кільці, потрібні надзвичайно сильні магнетні поля, які одержують завдяки ефекту надпровідності. Пришвидшувач ЛНС буде найбільшим “надпровідним” пристроєм у світі. Майже 4000 т металу буде охолоджено до температури лише на 2° вище від абсо-

лютного нуля температур. Відтак струм $1,8 \times 10^6$ А проходитиме по надпровідних кабелях без втрат і створюватиме магнетне поле індукцією 10 Тл.

Отже, перший запуск відбувся. Спочатку пучок вивели з попереднього пришвидшувача і скерували на захисні екрани на вході. Далі екрани забрали, і пучок пройшов по дузі до найближчої контрольної пункту, де його поглинули коліматори. До цього місця траєкторія відповідала розрахункам. Коліматори розсунули, і пучок пройшов далі до наступного контрольної пункту. Критичний момент настав тоді, коли на шляху протонів забрали останні заслінки і пучок пішов на наступне коло. Дослідникам вдалося провести пучок повним колом, а, отже, завдання мінімум вони виконали.

Завдання максимум було вести та утримувати згусток протонів на орбіті упродовж довгого часу. Ім вдалось навіть утримувати відразу два згустки, що циркулювали назустріч один одному. Це означає, що всю складну багатоелементну систему магнетного керування пучком зібрали правильно.

Енергія частинок, до якої пришвидшуватиме колайдер, майже в 10 разів вища, ніж у найпотужнішого до цього часу американського пришвидшувача “Теватрон” у штаті Іллінойс. Великий адронний колайдер невдовзі стане найпотужнішим пришвидшувачем частинок в історії фізики і дасть змогу одержати нову інформацію про частинки і взаємодії, а також відтворити умови, близькі до тих, що спостерігалися після Великого вибуху.

Фізики всього світу з нетерпінням чекають, коли Великий адронний колайдер почне працювати на повну потужність. Це дасть змогу моделювати умови, які склалися 14 млрд років тому в перші частки секунди Великого вибуху, з якого виник Всесвіт. Сьогодні мікросвіт парадоксальним чином зустрівся з макросвітом: властивості елементарних частинок стали визначати долю Всесвіту. Ті експерименти, які плануються на Великому адронному колайдері, мають впритул наблизити нас до перших миттєвостей життя Всесвіту. Учені припускають, що після Великого вибуху, що породив наш Всесвіт, стабільна матерія, з якої всі ми складаємось, виникла не відразу, і якийсь час світ був конгломератом справді елементарних частинок: електронів, мюонів, кварків,



глюонів, нейтрино і гама-квантів – основної будівельної цегли. У глибинах Всесвіту астрономи з цікавістю шукають відгомін тих далеких часів. І ось зовсім скоро, фізики планують відтворити в лабораторії ті далекі первозданні умови, коли ще не було протонів і нейтронів, а існувала суцільна кварк-глюонна плазма. Іншими словами, дослідники сподіваються побачити світ елементарних частинок у тому вигляді, яким він був усього через частки мікросекунди після Великого вибуху.

Процеси, що відбуваються під час зіткнення елементарних частинок, не подібні на ті, які ми спостерігаємо у світі макрочастинок: кінетична енергія там перетворюється в масу! Розігнані до граничних – майже світлових – швидкостей частинки, зазнають зіткнень, породжують цілий каскад нових частинок, зокрема й такі, що мають масу в тисячу разів більшу, ніж ті, які пришвидшували. У нашому світі це можна було б уявити як появу десятків ядер для гармати під час лобового зіткнення двох більярдних куль. Мікросвіт влаштований так, що у ньому енергія легко переходить у масу і, навпаки, – маса перетворюється на енергію. Саме за цими процесами спостерігають нині фізики, зіштовхуючи між собою електрони, позитрони, протони, антипротони та ядра важких атомів. Зараз важко передбачити, в що втіляться їхні відкриття, які відбудуться в найближче десятиріччя.

Зацікавлення фізиків-теоретиків пришвидшувачем ЛНС теж дуже велике. Вже понад 30 років у науковому світі існують теорії, що пояснюють наявність маси елементарних частинок. Одна з них припускає існування бозона Гігса. Цю елементарну частинку називають ще божественною, оскільки, можливо, саме завдяки гігсовським полям наш світ отримав масу і здатність рухатися за інерцією в потрібному напрямку. Але експериментально існування бозона поки що не підтвердили: всі сподівання на пришвидшувач ЛНС. Якщо бозон Гігса відсутній, то стає незрозумілим, звідки в природі взялася маса і сама матерія.

Інша хвилююча загадка природи – чому у Всесвіті ми спостерігаємо виключно матерію і куди зникла антиматерія, адже спочатку їх було порівну. Тобто колайдер може настільки перевернути наш світогляд, що все, що відбулося до цього часу здаватиметься мізерним і не вартим уваги.

Деякі вчені вважають, що масштабний експеримент у ЦЕРНі може призвести до появи першої в світі машини часу.

Ідея про подорожі в часі народилася, коли колега Ейнштейна Курт Гедель за допомогою теорії відносності довів принципову можливість переміщення в минуле. Після появи його гіпотези відомі фізики нерідко намагалися спростувати цю ідею, оскільки подорожі в часі підривають принцип причинності і приводять до появи парадоксів: мандрівник у часі може повернутися в минуле і зробити неможливим власне народження. Від часу появи цієї гіпотези минуло 60 років, а фундаментальних заперечень, чому мандрівки в часі неможливі, нема.

На думку тих учених, що вірять про мандрівки в часі, коли енергія ЛНС концентруватиметься на субатомній частинці, тло “простору-часу”, в якому перебуває частинка може змінитись.

Маса Землі слабо викривлює “простір-час”, а колайдер ЛНС здатний спотворити час настільки, що він замкнеться в кільце. Подібне явище фізики називають “замкнутою часоподібною кривою” – воно дає змогу, принаймні теоретично, повернутися в минуле.

Ця гіпотеза перекликається з теорією, яку запропонували ще 1988 року професор Кіп Торн із колегами з Каліфорнійського технологічного інституту, за якою просторово-часові тунелі можуть відкрити шлях до подорожей у часі. Ця теорія стала популярною завдяки романові Карла Сагана “Контакт”, за яким згодом зняли фільм.

Учені, які вірять у подорож у часі дотримуються думки, що ЛНС здатний забезпечити їх. Вони стверджують, що замкнуті часовоподібні криві можуть з’явитися внаслідок зіткнення частинок. Однак цю подорож можуть здійснити лише субатомні частинки.

Один із провідних учених, які вважають, що подорожі в часі можливі, професор Девід Дойч з Оксфордського університету, каже: “Це гіпотетичні вигадки, але чіпатися до них по суті неможливо. Проте, я вважаю, що цей механізм не спрацює з деяких причин (тобто шлях для повідомлень із майбутнього не відкриється), навіть якщо їхні припущення правильні”.

Доктор Брайан Кокс із Манчестерського університету додає: “Енергія мільярдів космічних



променів, які потрапили в атмосферу Землі упродовж п'яти мільярдів років, перевищує ту енергію, яку зможе створити колайдер LHC. Тому, слідуючи їхній логіці, мандрівники в часі вже мають бути тут.

Існують інші побоювання за долю Землі, пов'язані з експериментами на Великому адронному колайдері. Такі побоювання висловлюють переважно не фахівці. Всі вони безпідставні. Процеси, які вивчатимуться на Великому адронному колайдері, постійно відбуваються в атмосфері Землі. Із космосу прилітають частинки, які мають значно більшу енергію, ніж ті, які зіштовхуватимуться у колайдері. Ці частинки спостерігають, їх вивчають. Єдина причина, чому потрібен колайдер: ці зіткнення відбуваються в атмосфері, їх дуже важко спостерігати. Набагато зручніше зіштовхувати ці частинки в детекторі, який спеціально побудували для вивчення цих процесів. Оскільки, коли дві частинки стикаються – розлітаються тисячі інших частинок, менш “енергійних”, але які треба ресструвати (виміряти їхні характеристики). Зробити це можна тоді, якщо зіткнення відбувається в наперед обумовленому місці – усередині детектора. Такі зіткнення в пришвидшувачі мають меншу енергію, ніж ті, що відбуваються в земній атмосфері. Якби що-небудь катастрофічне в результаті цих зіткнень могло відбутися, то Земля давно б уже зникла.

У ЦЕРНі вважають, що проведення майбутніх експериментів абсолютно безпечно. Один із співпрацівників центру, швейцарський фізик Рольф Ландуа, фахівець у галузі дослідження антиматерії, так прокоментував це: “Ми дуже хвилюємося через запуск колайдера. Ми сподіваємося, що експеримент відкриє нову епоху у фізиці. Ми не вважаємо, що існує загроза екологічної катастрофи у разі неполадок у роботі пристрою. Навіть якщо система охолодження дасть збій і магнети нагріються, нічого страшного для довкілля відбутися не може. Магнети перестануть працювати. Такий варіант розвитку подій ми передбачили. Буде гірше, якщо прорветься вакуумна труба. Це загрожуватиме роботі всього колайдера. Проте навіть у цьому випадку мешканцям Женеви і довколишніх міст нема чого боятися: колайдер знаходиться глибоко під землею. Ми дуже раді, що цей експеримент нарешті проводиться.”

Співпрацівник німецького інституту фізики імені Макса Планка Герхард Бернер цілком згоден із своїм швейцарським колегою: “Я думаю, що після запуску колайдера ми зможемо краще зрозуміти розвиток космосу, дізнатися, що відбулося в перші секунди після Великого вибуху і як виникли галактики. Напевно після проведення експерименту багато наукових уявлень доведеться переглянути. Я вважаю, що колайдер можна сміливо запускати, і ніякі “чорні діри” не з'являться.”

Невдовзі через технічну проблему науковці змушені були зупинити Великий адронний колайдер. Проблема виникла через витікання зрідженого гелію у тунель. Однак, це технічна проблема яку незабаром подолають. Ніхто з учених не сумнівається, що колайдер незабаром працюватиме. На цьому слід наголосити, оскільки часто лунають скептичні вислови: не встигли запустити машину для пошуку “частинки Бога”, як вона зіпсувалася.

Українські фізики співпрацюють із ЦЕРНом давно, попри те, що Україна не є навіть асоційованим членом. Наприклад, із науковцями ЦЕРНу співпрацюють член-кореспондент НАН України Сергій Рябченко, доктор фізико-математичних наук Геннадій Зінов'єв, Юрій Ранюк та багато інших, зокрема й недавні випускники українських університетів.

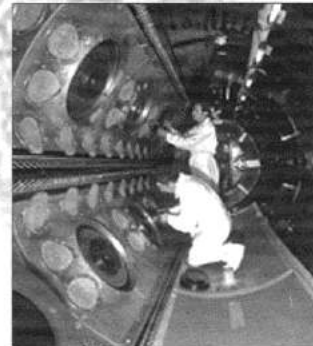
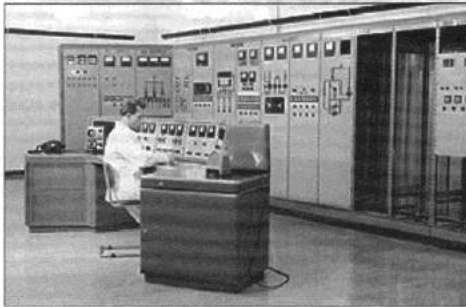
До речі, багато років працював у ЦЕРНі видатний фізик, який народився в Україні, Нобелівський лавреат з фізики Джорж Шарпак.

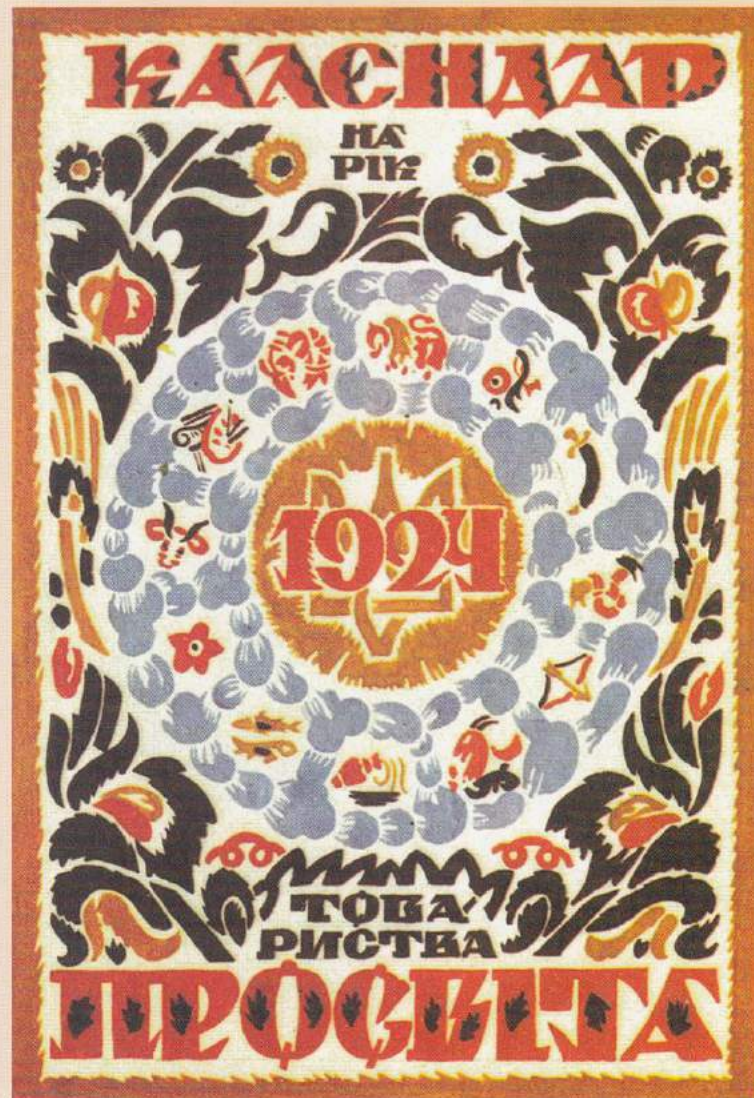
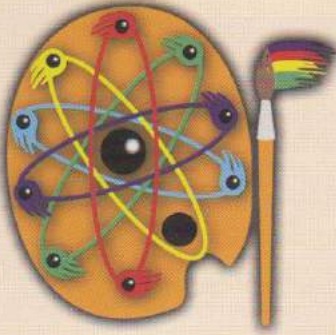
Українські вчені також долучилися до створення колайдера, зокрема фізики Харківського науково-дослідного технологічного інституту експериментального приладобудування під керівництвом професора В. Борщова перемогли в тендері на створення внутрішньої трекової системи для детектора ALICE. Їхнім завданням було виготовлення детекторних модулів (а це сорок тисяч спеціальних мікрокабелів із зчитуючими електронними системами). Це завдання вони успішно виконали.

Українські науковці планують і надалі брати участь у дослідженнях, зокрема в отриманні та опрацюванні результатів, які одержуватимуть на колайдері.

Олександр Гальчинський

НАЙБІЛЬШИЙ ФІЗИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ЛЮДСТВА





П. Ковжун (1896-1939)
Обкладинка календаря просвіти. 1923.

П. Ковжун — художник з широким колом творчих зацікавлень. Найбільших успіхів він досягнув у книжковій графіці. П. Ковжун спирався на здобутки в цій галузі українського та російського мистецтва початку ХХ сторіччя, особливо творчість Г. Нарбути, М. Жука, О. Кульчицької. Від них він перейняв орнаментальність у оформленні обкладинок, пошуки оригінальних шрифтів, принципи активної динамічної і змістовної організації сторінки, культуру графічної мови. Подальша еволюція П. Ковжуна формувалась постійним зацікавленням до футуризму, кубізму, конструктивізму та інших формалістичних течій.