

С В І Т

ФІЗИКА

№4
2010

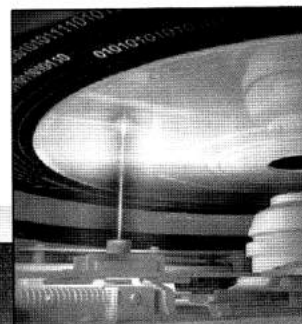
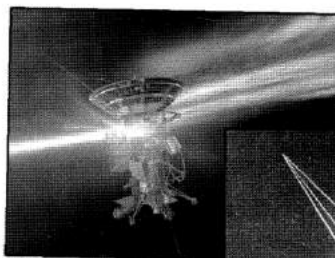
науково-популярний журнал



*Лазеру –
50 років*

ЛАЗЕРУ – 50 років

LASER – LIGHT AMPLIFICATION BY STIMULATED EMISSION OF RADIATION
підсилення світла за допомогою вимушеного випромінювання



50 років тому (1960) американський фізик Теодор Майман (Theodore Maiman) створив перший у світі лазер.

Нині важко знайти галузь, де б не використовували лазери:

у наукових дослідженнях, комп'ютерних і цифрових технологіях,

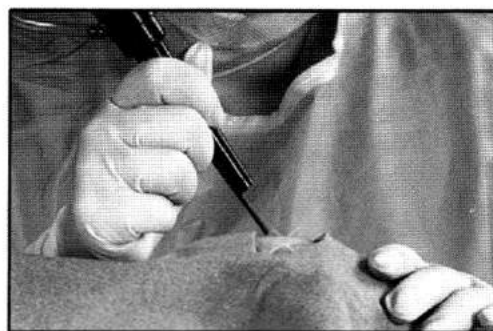
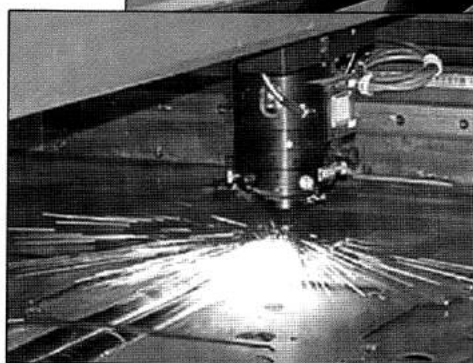
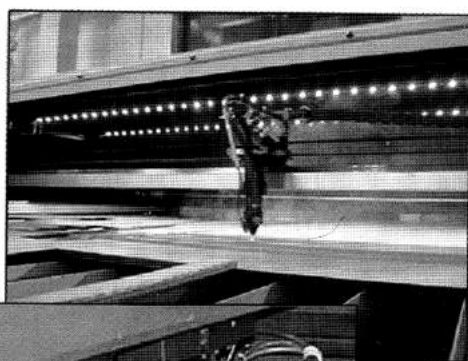
у програвачах компакт-дисків, DVD, лазерних принтерах,

цифрових мінілабах, зчитувачах штрих-кодів,

у системі зв'язку, медицині,

дослідженнях космосу,

військовій галузі тощо.



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

Виходить 4 рази на рік

Засновники:

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

Головний редактор

Іван Вакарчук

заступники гол. редактора:

Олександр Гальчинський

Галина Шопа

Редакційна колегія:

Ігор Анісімов
Михайло Бродин
Петро Голод
Семен Гончаренко
Ярослав Довгий
Іван Климишин
Юрій Ключковський
Богдан Лукіянець
Олег Орлянський
Максим Стріха
Юрій Ранюк
Ярослав Яцків

Художник **Володимир Гавло**

Літературний редактор
Мирослава Прихода

Комп'ютерне макетування та друк
СП "Євросвіт", наклад 1000 прим.

Адреса редакції:

редакція журналу "Світ фізики"
вул. Сакаганського, 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

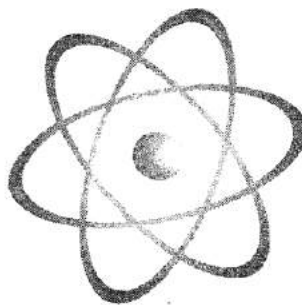
"... Я не бачу майбутнього розвитку України без впровадження у виробництво та інші галузі інноваційних проектів. В Україні є такі проекти. Наприклад, Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова має технологічні розробки титану, яких ніхто не має у світі. Нині іноземні компанії зацікавлені у нашому сучасному підході до виготовлення титану для майбутніх розробок у авіації.

Або ще приклад, Інститут кібернетики з Інститутом кардіології ім. М. Д. Стражеско розробили магнетний діагностичний апарат, за допомогою якого можна вимірювати електричні поля в серці. Жодна система у світі не може вимірювати електричне поле у серці без втручання в організм так, як це робить українська. На жаль, впровадити її в практику заважає відсутність в Україні міжнародних стандартів.

Великою проблемою українських розробок є доведення їх до комерціалізації. Якщо в США та Європі наукові дослідження на 70 % фінансує приватний бізнес, то в Україні загальний обсяг фінансування науки від інших джерел становить лише 30 %.

Однією з проблем сучасного українського суспільства є те, що у нас немає конкурентного середовища. Щоб Україна мала майбутнє, ми не можемо сподіватися лише на сировинні галузі промисловості та ресурсовитратні. Рівень ВВП у розвинутих державах світу високий завдяки високотехнологічній продукції..."

*з інтерв'ю
акад. Ярослава Яцківа*



**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

Понеділок Г. В., Данилов А. Б. Від багдагської батареї до сучасних джерел струму

3

2. Фізика України

Шопа Галина. Під якою зорею народився Ярослав Яцків? (до 70-річчя від дня народження)

14

3. Фізика світу

Паславський Роман. Нікола Каббібо – видатний італійський фізик

18

4. Олімпіади, турніри...

Розв'язки задач IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (2010 р., 11 клас)

20

Міжнародні олімпіади з фізики

26

5. Нобелівські лавреати

Шопа Галина, Гальчинський Олександр. У пам'ять Нобелівського лавреата, що народився на українській землі

29

6. Фізика світу

Шопа Роман. Да Вінчі XX сторіччя (Нікола Тесла)

31

7. Інформація

Нові наукові результати в ЦЕРНі

37

Фізика і музика

38

Найважливіші досягнення фізики 2010 року

39

Понеділок Г. В., Рильніков Б. С. Залізо залишається фундаментом цивілізації

40

Німецький електронний синхротрон (DESY)

48





ВІД БАГДАТСЬКОЇ БАТАРЕЙКИ ДО СУЧАСНИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ¹

Г. В. Понеділок, А. Б. Данилов,
Національний університет "Львівська політехніка"

Природа носіїв струму в електролітах. Закони Фарадея

Природа носіїв струму в електролітах три валий час залишалася нез'ясованою. Шведський учений Сванте Арреніус 1887 року запропонував теорію *електролітичної дисоціації*, суть якої зводиться до такого: *речовини, розчини яких є електролітами, під час розчинення у полярному розчиннику розпадаються на йони, що несуть позитивні і негативні заряди.*

Механізм дисоціації доволі складний, перебіг якого є багатостадійним і визначається багатьма чинниками. Розгляньмо докладніше якісне пояснення дисоціації різних речовин у полярних розчинниках.

У разі розчинення сполук з йонними зв'язками (наприклад, кристалів NaCl у воді) дисоціація починається з орієнтації диполів молекули води навколо виступів та граней кристала. Орієнтуючись навколо приповерхневого йона кристалічної ґратки, молекули води утворюють з ними зв'язки, внаслідок чого послаблюється взаємодія йона з кристалом. Під час цього процесу виділяється велика кількість енергії, яку називають енергією гідратації. Величина енергії гідратації співвимірна з енергією йонного зв'язку, і витрачається на руйнування кристалічної ґратки. Гідратовані йони шар за шаром переходять у розчинник і, перемішуючись з його молекулами, утворюють розчин.

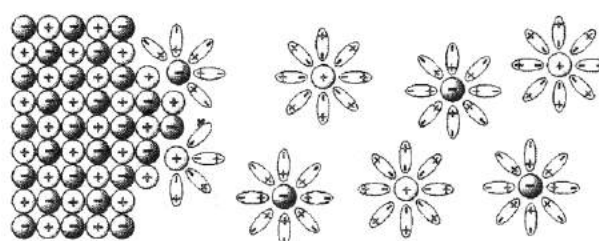
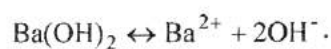


Рис. 1. Електролітична дисоціація NaCl у полярному розчиннику – воді. Утворення гідратованих йонів інтенсивно відбувається навколо виступів та на неоднорідностях поверхні розділу "кристал–розчинник"

Подібний механізм електролітичної дисоціації у розчиннику речовин, які складаються із полярних молекул, схематично зображено на рис. 2. Для полярних молекул характерний змішаний йонно-ковалентний зв'язок із домінуючим внеском електростатичної взаємодії.

Унаслідок явища електролітичної дисоціації можна одержати електроліти, розчиняючи у воді кислоти (HCl, H₂SO₄ та інші), солі (NaCl, K₃PO₄, РbPO₄ та інші) та луги (NaOH, КОН та інші). Електролітичну дисоціацію прийнято записувати у вигляді схеми, не розкриваючи її механізму та опускаючи розчинник, хоча він є основним учасником.

Наприклад,



¹Із книжки Г. В. Понеділок, А. Б. Данилов. *Курс загальної фізики. Електрика і магнетизм*/ Навчальний посібник. – Львів: Вид-во Національного університету "Львівська політехніка", 2010. – 516 с.



З електронейтральності молекул очевидно, що сумарний заряд катіонів та аніонів дорівнюватиме нулеві.

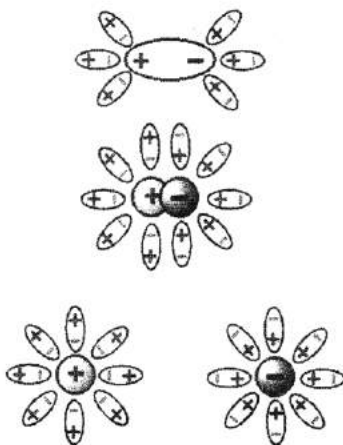


Рис. 2. Послідовність стадій дисоціації полярної молекули. На першому етапі диполі розчинника вилаштовуються поблизу полюсів молекули. Йонно-ковалентний зв'язок послаблюється, що призводить до деформації молекули. На заключному етапі молекула розпадається на додатні та від'ємні йони

Не всі молекули речовини у розчиннику розпадаються на йони. Певна їхня частка може перебувати у розчині у вигляді нейтральних молекул. Відношення кількості молекул n , які розпалися на йони, до загальної кількості розчинених в електроліті молекул N називають **ступенем дисоціації**

$$\alpha = \frac{n}{N}$$

і виражається у частках одиниці чи відсотках. Значення $\alpha = 0,3$ – умовна межа поділу на **слабкі** та **сильні** електроліти.

Ступінь електролітичної дисоціації залежить від температури розчину. Зазвичай у разі збільшення температури вона зростає.

Електроліз. Електролітична дисоціація речовин, що відбувається з утворенням вільних йонів, пояснює електричну провідність розчинів. Протікання електричного струму в електролітах пов'язане з перенесенням йонів. Тому на електродах виділяються речовини. Це явище називають **електролізом**. Здебільшого електроліз супроводжується вторинними реакціями додатних та від'ємних йонів з матеріалом електродів та розчинника. Зазвичай, ці реакції особливо інтенсивні поблизу електродів.

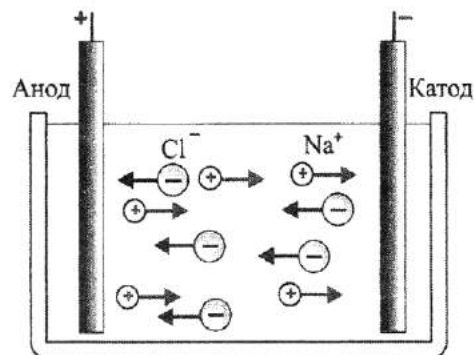


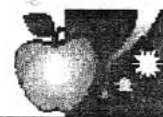
Рис. 3. Перенесення заряду у водному розчині NaCl. Досягнувши катода, йони натрію нейтралізуються надлишковими електронами катода, вступають у реакцію з молекулами води, утворюючи NaOH. Йони хлору вступають у взаємодію з металом анода

Закони електролізу експериментально встановив М. Фарадей 1833 року.

За першим законом Фарадея: маса m первинної речовини, що виділяється на якомусь електроді, пропорційна величині заряду Q , що пройшов крізь електроліт

$$m = KQ = KIt, \quad (1)$$

де K – **електрохімічний еквівалент**, різний для різних речовин.



Другий закон Фарадея встановлює зв'язок константи K з індивідуальними характеристиками йонів. Сформулюємо його так:

електрохімічний еквівалент дорівнює відношенню маси йона m_0 до його заряду:

$$K = \frac{m_0}{q} = \frac{m_0 N_A}{q N_A} = \frac{M}{q_0 N_A Z} = \frac{1}{F} \frac{M}{Z}, \quad (2)$$

де $M = m_0 N_A$ – молярна маса речовини; q_0 – заряд одновалентного йона; Z – валентність речовини; N_A – число Авогадро; $F = q_0 N_A = 96485$ Кл/моль – **стала Фарадея**.

Комбінуючи формули (1) та (2), записуємо формулу:

$$m = \frac{1}{F} \frac{M}{Z} It, \quad (3)$$

яка виражає **об'єднаний закон електролізу**.

За фізичним змістом, як очевидно з (3), стала Фарадея дорівнює заряду, який має пройти через електроліт, щоб на електроді виділився один моль одновалентної речовини.

Приклад 1.

Розрахувати рухливість йона в електроліті, якщо сила опору руху йона описується законом Стокса $F_{om} = 6\pi\eta Rv$, де R – ефективний радіус йона; η – коефіцієнт в'язкості середовища; v – швидкість йона.

Розглядаємо рух йона у пласкопаралельній системі "катод–анод", коли електричне поле однорідне і спрямоване від анода до катода вздовж осі Ox . Рівняння руху йона зарядом q та масою m

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{6\pi\eta R}{m} \frac{dx}{dt} = \frac{qE}{m}.$$

Початкову умову $x(0) = x_0$, $v(0) = 0$ задовольняє такий розв'язок задачі Коші диференціального рівняння другого порядку:

$$x(t) = x_0 + \frac{mqE}{36\pi^2\eta^2 R^2} \left[\exp\left(-\frac{6\pi\eta R}{m}t\right) - 1 \right] + \frac{qE}{6\pi\eta R}t.$$

З останнього виразу знаходимо швидкість руху йона

$$v(t) = \frac{qE}{6\pi\eta R} \left[1 - \exp\left(-\frac{6\pi\eta R}{m}t\right) \right].$$

У часовій межі $t \rightarrow \infty$ швидкість йона швидко наближається до постійного асимптотичного значення $v = \frac{qE}{6\pi\eta R}$, яке можемо

прийняти за дрейфову швидкість. Отже, рухливості йона в електроліті у межах цієї моделі виражається простою формулою

$$b = \frac{qE}{6\pi\eta R},$$

яка якісно правильно відображає фізику процесу.

Явище електролізу має важливі застосування в різних галузях науки і техніки. Коротко розглянемо його основні практичні використання.

Електролітичні конденсатори

Явище електролізу застосовується у так званих електролітичних конденсаторах. На рис. 4 зображено будову типового алюмінієвого конденсатора. Анод і катод конденсатора виготовляють з алюмінієвої фольги доволі



високої (99 %) чистоти. Катод і анод розділені тонкою паперовою стрічкою, просоченою електролітом. Як електроліт використовується, наприклад, суміш борної кислоти та аміаку з добавками гліцерину. Частіше електроліт виготовляють у вигляді густої пасти. На поверхні анодної фольги сформовано оксидний шар Al_2O_3 певної товщини. На катоді також присутній доволі тонкий шар Al_2O_3 , утворений природним процесом окислення алюмінію. Оскільки ємність конденсатора пропорційна до площі пластин, то поверхня анода піддається додатковому обробленню з метою збільшення його ефективної площі. Згорнута у рулон стрічка алюмінієвої фольги щільно і герметично упакована у циліндричний корпус.

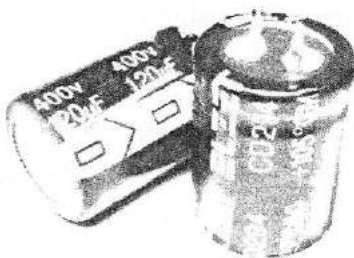
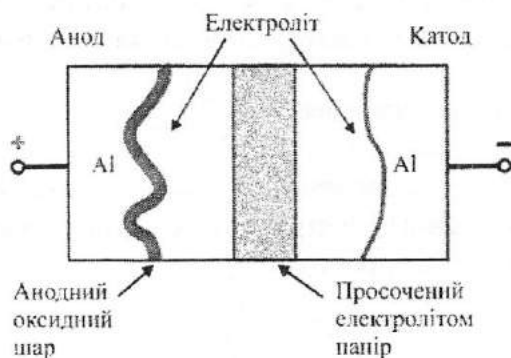


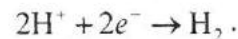
Рис. 4. Будова алюмінієвого електролітичного конденсатора. Праворуч показано типовий електролітичний циліндричний конденсатор. Написи на конденсаторі вказують його робочі параметри

Розгляньмо принцип роботи електролітичного конденсатора. Анод конденсатора з'єднується із позитивним виводом джерела ЕРС. Анодний оксидний шар виконує значення діелектрика, який розділяє пластини конденсатора. Другий алюмінієвий електрод (катод) має пасивне значення і призначений для ввімкнення конденсатора у коло.

На аноді відбувається реакція



а на катоді – відновна реакція:



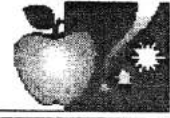
За рахунок цього підтримується відповідна товщина оксидного шару і струм у колі не протікає. У разі зміни полярності оксидний шар поступово розчиняється, і електричне коло замикається. Отже, описаний пристрій працює як конденсатор тільки у разі відповідної полярності під'єднання джерела ЕРС.

Через те, що товщина діелектричного оксидного шару дуже мала, то ємність електролітичного конденсатора може сягати доволі великих значень (декілька тисяч мікрофард). Правда працювати конденсатор може тільки за обмежених напруг. У разі перевищення певної граничної напруги тонкий діелектричний оксидний шар пробивається і коло замикається.

Найчастіше електролітичні конденсатори застосовують у колах живлення електро- та радіоприладів для зменшення пульсацій струму.

Хемічні джерела постійного струму

Хемічні джерела струму відкриті понад 200 років тому. Але досі їхньому застосуванню у багатьох сферах людської діяльності немає альтернативи. Це пов'язано з тим, що хемічні джерела мають доволі малі розміри, порівняно прості у виготовленні, а головне – автономні.



Створенню хемічних джерел струму передувало відкриття, зроблене 1786 року, італійським професором анатомії **Луїджі Гальвані**. Він досліджував скорочення жаб'ячих м'язів під впливом електричних розрядів. Зовсім випадково Гальвані спостерігав, що під час замикання ланцюжка “залізо–мідь–лапка–залізо” м'язи сильно скорочувалися. Він перепробував різні сполучення металів, отримуючи те саме явище, – більшої або меншої інтенсивності. Ефект спостерігався (тільки, значно слабший) навіть тоді, коли коло замикалося одним металом. Пояснював це явище Гальвані наявністю в організмах так званої “життєвої електрики”, яка за своєю природою схожа до звичайної атмосферної електрики, чи електрики, що виникає під час тертя. Значення металів у експерименті зводилося тільки до замикання кола.

Розкрити справжню природу відкритого Гальвані явища вдалось 1792 року італійському фізику **Алессандро Вольта**. Він переконливо довів, що джерелом електрики у дослідах Гальвані були не м'язи жаби, а метали, які замикали коло. Основний висновок Вольта – *контакт двох різних металів є новим джерелом електрики*. Щоб підсилити ефект, Вольта з'єднував пари металів послідовно, так що вийшов ланцюжок, який згодом назвали за іменем винахідника – “вольтовим стовпом”. Такий стовп складався із кружечків цинку і міді (чи срібла), розділених прокладками з паперу, тканини, що були просочені розчином лугу або звичайним розсолем.

Введення в електричний ланцюг розчинів (Вольта назвав їх *провідниками другого роду* на відміну від металів – провідників першого роду) виявилось вирішальним у винаході Вольта. У пам'ять про Луїджі Гальвані, який помер 1798 року, Вольта назвав свої елементи *гальванічними*.

Хемічні джерела струму поділяються на *первинні* (гальванічні елементи) і *вторинні*

(акумулятори). Первинні джерела після їхнього виснаження не заряджаються, а утилізуються. Акумулятори експлуатуються впродовж тривалого часу завдяки можливості їх перезаряджання – поповнення енергії. Однак, принцип дії в них однаковий – перебіг окислювально-відновної хемічної реакції, за якої електрони, що переходять від відновника до окислювача, є носіями струму.

У гальванічному елементі процеси окиснення і відновлення просторово розділені. Електрони під час окисно-відновної реакції переходять не безпосередньо крізь розчин (у такому разі вони губляться без користі), а через зовнішній ланцюг, де можуть виконувати корисну роботу. Струм в елементі знімається за допомогою двох електродів. На одному з них – аноді – відбувається окислення, а на катоді – відновлення. Саме так працює класичний елемент Вольта.

Елемент Лекланше

Французький інженер Жорж Лекланше 1867 року значно вдосконалив гальванічний елемент і зробив його зручним для практичного використання. Нині елементи Лекланше – дешеві, їх продукують мільярдами штук.

Негативним електродом елемента Лекланше є цинковий стакан. Спочатку електролітом слугував водяний розчин хлориду амонію. Далі Лекланше почав використовувати електроліт, загущений клейстером. Це революційно змінило справу: “сухі” елементи Лекланше перестали боятися випадкового перекидання, їх можна було використовувати в будь-якому положенні. До розчину хлориду амонію додається невелика кількість хлориду цинку, хлориду кальцію та хлориду ртуті. У деяких сучасних елементах хлорид амонію не застосовують, а тільки значно дорожчий хлорид цинку. Такі елементи позначають як “heavy-duty”, тобто підвищеної потужності.

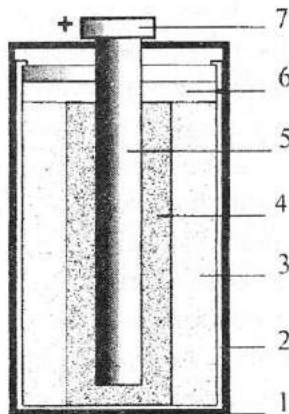
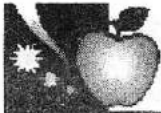


Рис. 5. Типова будова елемента Лекланше: 1 – захисний корпус; 2 – цинковий стакан; 3 – електроліт $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{ZnCl}_2$; 4 – пресована суміш діоксиду марганцю MnO_2 з графітом; 5 – графітовий стрижень; 6 – повітряна прокладка; 7 – металевий контакт

Хлорид амонію і хлорид цинку доволі гігроскопічні, тому перешкоджають пересиханню елемента та збільшують в'язкість розчину. Хлорид ртуті виконує подвійну функцію: з одного боку, ртуть із хлориду частково осідає на цинку ($\text{Zn} + \text{HgCl}_2 = \text{ZnCl}_2 + \text{Hg}$), поверхня якого внаслідок цього амальгамується і стає одноріднішою, що зменшує саморозряд. З іншого, хлорид ртуті знищує мікроорганізми і запобігає бродінню крохмалю. Останнім часом виготовляють елементи без домішок сполук ртуті, які замінюють органічними інгібіторами.

Активна катодна суміш елементів Лекланше, що оточує вугільний катод, пресується з діоксида марганцю та графіту з добавкою електроліту.

Акумулятори

На відміну від гальванічних елементів, в акумуляторі (назва походить від латинського слова, яке означає “нагромаджувати”,

“збирати”) використовуються оборотні хемічні реакції. Завдяки цьому акумулятор можна заряджати за допомогою зовнішнього джерела струму і використовувати впродовж тривалого часу як автономне джерело ЕРС. Акумулятори здатні короткочасно давати дуже великий струм, тоді як гальванічні елементи великих струмів давати не можуть.

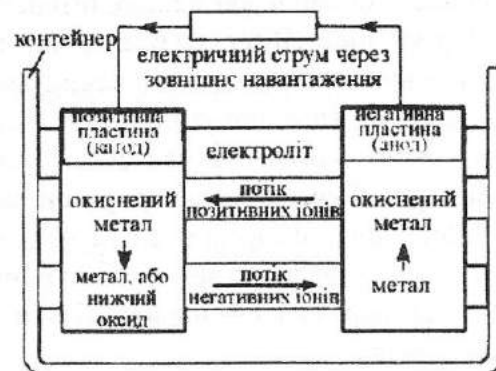
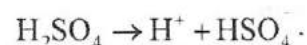


Рис. 6. Принцип роботи акумуляторної батареї. Як і у гальванічних елементах окисно-відновні процеси рознесені у просторі. Перехід електронів між катодом і анодом відбувається через зовнішнє електричне коло

Розгляньмо докладніше принцип роботи акумулятора на прикладі найпоширенішого сьогодні – **свинцевого**. Перший діючий зразок свинцевого акумулятора було створено 1859 року. Серійно такі акумулятори виготовляють з кінця XIX сторіччя.

Анодні пластини акумулятора виготовлені із пористого свинцю, а пластини катода виготовляють із двоокису свинцю PbO_2 . Електролітом використовують водяний розчин сірчаної кислоти H_2SO_4 . Молекули сірчаної кислоти у електроліті малої концентрації дисоціюють на йони:

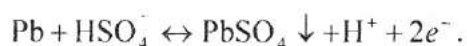




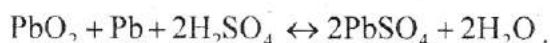
За замкненого зовнішнього кола на катоді відбувається реакція

$$\text{PbO}_2 + 3\text{H}^+ + \text{HSO}_4^- + 2e^- \leftrightarrow \text{PbSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$$

а на аноді



Сумарна струмоутворювальна реакція в акумуляторі буде:



Отже, в разі розрядження акумулятора витрачається велика кількість сірчаної кислоти і на обох електродах відкладається малорозчинний сульфат свинцю PbSO_4 .

Під час заряджання акумулятора реакції відбуваються у зворотному напрямку і сірчана кислота знову відновлюється. Ступінь зниження концентрації електроліту в акумуляторі однозначно пов'язаний з кількістю електрики, що пройшла крізь електроліт. Тому вимірювання густини електроліту слугує надійним і практичним засобом визначення ступеня зарядженості акумулятора.

Багдадська батарейка!?

Проводячи розкопки поблизу Багдада, там, де колись була давня Месопотамія, археологи 1936 року натрапили на дивні предмети, фото яких зображено на рис. 7. Згодом подібні речі було виявлено в інших місцях.

За однією з гіпотез знайдені предмети були елементами гальванічного елемента. Якщо глечик заповнити електролітом (електролітом використано морську воду, вино, оцет) то між залізним стрижнем і мідним циліндром виникла різниця потенціалів. У цьому явищі немає нічого надзвичайного. Причини стають зрозумілими, якщо звернутися до таблиці електродних потенціалів. Дивує інше, для чого використовували такі гальванічні елементи? Вважається, що за допомогою подібних прис-

троїв проводилася гальванізація. Однак про такий метод нанесення тонких покриттів на металеві вироби не згадує жоден із античних авторів. До того ж не було знайдено гальванічних ванн.



Рис. 7. Археологічні знахідки давньої Месопотамії. У глиняному глечику заввишки майже 30 см перебував тонкостінний мідний циліндр. Дно циліндра, діаметром 100 мм, виготовлене з мідної пластинки, а верх закритий асфальтовим корком. Через центр корка усередину циліндра вставлено залізний стрижень діаметром 10 мм. Поверхні металевих деталей мають сліди корозії

З нашого погляду, знайдені предмети використовували у давній медицині для насичення розчинів йонами металів. Адже ще й сьогодні для лікування багатьох хвороб використовують розчини, збагачені йонами заліза, міді та інших металів.

Тверді електроліти. Суперіоніки

Крім поширених електролітичних розчинів існують також тверді та полімерні електроліти, які за атомно-молекулярною структурою та характерними механічними властивостями належать до зазначених класів речовин. Уперше згадується про високу провідність йонних діелектриків на початку XIX сторіччя,



коли 1833 року М. Фарадей звернув увагу на аномально високу електропровідність сульфиду срібла (Ag_2S). Аналогічний ефект спостерігав В. Нернст у кераміці на основі оксиду цирконію. Тільки на початку ХХ сторіччя було встановлено, що висока електропровідність такого класу речовин зумовлена не рухом електронів, а переміщенням різнойменно заряджених йонів, подібно як це спостерігається у електролітах.

Тверді електроліти – кристалічні речовини з високою електропровідністю, яка зумовлена рухом йонів одного типу (додатними або від'ємними).

Тверді електроліти часто називають *суперіоніками*, або *суперіонними провідниками*. Правда, у фізиці конденсованих середовищ суперіоніки – це ширший клас твердих речовин, бо до них зараховують також ті, у яких присутня крім йонної провідності також змішана йонно-електронна провідність.

Існування суперіонної провідності багато у чому залежить від структурних особливостей матеріалу:

– щоб йони могли переміщатися, енергетично близьких вакантних позицій для розміщення потенційно рухомих йонів у гратці має бути більше ніж самих йонів;

– енергія розупорядкування йонів по вакантних позиціях у кристалічній гратці та енергія, що витрачається на рух, мають бути малими ($\sim kT$, де k – стала Больцмана; T – температура). Енергетичні бар'єри між сусідніми позиціями мають бути невеликі (порівняно з kT), що за наявності у кристалічній гратці вакантних місць призведе до статистичного розподілу рухливих йонів по дозволених позиціях:

– у кристалічній структурі “сітка каналів” для руху йонів має бути наскрізною, інакше швидкий рух заряджених частинок буде можливим

лише в межах однієї або декількох елементарних комірок гратки.

Перераховані вимоги задовольняють тільки окремі кристали, у структурі яких для атомів одного або декількох сортів відсутній дальній порядок їх просторового розташування. Для інших типів атомів дальній порядок зберігається, тому вони утворюють кристалічний каркас. Такі сполуки розглядаються як кристали з власним структурним розупорядкуванням.

Характерним представником класу твердих електролітів є кристал AgI . У ньому йони йоду Γ утворюють стійкий каркас – об'ємцентровану кристалічну гратку. Йони срібла мають менші ефективні розміри, тому за доволі високих температур хаотично розташовані у тетраедричних порожнинах гратки. Струм переноситься йонами Ag^+ , які переміщаються, перескакуючи на вільні позиції. Провідність суперіоніків, подібно як і напівпровідників, залежить від абсолютної температури T за законом

$$\sigma_i = \frac{A}{T} \exp\left(-\frac{W_a}{kT}\right),$$

де W_a – енергія активації перескакування рухливих йонів; A – стала величина.

Для протікання струму в колі з твердим електролітом анод має бути виготовлений із відповідного матеріалу – джерела носіїв струму. Зокрема, для кристала анод виготовляють із срібла.

Літій-йонні акумулятори

Суперіонна провідність знайшла своє застосування у джерелах живлення. Йтиметься про дуже поширені сьогодні літій-йонні акумулятори, які використовують як джерела живлення для стільникових телефонів та ноутбуків. Майже у всіх високоціпільних джерелах живлення використовують літій через його хе-



мічні властивості. Кілограм літію здатний зберегти заряд 3860 ампер-годин. Для порівняння, показник цинку – 820, а у свинцю – і зовсім небагато, тільки 260. Залежно від типу анода, літієві елементи можуть створювати напругу від півтора до 3,6 вольт, що вище ніж у будь-яких інших елементах.

Перші праці з літієвим акумулятором здійснив Г. Н. Льюїс (G. N. Lewis) 1912 року. Проте, тільки 1970 року з'явилися перші комерційні екземпляри первинних літієвих джерел струму. Спроби розробити акумуляторні літієві джерела струму зроблено ще у 80-ті роки, але вони були невдалими через неможливість забезпечити прийнятний рівень безпеки у разі поводження з ними.

Завдяки дослідженням, які проведено в 1980-х роках, було встановлено, що під час багатократного перезарядження джерела струму з металевим літієвим електродом, на поверхні літію формуються дендрити. Проростання дендрита до позитивного електрода та виникнення короткого замикання всередині літієвого джерела струму є причиною виходу елемента з ладу. До того ж температура всередині акумулятора може досягати температури плавлення літію (180 °C). Внаслідок бурхливої хемічної взаємодії літію з електролітом відбувається вибух.

Науковцям та виробникам вдалося подолати цю проблему. У спробі створити безпечне джерело струму на основі літію, дослідження призвели до потреби заміни в акумуляторі нестійкого під час перезарядження металевого літію на літіємісні оксиди перехідних металів і графіт. Вдалося отримати всі корисні електрохімічні якості, не зв'язуючись з примхливою металевою формою літію.

Найуживанішими матеріалами для створення літій-йонних акумуляторів нині є графіт та сполука LiCoO_2 . У такому джерелі струму під час багатократного процесу “зарядження–

розрядження” йони літію переходять від одного електрода впровадження до іншого, і навпаки. Хоча ці електродні матеріали мають у декілька разів меншу порівняно з металевим літієм, питому електричну енергією, проте акумулятори на їхній основі є доволі безпечними за умови дотримання деяких запобіжних заходів.

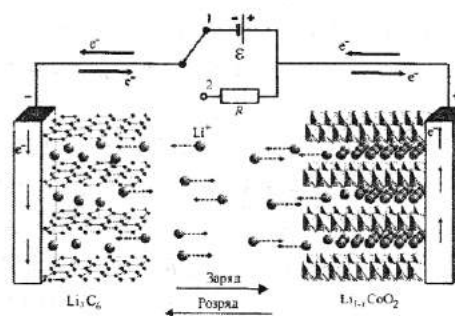


Рис. 8. Принцип роботи літій-йонного акумулятора. Положення перемикача перебуває у режимі зарядження

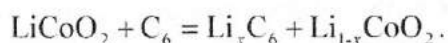
Розгляньмо докладніше принцип роботи літій-йонного акумулятора. Катодним матеріалом переважно застосовують сполуку LiCoO_2 . Літій перебуває у зв'язаному стані між шарами, вибудованими із тетраедричних комплексів і має доволі високу рухливість. Як матеріал анода використовують графіт. Будова графіта є такою, що його кристал складається із шарів атомів вуглецю, розташованих на значних віддальх. Це дає змогу йонам літію вільно проникати у графіт. У повністю насиченому літієм графіті на комплекс із шести атомів вуглецю припадає один атом літію. Катод і анод розділені спеціально підібраним органічним електролітом.

Під час зарядження акумулятора (перемикач на рис. 8 у положенні 1) йони літію виходять із прошарків сполуки LiCoO_2 і рухаються до анода. Тим часом крізь зовнішнє коло на анод надходять електрони. Проникаючи у



прошарки графіту, йон літію приєднує електрон і займає певну позицію. У зарядженому акумуляторі матеріал анода – графіт – насичений йонами літію до певної концентрації.

Загалом роботу акумулятора можна подати такою формулою:



Фірма Соні (Sony) 1991 року розпочала комерційне виробництво літій-йонних акумуляторів і сьогодні є їхнім найбільшим постачальником.

Питомі характеристики літій-йонних акумуляторів принаймні вдвічі перевищують аналогічні показники нікель-кадмієвих акумуляторів і добре характеризуються під час роботи на великих струмах, що потрібно, наприклад, у разі використання цих акумуляторів у стільникових телефонах і портативних комп'ютерах. Літій-йонні акумулятори мають доволі низький саморозряд (2–5 % на місяць).

Для забезпечення безпеки і довговічності, кожен пакет акумуляторів потрібно обладнати електричною схемою управління, щоб обмежити пікову напругу кожного елемента під час заряджання і запобігти зниженню напруги елемента під час розряджання нижче від припустимого рівня. До того, має бути обмежений максимальний струм заряджання і розряджання і має контролюватися температура елемента. У разі дотримання цих пересторог змога утворення металевого літію на поверхні електродів під час експлуатації (що найчастіше призводить до небажаних наслідків), майже усунена.

За матеріалом негативного електрода літій-йонні акумулятори можна розділити на два основних типи:

- з негативним електродом на основі коксу (фірма Sony);
- на основі графіту (більшість інших виробників).

Джерела струму з негативним електродом на основі графіту мають плавнішу розрядну криву з різким спадом напруги в кінці розряду, порівняно з пологішою розрядною кривою акумулятора з коксівним електродом. Тому, щоб отримати максимально можливу ємність, кінцеву напругу розряджання акумуляторів з коксівним негативним електродом зазвичай встановлюють нижче (до 2.5 В), порівняно з акумуляторами з графітовим електродом (до 3 В). Крім того, акумулятори з графітовим негативним електродом здатні забезпечити вищий струм навантаження і менше нагрівання під час заряджання і розряджання, ніж акумулятори з коксівним негативним електродом.

Виробники безперервно вдосконалюють технологію літій-йонних акумуляторів. Відбувається постійний пошук і вдосконалення матеріалів електродів і складу електроліту. Паралельно здійснюють роботу з підвищення безпеки літій-йонних акумуляторів і на рівні окремих джерел струму, і на рівні керуючих електричних схем.

Літій-йонні акумулятори є найдорожчими з доступних сьогодні на ринку. Вдосконалення технології виробництва і заміна оксиду кобальту на дешевший матеріал можливо призведе до зменшення їхньої вартості на 50 % упродовж найближчих кількох років.

Продовжується розвиток інших літій-йонних технологій. Так, за даними FujiFilm, розроблений цією фірмою аморфний окисний композиційний матеріал на основі олова для негативного електрода здатний забезпечити в 1,5 раза вищу електричну ємність порівняно з акумуляторами зі стандартним вуглецевим електродом. Можливі переваги акумуляторів з цим матеріалом полягають у більшій безпеці, швидшому заряді, добрих розрядних характеристиках і високій ефективності за низької температури. Недоліки на ранніх етапах досліджень зазвичай не згадуються.



Li-Pol – літій-полімерні акумулятори

Це остання новинка в літєвій технології. Анод відділений від катода полімерною перегородкою, композитним матеріалом, який містить літєву сіль. В результаті можливе спрощення конструкції елемента, оскільки будь-який витік полімерного електроліта неможливий. За однакової питомої густини, літій-полімерні батареї оптимальної форми можуть зберігати на 22 % більше енергії, ніж аналогічні літій-йонні. Це досягається завдяки заповненню “мертвих” об’ємів у кутах відсіку, які залишилися б невикористаними у разі застосування циліндричної батареї. Крім цих очевидних переваг, літій-полімерні елементи є екологічно безпечними і легшими за рахунок відсутності зовнішнього металевого корпусу.

Нанотехнології та джерела струму

Досягти подальшого істотного зростання енергетичного запасу гальванічних елементів можна двома способами. Перший з них полягає у підвищенні потенціалу самоутворювальних реакцій, а другий – у забезпеченні зростання густини ємності. Для багатьох сфер практичного застосування бажаним є поєднання цих двох зусиль. Однак успіхи, досягнуті відтоді на цьому шляху не можна вважати вражаючими: отримані значення питомої ємності катодно-активного матеріалу не перевищують 200 мА·год/г, що становить тільки ~ 1/20 від теоретично можливого щодо електрохімічного еквіваленту літію.

Подолати цей недолік, застосовуючи нанотехнологічні підходи, нещодавно вдалося науковцям кафедри інженерного матеріалознавства і прикладної фізики Національного університету “Львівська політехніка” (науковий керівник досліджень – проф. І. Григорчак). Суть розробки полягає у переході до нанопористої структури катодного матеріалу певної морфології та забезпеченні потрібної їх електронної будови легуванням. Завдяки застосу-

ванню легованих наноксидів елементів перехідних металів, зображених на рис. 9 ліворуч, уперше у світі досягнуто майже теоретичної межі питомої ємності катодного процесу (за напруг не нижче 1,5 В) порядку 3417 мАгод/г. Розроблений макет літєвого джерела струму зображено праворуч на рис. 9.

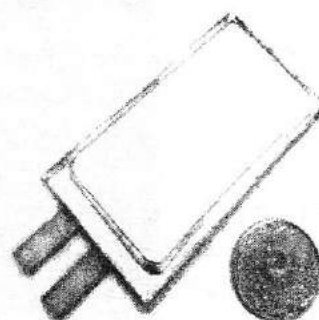
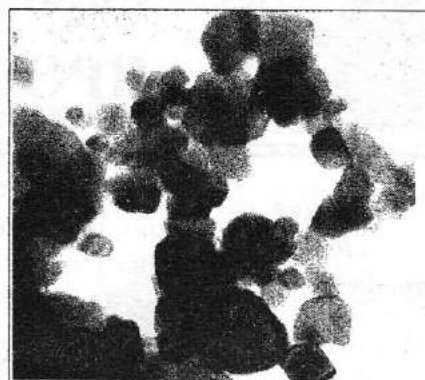


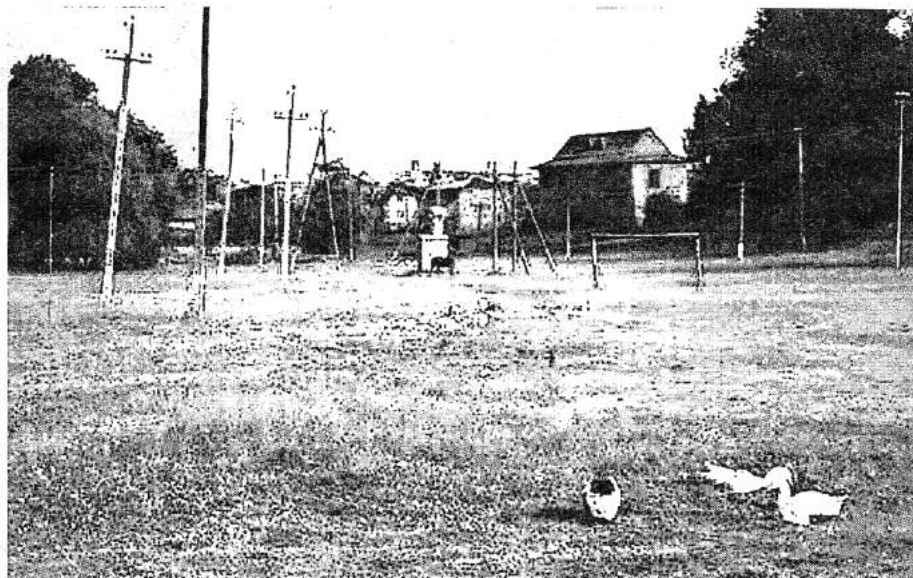
Рис. 9. На світлинці зображено морфологію наночастинок катодного матеріалу. Світлина отримана на просвітлювальному електронному мікроскопі (вгорі); макет діючого літєвого елемента (внизу)

Літій-йонні акумулятори мають дуже високу питому енергію. Потрібно бути дуже обережним під час їхньої експлуатації та тестування, не допускати короткого замикання акумулятора, механічного руйнування, розбирання, протикання металевими предметами, під’єднання у зворотній полярності, не залишати їх під впливом високих температур.



Під якою зорею народився ЯРОСЛАВ ЯЦКІВ?

*До 70-річчя
від дня
народження*



Галина Шоп

*Село Данильче Рогатинського району
Івано-Франківської області*

Ярослав Степанович Яцків – видатний учений у галузі астрономії, космічної геодинаміки та космічних досліджень, активний громадський діяч, лауреат Державної премії України (1983, 2003) та Державної премії СРСР (1986) у галузі науки і техніки, заслужений діяч науки і техніки України (1988).

Ярослав Яцків народився 25 жовтня 1940 року в селі Данильче, Рогатинського району, Івано-Франківської області у селянській родині. Його батько, Степан Пилипович, і мати, Агафія Миколаївна, були селянами. Середню школу Ярослав закінчив 1955 року. Далі вступив до Львівського політехнічного інституту на геодезичний факультет, який закінчив 1960 року, в 1960–1962 роках працював астрономом-спостерігачем у Полтавській гравіметричній обсерваторії АН УРСР.



Закінчивши при Головної астрономічної обсерваторії НАН України (ГАО) 1965 року аспірантуру, Ярослав Яцків почав працювати у цій обсерваторії, від 1975 року є її директором). ГАО розташована у м. Києві в Голосіївському лісі. Колектив ГАО успішно проводить наукові дослідження, які відомі далеко за межами України. Учні та колеги Ярослава Степановича працюють у багатьох відомих наукових установах світу.

У 1976 року науковець став доктором фізико-математичних наук, у 1985 – академіком НАН України.

У 2004 році, з нагоди 60-річчя від дня заснування, ГАО НАН України нагороджено Почесною грамотою Кабінету Міністрів України, а мала планета № 15675 отримала назву “Голосієво” на її честь.

Я. Яцків брав активну участь у підготовці та виконанні космічних програм ВЕГА, СОПРОГ, ФОБОС, МАРС, а також в організації космічних досліджень АН УРСР (1986–1992). Нині учений координує наукові космічні дослідження України.

Ярослав Яцків був віце-президентом Міжнародної астрономічної спілки (1982–1986), президентом Комісії 19 МАС “Обертання Землі” (1982–1986), співголовою секції Міжнародної геодезичної асоціації, головою дирекції Міжнародної служби обертання Землі (1992–1995) та інших міжнародних наукових організацій.

Завдяки видатним організаторським здібностям, наполегливості, ініціативі Я. Яцківа започатковано та успішно завершено будівництво Високогірної спостережної бази ГАО на піку Терскол (Кавказ). Нині найвища в Європі астрофізична обсерваторія, що оснащена двометровим телескопом, входить до складу Міжнародного центру астрономічних і медико-екологічних досліджень.

Науковець 1991 року ініціював створення Української астрономічної асоціації (УАА) і є її

незмінним Президентом. Своєю діяльністю УАА сприяє об’єднанню та координації астрономічних досліджень в Україні. Під керуванням Я. Яцківа в Україні створено мережу станцій астро-геодинамічних спостережень, яка є частиною світової мережі. У ГАО НАН України під керуванням Яцківа з 1990-х років діють міжнародні центри з опрацювання цих спостережень, отриманих новими технічними засобами.

Ярослав Степанович – голова Державної комісії єдиного часу і еталонних частот, член Ради з питань науково-технічної політики при Президентові України (1996).

З 1998 року Я. С. Яцків – член Президії НАН України. Від 9 жовтня 2002 року – Голова науково-видавничої ради НАН України.

У 2000–2001 роках Я. Яцків обіймав посаду першого заступника міністра Міністерства освіти і науки України.

Від 1-го квітня 2005 року – директор-організатор Інституту енциклопедичних досліджень НАН України; з 3 жовтня того ж року – співголова Робочої групи з розроблення Концепції розвитку наукової сфери, створеної розпорядженням Президента України.

Я. Яцків є головою Експертної ради НАН України з питань науково-технічної експертизи інноваційних проектів технологічних парків (з 2006 р.), представником України в Адміністративній раді УНТЦ.

Починаючи від 2006 року – голова Піклувальної ради Стипендійної програми Фонду Віктора Пінчука “Завтра. UA”.

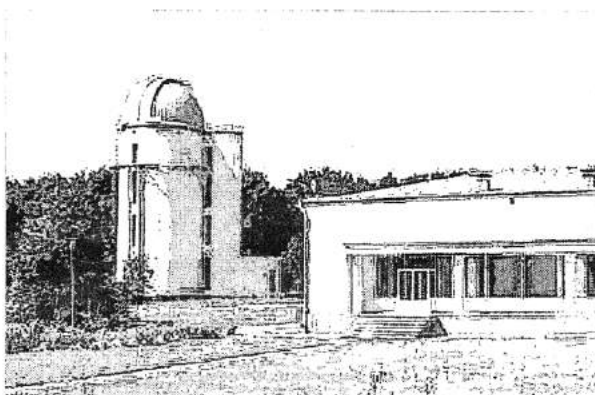
Основні наукові праці Ярослава Яцківа присвячені вивченню особливостей обертання Землі, космічній геодинаміці та фундаментальній астрометрії. У галузі обертання Землі учений виконав великий цикл досліджень із вивчення так званих вільного та вимушеного рухів полюсів Землі, вперше визначив новий тип вільної добової нутації Землі. Він був ініціатором і активним виконавцем наукової ро-



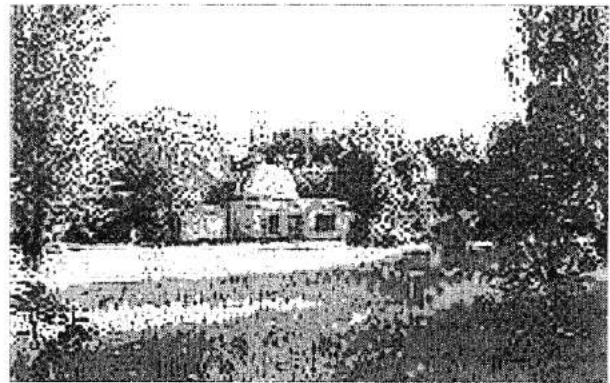
боти з визначення координат полюсів Землі з 1890 до 1969 року за даними астрономічних спостережень. Цей ряд координат полюса, відомий серед науковців світу як “київський ряд”, набув широкого застосування у геодезії, геофізиці, геодинаміці.

Дослідник входить до широко відомої у світі наукової школи О. Орлова – Є. Федорова та продовжує її традиції. Велика його заслуга у популяризації та подальшому розвитку ідей Є. Федорова з теорії нутації, яка має важливе значення для визначення орієнтації осі обертання Землі у просторі. Завдяки ініціативам Ярослава Степановича та його наполегливості як Голови секції “Астрометрія” Астрономічної ради СРСР у 1970-х роках на теренах колишнього СРСР, а також в Україні, почали розвивати і впроваджувати у практику нові технічні засоби спостереження, які визначають параметри обертання Землі (лазерна локація штучних супутників, радіоінтерферометрія з наддовгою базою, радіотехнічні спостереження навігаційних супутників – GPS-спостереження).

Учений запропонував нові підходи до побудови глобальної земної та небесної систем координат. За його керування та безпосередньої участі створено високоточні каталоги фундаментальних слабких зір та джерел космічного радіовипромінювання.



Телескопи Головної астрономічної обсерваторії НАН України



Багатогранність таланту Ярослава Яцківа, його високу ерудицію видно у його наукових, науково-популярних працях та низці відомих монографій. Під керуванням ученого Головна астрономічна обсерваторія НАН України набула широкого міжнародного визнання, стала однією з найбільших в Європі.

Я. Яцків – засновник і головний редактор журналу “Кинематика и физика небесных тел” (з 1984 р.), науково-популярного журналу “Світогляд” (з 2005 р.), заступник головного редактора журналу “Космічна наука і технологія” (з 1995 р.), “Наука та інновації” (з 2005 р.), член редколегій журналів “Astrophysics and Space Science” (1994–2000), “Радіоастрономія і радіофізика” (з 1996 р.), “Наука і наукознавство” (з 1997 р.), “Світ фізики” (з 2000 р.), “Artificial satellites” (з 2000 р.) та ін.

Широке визнання набула діяльність Ярослава Яцківа як Голови Українського міжнародного комітету з питань науки і культури при НАН України (з 1990 р.), яка сприяє зміцненню міжнародних зв’язків учених України з колегами інших країн. Популярними стали засідання дискусійного клубу “Елітарна Світлиця” під головуванням ученого, які з 1996 року щомісячно проводить Комітет у Будинку вчителя (м. Київ).

Як член Президії НАН України Я. Яцків відповідає за видавничу діяльність, розвиток поліграфічної бази НАН України; координацію діяльності наукових установ НАН України та



їхню участь у виконанні міжнародних програм і проектів у галузі космічних досліджень; здійснює загальне керування видавництвом “Наукова думка” НАН України та Видавничим домом “Академперіодика” НАН України; відповідає за зв’язки НАН України з Національним космічним агентством України.

Учений – активний громадський діяч, член Конгресу Української інтелігенції, Української Всесвітньої координаційної ради, член Ради конкурентоспроможності України.

1 липня 2005 року під час роботи VI Міжнародного конгресу україністів Ярослава Яцківа обрано Президентом Міжнародної асоціації україністів (МАУ), під керуванням якого виконуються основні завдання асоціації: сприяння відновленню та розвитку українознавства, збереження пам’яток історії та культури, поширення знань про культурні надбання і наукові здобутки українського народу, проведення українознавчих наукових форумів, координація діяльності національних асоціацій у різних країнах світу.

Заслуги Ярослава Яцківа перед вітчизняною наукою відзначено багатьма державними нагородами. Він – лавреат багатьох наукових премій, серед яких “Фундація доктора Дем’янів. За мир і свободу України”, премія імені Олекси Гірника (2005), премія імені Є. П. Федорова НАН України. Його нагороджено орденами “За заслуги” III та II ступенів, лав-

реат республіканської премії ім. М. Островського, міжнародною премією Євросоюзу імені Рене Декарта (2003; єдиний в Україні лавреат цієї премії)

Науковець є іноземним членом Польської академії наук, академіком Міжнародної академії астронавтики та членом багатьох міжнародних наукових організацій. Ярослав Яцків працював керівником програми наземних спостережень комети Галлея, за що має почесну відзнаку НАСА. Він – почесний доктор Прикарпатського національного університету та Національного університету “Львівська політехніка”, дійсний член Наукового товариства імені Тараса Шевченка.

Ярослав Яцків – дуже талановита і багатогранна особистість, цікава, красива, інтелігентна людина. Він знає багато мов, його люблять колеги і друзі, шанують науковці світу, прислухаються політики.

Ім’я видатного вченого в галузі астрономії та космічної геодинаміки, державного та громадського діяча, академіка НАН України Ярослава Степановича Яцківа відоме і в космосі: одна з малих планет за номером 2728 має назву “Яцків”.

– Так під якою зорею народився Ярослав Яцків?

– Під щасливою...

Нехай вона світить вічно!

*Редакційна колегія журналу “Світ фізики” щиро вітає
директора Головної астрономічної обсерваторії України,
академіка Національної академії наук України,
члена редколегії журналу “Світ фізики”*

ЯРОСЛАВА СТЕПАНОВИЧА ЯЦКІВА

з 70-річчям від дня народження.

*Бажаємо йому великих творчих звершень
на благо української та світової науки.*

Редколегія журналу



НІКОЛА КАББІБО – ВИДАТНИЙ ІТАЛІЙСЬКИЙ ФІЗИК

Нікола Каббібо став відомий завдяки своїм науковим працям в галузі слабкої ядерної взаємодії – однієї з чотирьох фундаментальних фізичних взаємодій. Із слабкою взаємодією пов'язаний, зокрема, бета-розпад атомних ядер.

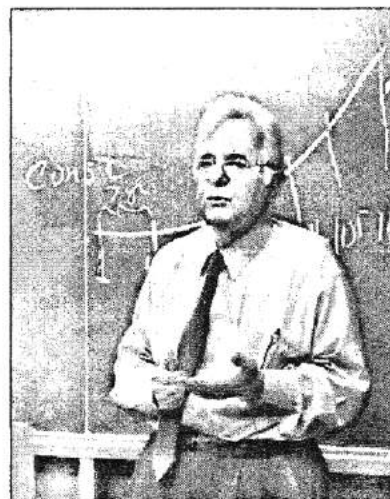
На початку 1960-х років Нікола Каббібо сформулював так звану “слабку універсальність” (*weak universality*), щоб пояснити поведінку двох поколінь лептонів і кварків (тоді були відомі лише *u*-, *d*- і *s*-кварки). Він увів “кут Каббібо”, який описує зміщення *d*- і *s*-кварків.

Японські фізики Макото Кобаяші (Makoto Kobayashi) і Тошігіде Маскава (Toshihide Maskawa) продовжили деякі дослідження Н. Каббібо і додали до цієї теорії третє покоління частинок, отримавши матрицю розміром 3×3 , відому як матриця Каббібо-Кобаяші-Масакави (Cabibbo-Kobayashi-Maskawa matrix) у Стандартній моделі фізики елементарних частинок (СКМ-матриця). Згодом експерименти довели, що поколінь справді три.

Японські фізики Макото Кобаяші та Тошігіде Маскава 2008 року одержали Нобелівську премію з фізики “за відкриття походження порушеної симетрії, яка передбачає існування в природі принаймні трьох поколінь кварків”.

Ще й досі експерти критикують позицію Нобелівського комітету, що не долучив до числа лавреатів Ніколу Каббібо. За словами друзів ученого, він важко переживав це.

Великий шум щодо Нобелівської премії з фізики підняли в Італії, а згодом підхопили в Європейському центрі ядерних досліджень (ЦЕРНі). У США заявили, що внесок фізика-теоретика Н. Каббібо був анітрохи не менший



*Нікола Каббібо (Nicola Cabibbo)
(10.04.1935–16.08.2010)*

від внеску Кобаяші та Маскави. До того ж, матриця, яку створили теоретики, показала, що існує не три, а шість видів кварків, нині відома у фізиці під назвою “матриця Каббібо-Кобаяші-Маскава” (СКМ).

Нікола Каббібо народився 10 квітня 1935 року в Римі. Він 1958 року закінчив Римський університет Ла-Сапієнца (University Rome La Sapienza), один з найстаріших університетів світу. Засновником цього університету був Папа Римський Боніфачій VIII ще 1303 року. Каббібо навчався разом з іншим видатним італійським фізиком Раулем Гатто (Raoul Gatto).

Нікола Каббібо працював у різних інститутах Італії, США, Франції, Швейцарії. Він деякий час проводив наукові дослідження в Національній лабораторії ім. Лоуренса в Берклі (штат Каліфорнія, США), і Гарвардському університеті, а 1965 року повернувся до Італії, де почав працювати в Університеті міста



Л'Акуїла (University L'Aquila). За рік науковець повернувся до Університету Ла-Сapieнца. Його наукова діяльність була пов'язана з цим університетом до кінця життя.

Науковець 1969 року обійняв посаду професора фізики елементарних частинок.

У 1982–1993 роках Нікола Кабіббо був президентом італійського Національного інституту ядерної фізики (National Institute Nuclear Physics), у 1993–1998 роках очолював Національний комітет із нових технологій, енергетики та оточуючого середовища Італії. Від 1993 року був президентом Папської Академії Наук (Pontifical Academy Sciences), яку було створено 1936 року для дослідження різних галузей наук, пов'язаних з богословськими питаннями. Зокрема, науковець докладав чимало зусиль, щоб церква офіційно вибачилася перед Джордано Бруно, якого спалили 1600 року за свої ідеї.

Нікола Кабіббо був головою наукової ради Міжнародного центру теоретичної фізики ім. Абдуса Салама (Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics).

Відомий фізик також працював на адміністративній роботі: він був членом Комітету із наукової політики ЦЕРНу, Наукового комітету Інституту охорони здоров'я Італії, Наукового комітету Інституту вищої освіти Парижа, Комітету із Європейського розвитку науки і технології (CODEST), Асамблеї Європейської науки і технології (ESTA).

Його останнім науковим зацікавленням було розширення застосування суперкомп'ютерів у вивченні проблем теоретичної фізики. Нікола Кабіббо керував створенням обчислю-



*Нікола Кабіббо
і Макото Кобаяші
(2006)*

вальних систем "APE100". Учений також працював над фундаментальними питаннями наукової етики. Його найчастіше цитують у наукових журналах всього світу.

Нікола Кабіббо одержав багато нагород, зокрема Національну премію Президента Італії (1979), премію Сакураї Американського фізичного товариства (1989), премію Європейського фізичного товариства (1991), кавалер Великого хреста ордену "За заслуги перед Італійською Республікою" (1993), золоту медаль за внесок у науку і культуру (1998), медаль Магтеуччі (2002), премію Енріко Фермі Італійського фізичного товариства (2003), премію імені І. Я. Померанчука Інституту теоретичної і експериментальної фізики (Росія, 2009), медаль Дірака (2010).

Він був Почесним членом Національної академії наук США (1982), Національної академії деї Лінчеї і Папської академії наук (від 1986), іноземним членом РАН (2008).

Нікола Кабіббо помер 16 серпня 2010 року в Римі у 75-річному віці.

Роман Паславський,
*технічний коледж
Національного університету
"Львівська політехніка"*

РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ ІV ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Чернігів, 2010)

*Умови задач ІV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики
опубліковано в журналі "Світ фізики" (2010, № 2, с. 30–35), розв'язки задач
за 8–10 класи опубліковано в журналі "Світ фізики" (2010, № 3, с. 35–46)*

ІІ клас

Задача 1.

Струм розрядки конденсатора зумовлює виникнення сили Ампера:

$$F = IBh.$$

За невеликий проміжок часу Δt провідник отримує імпульс

$$\Delta p = F\Delta t = I\Delta t Bh = \Delta q Bh.$$

Тут Δq – заряд, який втратив конденсатор.

Оскільки час розрядки конденсатора малий, за цей час провідник отримає імпульс

$$p = qBh = CUBh,$$

майже не змістившись із положення рівноваги.

За законом збереження енергії

$$\frac{p^2}{2m} = 2 \frac{kA^2}{2}.$$

Звідси амплітуда коливань

$$A = \frac{CUBh}{\sqrt{2mk}}.$$

Ми не враховуємо потенціальну енергію в полі сили тяжіння, оскільки силу тяжіння вже зрівноважено за рахунок початкової деформації пружин.

Зазначмо, що з початком руху провідника змінюватиметься магнетний потік через кон-

тур, унаслідок чого виникатиме ЕРС індукції та індукційний струм. Цей струм нагріватиме провідник, що спричинить згасання коливань.

Отже, амплітуда коливань дещо менша від одержаного вище значення:

$$A < \frac{CUBh}{\sqrt{2mk}}.$$

Задача 2.

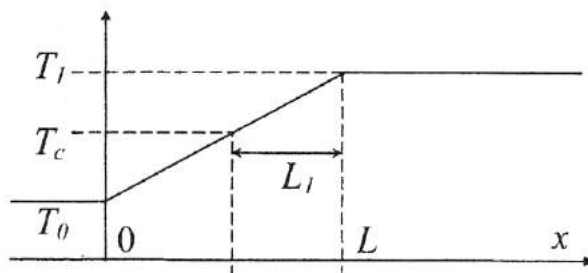
1. Температура T_1 ланцюжка у стаціонарному стані визначається тепловим балансом

$$Q_+(T_1) = Q_-(T_1),$$

звідки:

$$T_1 = Q_0/\gamma + T_0 \text{ або } Q_0 = \gamma(T_1 - T_0) \quad (1)$$

2. Розгляньмо перехідну ділянку, довжиною L :



На ділянці з температурою T_1 тепловий баланс підтримується, що зрозуміло з (1). На ділянці з температурою T_0 не існує теплообміну. На перехідній ділянці тепловий баланс забезпечується завдяки додаткового тепла, що виділяється на ділянці L_1

$$Q_+ = Q_0 L_1 = Q_0 (T_1 - T_c) \frac{L}{(T_1 - T_0)}$$

або

$$Q_+ = \gamma L (T_1 - T_c),$$

$$Q_- = \frac{1}{2} \gamma L (T_1 - T_0),$$

або

$$Q_- = \frac{Q_0}{2} L.$$

Прирівнявши праві частини, маємо:

$$T_c = \frac{T_1 - T_0}{2} \quad \text{або} \quad T_0 = 2T_c - T_1 \quad (2)$$

3. Щоб визначити швидкість поширення фронту горіння, запишімо рівняння теплового балансу. Додаткове тепло, що виділяється в перехідній ділянці за час Δt , буде

$$Q_+ = \Delta t \left(\gamma L (T_1 - T_c) - \frac{1}{2} \gamma L (T_1 - T_0) \right).$$

Воно піде на нагрівання ділянки довжиною Δx :

$$Q_- = C \Delta x (T_1 - T_0).$$

Прирівнявши, можна отримати швидкість поширення фронту:

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{L \gamma (2(T_1 - T_c) - (T_1 - T_0))}{2C(T_1 - T_0)}.$$

Після перетворень, одержимо:

$$V = \frac{L \gamma^2 (T_1 - 2T_c + T_0)}{2CQ_0},$$

або

$$V = \frac{L \gamma^2 (T_1 - T_c)}{CQ_0} - \frac{L \gamma}{2C}. \quad (3)$$

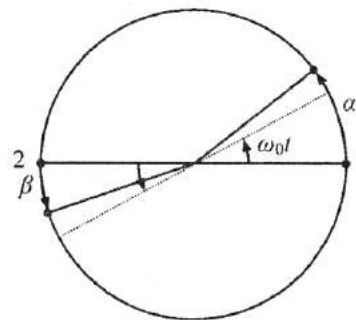
Задача 3.

За умовою задачі на систему двох частинок не діють зовнішні сили, які б могли змінити їх загальний момент імпульса $mv_0 R$ відносно центру кільця.

Отже,

$$mv_0 R = mR^2 \alpha + mR^2 \beta,$$

де α , β – кутові швидкості першої і другої частинок (рис. 1).



У системі відліку, яка обертається з кутовою швидкістю

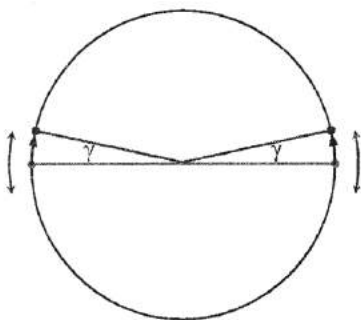
$$\omega_0 = \frac{v_0}{2R},$$

загальний момент імпульсу дорівнюватиме нулеві:

$$0 = mR^2 (\alpha - \omega_0) + mR^2 (\beta - \omega_0),$$

рух частинок виглядатиме як зустрічні коливання з кутом відхилення від положення рівноваги $\gamma = \alpha - \omega_0 t$ (рис. 1, 2).

За умовою задачі першій частинці надають “невелику швидкість v_0 ”, що означає можливість розглядати коливання системи як малі.



Запишімо закон збереження енергії

$$2 \frac{mR^2 \dot{\gamma}^2}{2} + \frac{kq^2}{2R \cos \gamma} = E$$

і продиференціюймо його за часом:

$$2mR^2 \ddot{\gamma} + \frac{kq^2 \sin \gamma}{2R \cos^2 \gamma} \dot{\gamma} = 0.$$

Випадок, коли кутова швидкість $\dot{\gamma} = 0$, відповідає відсутності коливань, тому, скорочуючи на $\dot{\gamma}$, отримуємо

$$\ddot{\gamma} + \frac{kq^2 \sin \gamma}{4mR^3 \cos^2 \gamma} = 0.$$

У випадку малих кутів $\sin \gamma \approx \gamma$, $\cos \gamma \approx 1$, маємо рівняння гармонічних коливань

$$\ddot{\gamma} + \frac{kq^2}{4mR^3} \gamma = 0$$

з циклічною частотою

$$\omega = \sqrt{\frac{kq^2}{4mR^3}}.$$

Розв'язок цього рівняння такий:

$$\gamma(t) = A \sin \omega t + B \cos \omega t.$$

Тоді залежність кута α повороту першої частинки від часу має вигляд:

$$\alpha(t) = \omega_0 t + A \sin \omega t + B \cos \omega t.$$

Сталі інтегрування A і B визначимо з початкових умов:

$$\alpha(0) = 0, \quad \dot{\alpha}(0) = \frac{v_0}{R},$$

$$B = 0, \quad A = \frac{1}{\omega} \left(\frac{v_0}{R} - \omega_0 \right) = \frac{v_0}{2\omega R}.$$

Отже,

$$\alpha = \frac{v_0}{2R} \left(t + \frac{1}{\omega} \sin \omega t \right),$$

$$\dot{\alpha} = \frac{v_0}{2R} (1 + \cos \omega t).$$

Перша частинка зупиняється, коли її кутова швидкість

$$\dot{\alpha} = 0.$$

З останнього виразу знаходимо, що це відбувається, коли

$$\cos \omega t = -1.$$

Тобто, у моменти часу

$$t = \frac{1}{\omega} (\pi + 2\pi n), \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

відбуваються періодичні зупинки першої частинки. Кут α при цьому дорівнює

$$\alpha = \frac{\pi v_0}{2R\omega} (1 + 2n).$$

За умовою задачі частинка має зупинитись, зробивши повний оберт.

Отже,

$$\alpha = 2\pi.$$

Прирівнюючи, знаходимо

$$v_0 = \frac{4R\omega}{1+2n} = \frac{2}{1+2n} \sqrt{\frac{kq^2}{mR}}.$$

Значимо, що з додаткової умови задачі випливає (за законом збереження енергії), що

$$\frac{kq^2}{2R} = 2 \frac{mv_\infty^2}{2} \quad \text{або} \quad \frac{kq^2}{mR} = 2v_\infty^2.$$

Отже,

$$v_0 = \frac{2\sqrt{2}v_\infty}{1+2n}.$$

Як бачимо, швидкість наче квантується, набуваючи численну множину значень. Значення початкової швидкості, які задовольняють малим $n = 0, 1, 2$ мабуть слід відкинути, оскільки

ки, по-перше, за цих умов розглянута модель малих коливань є не дуже точною, і, по-друге, умову задачі відносно малості v_0 можна інтерпретувати, як порівняння v_0 з v_∞ .

Задача 4.

Зробимо спочатку оцінку із розмірних міркувань. За умовою, відстань між пластинами значно менша від їхніх розмірів, отже, сила, що діє на одиницю площі, не має залежати від площі пластини. Вона може залежати від відстані між пластинами d , від сталої Планка, оскільки розглядається квантове явище, і, мабуть від швидкості світла, адже пластини є провідниками електричного струму, і, якщо ми не розглядаємо залежність сили від заряду, що логічно (пластини загалом нейтральні), то слід врахувати фундаментальну сталу електромагнетного поля, яке пов'язано з носіями зарядів.

Запишімо розмірності:

$$[P] = \left[\frac{F}{S} \right] = \frac{\text{кг}}{\text{мс}^2},$$

$$[d] = \text{м},$$

$$[\hbar] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}},$$

$$[c] = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Єдина розмірна комбінація:

$$P = \alpha \cdot \frac{c\hbar}{d^4},$$

де α – безрозмірна стала.

Як бачимо, тиск швидко зменшується з відстанню. Для оцінки замість безрозмірної сталої підставляємо одиницю:

$$d \approx \sqrt[4]{\frac{c\hbar}{P}} \approx 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ м} \approx 2 \cdot 10^{-8} \text{ м}.$$

Відстань достатньо мала – менша від довжини світлової хвилі, але більша від розмірів атомів.

Тепер розглянемо запропоновану модель флуктуацій положень зарядів. Цікаво, попри знак заряду, який знаходиться ближче до другої пластини, завжди виникатиме сила притягання. Для знаходження цієї сили скористаємось методом електростатичних зображень (рис. 1).

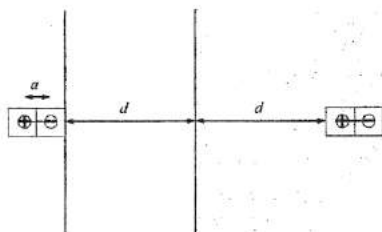
Для забезпечення еквіпотенціальності поверхні другої пластини у присутності зовнішнього заряду, на такій самій відстані від її поверхні, але поза нею, наче в дзеркалі, розміщаємо фіктивний заряд протилежного знаку. Зображення диполя буде диполем (рис. 1). Силу взаємодії між диполями можна знайти, розглянувши рівнодіючу з чотирьох сил парних взаємодій точкових зарядів і врахувавши те, що $a \ll d$.

Можна зробити швидше: взяти диференціал від напруженості поля точкового заряду (отримуємо різницю напруженостей у двох сусідніх точках). Добуток на заряд диполя дасть силу, з якою точковий заряд взаємодіє з диполем. Якщо тепер поділити силу на величину точкового заряду, отримаємо напруженість поля від диполя у точці точкового заряду. Диференціал від отриманої напруженості – є різницею напруженості від диполя у двох сусідніх точках. Добуток на заряд другого диполя і дасть силу взаємодії двох диполів. Оскільки заряди у нас однакові, достатньо двічі взяти диференціал від напруженості точкового заряду.

$$F = \frac{3}{32\pi} \frac{e^2 a^2}{\epsilon_0 d^4}.$$

Насправді ми врахували не все, хоча для оцінки цього достатньо. Ми не врахували, що зображення диполя в поверхні другої пластини мусить мати своє зображення в першій і так далі. Це дещо збільшує величину сили, але не дуже сильно, оскільки відстані стають все більшими (неважко переконатись, що детально розрахована сила відрізнятиметься від

сили взаємодії двох диполів у нескінченну суму кубів обернених натуральних чисел). Далі ми не врахували, що диполі необов'язково мають бути зорієнтовані перпендикулярно до поверхонь. Будь-які інші напрями зменшують ефективну відстань a , а, отже, й силу. Отже, два явища частково компенсують одне одне.



Якщо такі пари зарядів виникають всюди по поверхні обох пластин, тиск можна знайти, подвоївши

$$F = \frac{3}{32\pi} \frac{e^2 a^2}{\epsilon_0 d^4}$$

і поділивши на ефективну площу a^2 , яка приходить на один диполь.

Отже, тиск $P \approx \frac{ke^2}{d^4}$ не залежить від гіпотетичних розмірів диполя.

Оцінимо відстань

$$d = \left(\frac{ke^2}{P} \right)^{1/4} \approx 7 \cdot 10^{-9} \text{ м} \approx 10^{-8} \text{ м}.$$

Дуже близько до першої оцінки, хоча тепер у формулу не входить стала Планка і швидкість світла. Прирівнюючи обидва вирази, знайдемо зв'язок між фундаментальними сталими:

$$ach = ke^2.$$

За Айнштайном у подібних випадках за справу слід братися серйозно і шукати теоретичне виведення формули. Ще один Нобелівський лавреат Річард Фейнман зазначав, що наш світ дивно побудований – правильна теорія завжди має декілька тлумачень.

Зазначмо також, що

$$\frac{ke^2}{ch} = \alpha \approx \frac{1}{137} \text{ – стала тонкої структури.}$$

З погляду квантової механіки навіть за відсутності речовини у вакуумі існують нульові коливання полів (фізичний вакуум). Між близькими провідними пластинами збуджуються ті коливання, які відповідають стоячим хвилям, ззовні – будь-які. Ця різниця і приводить до ефекту Казимира. За розрахунками

$$P = \frac{\pi^2}{240} \frac{ch}{d^4}.$$

Нині ця формула експериментально підтверджена з великою точністю. Згідно неї

$$d \approx \sqrt[4]{\frac{\pi^2}{240} \frac{ch}{P}} \approx 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ м} \approx 10^{-8} \text{ м}.$$

Задача 5.

Щоб відбулося самозбудження, потрібно, щоб звук, вийшовши з динаміка, дійшов до мікрофона, був ним перетворений в змінну напругу, підсилюється і знову вийшов з динаміка вже з більшою амплітудою, ніж на початку циклу (зворотній зв'язок). При цьому фаза коливань після обходу кола зворотного зв'язку має збігатися з фазою до обходу, бо інакше при багаторазовому обході сумарний сигнал прямуватиме до нуля.

Звук, вийшовши з динаміка є коливанням тиску, що поширюються з швидкістю звуку u . Оскільки ці коливання породжуються мембраною площею S_0 і розходяться на кут α , на віддалі R від динаміка вони покриватимуть площу сферичного сегмента

$$S(R) = 2\pi R^2(1 - \cos\alpha).$$

Відповідно, інтенсивність зміни тиску в звуковій хвилі зменшиться у стільки ж разів, у скільки збільшилася площа, тобто для амплітуди змінної складової тиску маємо:



$$p(R) = \frac{p_0 \sqrt{S_0}}{\sqrt{S(R)}}. \quad (1)$$

Після сприйняття цього звуку мікрофоном, отримаємо напругу амплітудою

$$U_1 = Ap(R),$$

після підсилювача –

$$U_2 = kU_1 = kAp(R).$$

Динамік перетворить цю напругу на тиск з амплітудою

$$\begin{aligned} p_1 &= BU_2 = kABp(R) = \\ &= kAB \frac{p_0 \sqrt{S_0}}{\sqrt{S(R)}} = kAB \frac{p_0 \sqrt{S_0}}{R \sqrt{2\pi(1 - \cos \alpha)}}. \end{aligned}$$

Щоб звук при обході відбулося самозбудження, потрібно

$$p_1 > p_0,$$

тобто

$$\frac{kAB \sqrt{S_0}}{R \sqrt{2\pi(1 - \cos \alpha)}} > 1. \quad (2)$$

Частоту звуку можна визначити з умови незмінності фази при обході кола зворотного зв'язку. Звукова хвиля від динаміка поширюватиметься за законом

$$\cos[\omega(t - R/u) + \varphi],$$

де φ – початкове значення фази.

Амплітуда зміни тиску в цій хвилі спадає за законом (1). Оскільки за умовою мікрофон, підсилювач та динамік фазу не змінюють, уся зміна фази виникає завдяки поширенню звуку між динаміком та мікрофоном. Тобто зміна фази

$$\Delta\varphi = \omega R/u.$$

Щоб фаза не змінювалася, потрібно

$$\Delta\varphi = 2\pi N,$$

де N – ціле число.

Отже, маємо

$$2\pi N = \omega R/u,$$

або

$$N = f R/u.$$

Отже, частоти генерованого звуку

$$f = Nu/R,$$

де N – ціле число.

Слід визначити, яким може бути R за різних можливих розташувань співака на сцені. Очевидно, найменшою віддаль від динаміка до мікрофона буде, коли співак знаходиться якнайближче до динаміка, але в межах конуса, куди йде звук. Тоді мінімальне значення R визначатиметься різницею висот та кутом розходження α ,

$$R_{\min} = (H - h) \operatorname{ctg} \alpha \approx 0,87 \text{ м.}$$

Максимальна віддаль визначатиметься амплітудною умовою (2)

$$\frac{kAB \sqrt{S_0}}{\sqrt{2\pi(1 - \cos \alpha)}} > R,$$

тобто має виконуватися умова

$$R_{\max} = \frac{kAB \sqrt{S_0}}{\sqrt{2\pi(1 - \cos \alpha)}} \approx 10,9 \text{ м.}$$

Оскільки це перевищує розміри сцени, звук з'являтиметься завжди, якщо мікрофон перебуватиме в конусі, куди йде звук від одного з динаміків. Враховуючи, що швидкість звуку буде

$$u = 331 \text{ м/с},$$

отримуємо мінімальні та максимальні частоти для різних N .

Як видно з таблиці, смуги для різних N перекриваються і, відповідно, самозбудження можливе на частотах, вищих від 30 Гц. До того ж на різних динаміках будуть збуджуватися різні частоти (за винятком окремих точок).

N	1	2	3	4	5	6	7
f_{\min} , Гц	30,37	60,73	91,10	121,47	151,83	182,20	212,57
f_{\max} , Гц	371,91	743,82	1115,73	1487,64	1859,55	2231,46	2603,37



МІЖНАРОДНІ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ

Міжнародна олімпіада з фізики – це міжнародне змагання з фізики для школярів середньої школи. Перші такі змагання було організовано 1967 року у Варшаві за ініціативи професора Чеслава Сцісловського (Czeslaw Scislawski). Відтоді Міжнародні олімпіади з фізики проводять щороку у різних країнах світу.

Ці змагання було організовано за прикладом Міжнародних олімпіад з математики, що відбувалися вже з 1959 року. Успіх Міжнародних олімпіад з математики, позитивний досвід дуже стимулював фізиків, які працювали в освіті, організувати такі змагання, щоб порівняти знання кращих школярів із різних країн.

Важливу організаційну роботу провели три професори: Чеслав Сцісловський з Польщі, Ростислав Костял (Rostislav Kostial) з Чехословаччини та Рудольф Кунфалві (Rudolf Kunfalvi) з Угорщини. Кожний з них скористався досвідом організації перших Олімпіад з фізики в своїх країнах. Погодились, що Польща запропонувала найкращі умови і найсприятливішу атмосферу для проведення першої олімпіади.

Під час Міжнародних олімпіад з фізики учасники мають роз'язувати не лише теоретичні проблеми а й експериментальні. Відтак, проведення олімпіади з фізики для організаторів є складнішою та коштовнішою, ніж для інших дисциплін.

Організаційний комітет Олімпіади запросив до участі всі європейські країни. Запрошення прийняли п'ять країн: Болгарія, Чехословаччина, Угорщина і Румунія, серед них і Польща (організатор змагань). Кожна команда складалася з трьох школярів середньої школи у супроводі одного вчителя.

Олімпіада проходила так: один день для теоретичних проблем і один день для виконання експерименту. Для учасників було організовано дві екскурсії: до Кракова та Гданська.

Другу Олімпіаду було проведено 1968 року в Угорщині в м. Будапешті. У ній брало участь вісім країн, зокрема до участі долучилися Німецька Демократична Республіка, Радянський Союз та Югославія.

Третю Олімпіаду провели 1969 року у Чехословаччині в м. Брно. У ній брали участь команди, що склалися з п'яти школярів і двох учителів. До цієї Олімпіади вже було створено офіційний Статут, за яким проходила олімпіада.

Наступна Олімпіада відбулася у Радянському Союзу в м. Москві (1970). Кожну країну представляли шість школярів і два вчителі.

П'ята олімпіада відбулася в Софії (Болгарія, 1971), шоста – Бухаресті (Румунія, 1972). У цій олімпіаді серед учасників уперше брала участь команда з Куби і перша країна із Західної Європи – Франція.



Та 1973 року Олімпіада не відбулася через те, що жодна країна не була готова організувати такі змагання, хоча бажаних брати участь було більше, ніж у попередніх олімпіадах. Міжнародні змагання були на грані зриву.

І знову в історії цих змагань важливу роль зіграла Польща. Вона взяла ініціативу на себе – організувати міжнародні інтелектуальні змагання з фізики.

Сьома Міжнародна олімпіада з фізики відбулася вдруге 1974 року у м. Варшаві. На олімпіаді вперше брала участь команда школярів Федеративної Республіки Німеччини.

Упродовж усього часу проведення олімпіад організаційний комітет напрацьовував досвід та удосконалював Статут і Програму олімпіади. Кількість теоретичних завдань було зменшено від чотирьох до трьох, робочі мови: російську, англійську, німецьку і французьку скоротили до двох: англійської та російської.

У 1975, 1976 і 1977 роках Міжнародні олімпіади з фізики відбувалися в Німецькій Демократичній Республіці – вперше, Угорщині – вдруге, Чехословаччині – вдруге, відповідно.

Щорічно до цих престижних змагань долучались все нові й нові країни. Нині участь в Олімпіаді беруть команди з усіх континентів, і відбуваються олімпіади також у різних частинах світу.

Дуже активно до змагань долучилися країни Азії. Це стало відчутно після 2000 року, коли було організовано Азійську олімпіаду з фізики. Відтоді її там проводять щорічно. Науковий та організаційний рівень дуже високий. Це реально впливає на результати Азійських країн у Міжнародних олімпіадах з фізики.

Значення Міжнародних олімпіад з фізики безупинно зростає. У деяких країнах їм велику увагу приділяє влада.

Значну роль у проведенні Міжнародних олімпіад з фізики відіграють такі міжнародні організації як ЮНЕСКО та Європейське фізичне товариство (ЄФТ).

Перша співпраця організаторів Олімпіади з ЮНЕСКО розпочалась ще 1968 року, та тісніша кооперація почалась лише з 1984 року. У 1984–1991 роках ЮНЕСКО фінансово підтримувала Олімпіади. Це стосувалося усіх країн-учасниць ЮНЕСКО. За підтримки ЮНЕСКО були опубліковані окремі книжки з Олімпіад з фізики різними мовами. Допомога ЮНЕСКО була дуже важлива, особливо в популяризації. На жаль, фінансовий внесок у проведення змагань був незначний.

Нині організатори Олімпіади стикаються з багатьма технічними та фінансовими труднощами. Від 1997 року було введено добровільний грошовий збір, який сплачують учасники. Ці кошти покривають лише незначну частину організаційних витрат, решту треба вишукувати у спонсорів. Тому організатори задумались над кількістю учасників у Міжнародній олімпіаді з фізики, яка щорічно зростає, і вважають, що цей процес треба контролювати.

Європейське фізичне товариство також надає відчутну підтримку Олімпіаді, сприяє популяризації серед своїх членів. ЄФТ 1989 року заснувало спеціальний приз для переможця Олімпіади, який одержав найкращі результати у теоретичних та експериментальних змаганнях.

Від 17 до 25 липня 2010 року у Хорватії м. Загребі відбулася 41-ша Міжнародна олімпіада з фізики. Олімпіаду було організовано Хорватським фізичним товариством.

Учасниками Олімпіади були представники від 79 країн, серед них 376 школярів і 154 учителів. Уперше в Олімпіаді брала участь команда із Сальвадору.



Після змагань, 35 учасників одержали золотих медалей, 66 срібних, 97 бронзових і 66 почесних нагород. Найкращі результати показали школярі з Китаю, Індонезії, Німеччини та Угорщини.

Золоті медалі:

1. Китай –	5
2. Таїланд –	5
3. Тайвань –	5
4. Індонезія –	4
5. Німеччина –	3
6. Угорщина –	3

Індивідуальним переможцем змагань став Яшіо Ю (Yichao Yu) з Китаю. Він також одержав нагороду від Європейського фізичного товариства за найінноваційніше розв'язання завдання. Найкращі результати із експериментальних завдань одержав Золтан Джен (Zoltan Jehn) з Угорщини.

За результатами Олімпіади з фізики, команда українських школярів увійшла до десятки країн-переможниць, випередивши команди Великої Британії, Ізраїлю, Канади, США, Франції та інших.

Срібні медалі:

1. Україна –	5
2. Казахстан –	5
3. Ізраїль –	4
4. Сінгапур –	4
5. В'єтнам –	3
6. Індія –	3
7. Канада –	3
8. Росія –	3
9. Словачія –	3
10. Франція –	3

Срібні медалі одержали українські школярі:

Рибалка Денис, учень 11-го класу Києво-Печерського ліцею № 171 “Лідер” м. Києва;

Степанов Микола, учень 11-го класу Українського фізико-математичного ліцею Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

Теслюк Тарас, учень 11-го класу Спеціалізованої школи-інтернату “Львівський фізико-математичний ліцей при Львівському національному університеті імені Івана Франка з поглибленим вивченням природничо-математичних наук”;

Тузенко Леонід, учень 11-го класу Українського фізико-математичного ліцею Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

Тузенко Микола, учень 11-го класу Українського фізико-математичного ліцею Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Міжнародну олімпіаду з фізики наступного року планували провести у Бельгії, однак через фінансові труднощі, рішення було змінено. Олімпіада 2011 року відбудеться 10–18 липня у тайській столиці.

Індонезійський професор Йоганес Сурія (Yohanes Surya) запропонував започаткувати нові міжнародні змагання – Олімпіаду світової фізики, яку планують провести на Балі з 28 грудня 2011 року до 3 січня 2012 року здебільшого за участі золотих і срібних медалістів 2011 року Міжнародної та Азійської фізичних олімпіад.



У пам'ять Нобелівського лавреата, що народився на українській землі

*"Джордж Шарпак був великим гуманістом,
чис життя і справи можуть бути прикладом
для нації і молоді"*

Президент Франції
Ніколас Саркозі

Видатний фізик Джордж Шарпак, який на-родився на українській землі¹, за своє довге наукове життя зробив великий внесок у розвиток світової фізики. Його 1992 року нагородили Нобелівською премією з фізики "за винахід та вдосконалення детекторів частинок, зокрема багатодротинкової пропорційної камери". Над цією науковою проблемою Шарпак працював упродовж 25 років (1963–1989) у ЦЕРНі. Про свій винахід він скромно казав: "Така собі невеличка штукавина 10х10 сантиметрів".

Георгій Шарпак народився 1 серпня 1924 року в старовинному містечку Дубровиця, тоді Сарненського повіту, в єврейській сім'ї. Родина батька Шарпака мешкала в Сарнах ще від часу його заснування, коли воно стало залізничним центром. Тримали мануфактурну лавку, батько служив бухгалтером у лісовому господарстві.

Мати Григорія, Хане Шапіто, мешкала і навчалась в Олевську. Вона одружилася з Мотеле Шарпаком, коли їй було вісімнадцять років. Народжувати свого первістка Хане поїхала до Дубровиці, де, як сподівались батьки, клеймо єврейства буде менш помітним.

Мати Григорія дуже любила читати, захоплювалася музикою. Це захоплення вона передала синові. Батько мав спокійний характер, на протигагу дружині, сповідував сіоністські погляди. У родині зростало два сини – Григорій та Андре.

¹Читайте про Нобелівського лавреата з фізики Джорджа Шарпака ще в журналі "Світ фізики", 2000. – № 3. – С. 31–33.



*Джордж Шарпак (Georges Charpak)
(01.08.1924–29.09.2010)*

Важке матеріальне становище, національний і соціальний гніт, часті погроми єврейських сімей, спонукало родину Шарпаків шукати кращої долі. Вони 1926 року виїхали до Палестини. Там сім'я знову опинилася в дуже важких умовах. Батько влаштувався на будівництво дороги, де подрібнював каміння. Згодом захворів малий Гриша, почалось запалення очей, яке в нестерпній спеці за відсутності гігієни не можна було вилікувати. Нависла загроза сліпоті. За два роки сім'я, 1928 року, повернулася знову до Сарн.

Невдовзі, під приводом відвідати Колоніальну виставку 1931 року, сім'я переїхала до Франції. У Парижі їх чекав брат батька з родиною, який на перших порах їм багато допоміг. Двоюрідна сестричка Жаніна швидко допомогла Григорію опанувати французьку мову. Це була уже шоста мова, яку він вивчив. З дев'ятирічного віку хлопець довгими годи-



нами просиджував у муніципальній бібліотеці, перечитуючи багато книжок.

У Франції батько продовжив підприємницьку діяльність і став комерсантом середньої руки. Хоча родина була ніби заможною, та за французькими мірками, досить бідна.

У Парижі Григорія почали називати Джорджем. Він продовжив навчання у школі, а 1938 року вступив до ліцею Святої Луїзи. Та невдовзі почалася Друга світова війна. Шарпак 1943 року вступив до Руху Опору, а 1944 року його заарештували й відправили до фашистського концтабору Дахау. Доля до нього була прихильною, він вижив, у тому йому допомогло знання іноземних мов.

В одному із своїх інтерв'ю Дж. Шарпак згадував: “Я приїхав до Франції 1932 року з польського містечка в семирічному віці. Мої родичі важко працювали, щоб вижити. Франція щодо цього була легшою країною. Тут, на відміну від Польщі, можна було одержати добру освіту, навіть не будучи багатим. Звичайно, родичі мені допомагали. Тому я вважаю, що в той час моє життя було досить легким, хоча про її матеріальний бік я цього сказати не можу. Про той період мого життя у мене збереглись найтепліші спогади. Я дуже радий, що маю змогу і щастя займатися тим, чим я завжди хотів.”

Після війни Дж. Шарпак продовжив навчання, вступивши до гірничої школи, яку закінчив 1945 року, далі навчався у коледжі Де Франс. Він захоплювався працями видатних фізиків, відвідував лекції всесвітньовідомого фізика Ф. Жоліо-Кюрі, почав працювати в його лабораторії. Експериментальна фізика дуже захопила молодого вченого. Його 1959 року запросили до Женеви працювати в Європейському центрі ядерних досліджень (ЦЕРНі).

Дж. Шарпак активно виступав за ядерне роззброєння, закликав встановити міжнародний контроль над ядерною зброєю, і водночас виступав за розвиток ядерної енергетики.

Видатного ученого 1985 року обрали членом Французької академії наук, він був професором кафедри Жоліо-Кюрі у Вищій школі фізики і хемії в Парижі, почесним доктором Женевського університету, 1989 року одержав премію Європейського фізичного товариства.

Світосприйняття Дж. Шарпака складалось у різних країнах різними культурами. Душу людини формує, насамперед, її дитинство. Ті роки життя, які він провів в Україні, назавжди залишилися в його пам'яті. У книжці “Життя як зв'язувальна нитка”, можна прослідкувати шлях, яким маленький хлопчик з Полісся пройшов до Нобелівського лауреата. “Гриша став якимось іншим, залишився десь далеко, в Польщі, в болотистому краї, де тече Прип'ять, не так далеко і від Чорнобиля”, – писав Джордж Шарпак. Проте без вигадливих корабликів, які він майстрував у Сарнах, не було б і його детекторів, вважав науковець. “Пригадую ще, що літними вечорами ми могли спостерігати, як селяни, коса на плечі, поверталися додому. Вони співали своїми глибокими басами, а жінки виходили їм назустріч. Жінки також співали старовинні українські народні пісні, а їхні голоси зливалися із нечуваною чистотою, хриплі й високі разом. Спогад, який не можна пояснити, ще й нині зворушує мене до глибини душі”.

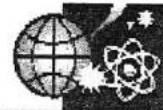
Багато уваги науковець приділяв освіті. Його близький друг, відомий фізик Ів Кере згадує:

“Це була чудова людина, з великим почуттям гумору. Він був також дуже щедрим, багато працював на громадських засадах. Отримавши Нобелівську премію, він продовжував працювати у звичному ритмі.

Якою людиною був Джордж Шарпак?

Він був теплою людиною, дуже любив викладати, любив дітей і часто зустрічався з школярами та вчителями. Працювати з ним було дуже приємно”.

**Галина Шона,
Олександр Гальчинський**



Да Вінчі ХХ сторіччя

Шопа Роман,

*кандидат фізико-математичних наук,
Львівський національний університет імені Івана Франка*

Сучасники побоювались ученого. Він рідко з'являвся на вулиці, набув репутації відлюдника з дивними вогниками у чорних очах. Про нього ходили страхітливі чутки, що він "родич графа Дракули" і теж вампір, бо не переносить сонячного світла. А ще казали, що цей винахідник-мільйонер створив у своїй лабораторії зброю, здатну розірвати земну кулю на дві половинки... Йому приписували фантастичні речі: падіння Тунгуського метеорита 1908 року, винайдення невичерпного джерела напруги, проект перетворення земної атмосфери на гігантську лампочку, спілкування з духами померлих, участь у Філадельфійському експерименті та багато іншого. Йому навіть приписують відкриття механічного ефіру – середовища, що заповнює весь простір.

Пересічні люди і навіть науковці про геніального винахідника та інженера Николу Тесла донедавна не так уже й багато могли сказати, крім хіба про одиницю магнетної індукції, названої його іменем ($1 \text{ Тл} = \text{магнетна індукція}$, для якої крізь одиничну площу проходить магнетний потік величиною 1 Вб (за умови, що лінії магнетної індукції перпендикулярні до цієї площі)). Проте постать видатного серба досі вважається чи не найзагадковішою і наймістичнішою в історії точних наук. Одні вважали його генієм, інші – магом і чорнокнижником, ще інші – просто скаженим. Та саме йому можемо завдячувати електрикою в наших домівках, адже саме він ратував за використання змінного струму. Е. Резерфорд називав



*Никола Тесла
(світлина 1919 року)*

Теслу "натхненним пророком електрики". А всього в його доробку понад 300 винаходів, за які він заробив 15 мільйонів доларів (фантастична сума у його роки життя).

Він носив найдорожчі костюми, поселявся в найдорожчих готелях. Його з радістю приймали у будь-якому аристократичному домі. На нього заглядалися найкращі американські жінки. Але сам він уникав людей і страждав мезофобією (страх мікробів). І водночас залишався винятково талановитим. Свої відкриття він робив легко і говорив, що технічні рішення самі приходять йому в голову.

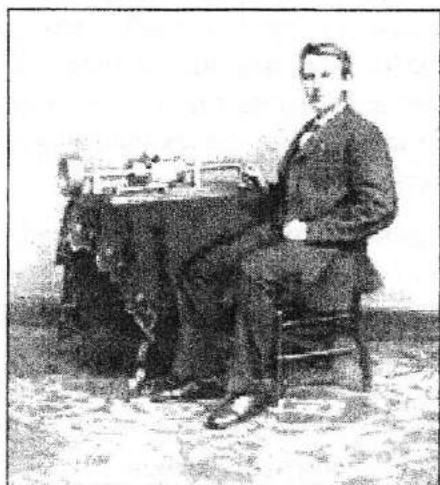
Народився Никола Тесла 10 липня 1856 року, в сім'ї сербського православного священика, і відразу почав виявляти свою дивакувату натуру: від самого вигляду деяких предметів (наміста, мокрого паперу) він відчував дивні відгуки в своєму організмі, а, коли батько заборонив йому вступати до Політехнічного інституту в Граці, Никола важко захворів і



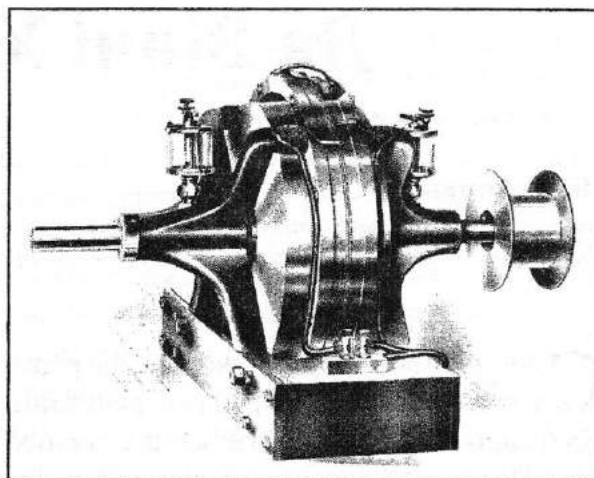
ледь не помер. Проте, коли батько погодився з його бажанням, швиденько вилікувався (можливо, саме цю історію використав у своєму творі “Парфуми” Патрік Зюскінд). Після хвороби у хлопця почались дивні видіння, про які він згодом сам написав: “Сильні спалахи світла закривали картини реальних об’єктів і просто замінювали мої думки. Ці картини предметів і сцен мали характер реальності, але завжди усвідомлювались як видіння... Щоб позбутися мук, спричинених появою “дивних реалій”, я зосереджено переключався на видіння повсякденного життя...”

Ці дивні феномени не завадили хлопцеві до 1880 року закінчити два університети – Технічний університет в Граці (Австрія), згодом Празький університет. А на додаток, завдяки надзвичайній просторовій уяві, ще й допомогли створювати перші експериментальні пристрої (сам назвав його методом матеріалізації творчих концепцій).

Після недовгого перебування в Будапешті 1882 року Н. Тесла переїхав до Парижа, де зустрівся з майбутнім візаві, Томасом Едісоном, далі – в Страсбург, де 1883 року виготовив свій перший електродвигун. Ще рік по тому він сів на корабель і надовго оселився по той бік Атлантики, у Сполучених Штатах Америки.



Томас Едісон і його винахід – пантограф

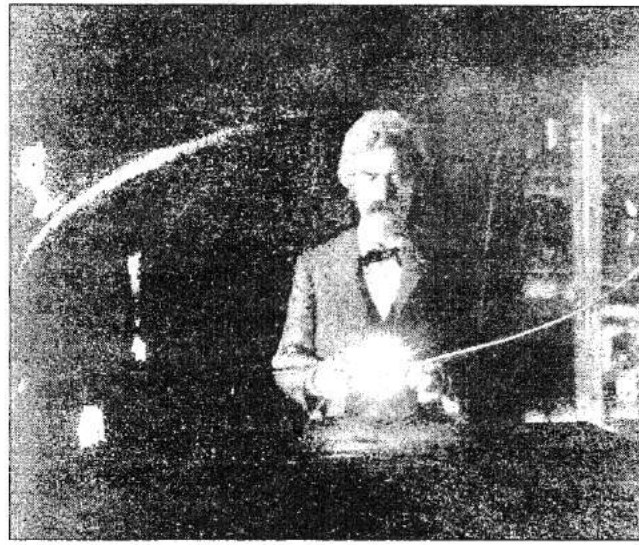
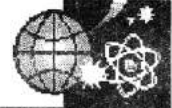


Альтернативний генератор змінного струму на Ніагарській гідроелектростанції (1896)

Т. Едісон запросив Н. Теслу до своєї команди на заводі в Нью-Йорку для розв’язання технічних проблем, але стосунки у них відразу ж почали псуватись. Концепція Едісона щодо постійного струму вимагала побудови потужних станцій-підсилювачів кожні декілька миль, тому Никола наполягав на використанні значно дешевшої в реалізації електрики на змінному струмі. Але американець вперто стояв на своєму.

Врешті вони остаточно посварились. Тесла звільнився із заводу після того, як Едісон не виплатив йому обіцяні за роботу 50 тисяч доларів, оголосивши обіцянку виявом “американського почуття гумору”. І це після того, як серб фактично повністю перебудував завод!

Згодом Н. Тесла продав свої патенти на системи передачі і розділення багатофазного струму (електродвигуни, генератори, трансформатори тощо), які було використано у побудові гідроелектростанції на Ніагарському водоспаді.



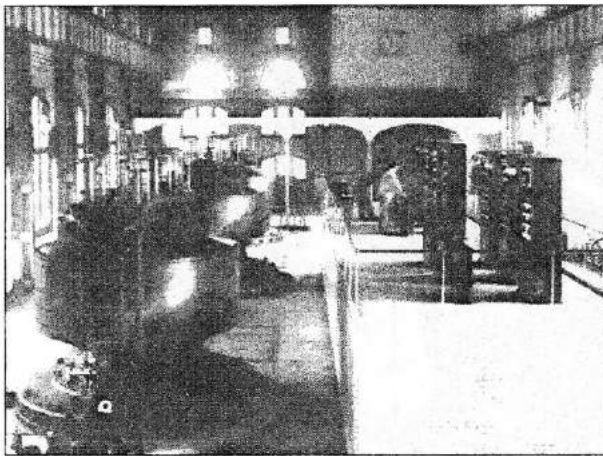
*Никола Тесла – (зліва) і його друг Марк Твен (справа).
На обидвох знімках одна з загадкових демонстрацій вченого –
до лампи не під'єднано провідників, струм проходить крізь людське тіло*

Нарешті, отримавши фінансову незалежність, Н. Тесла отримав змогу на масштабні експерименти. Він 1888 року відкрив явище магнетного поля, що обертається, після чого побудував високочастотні електрогенератори. 1891 року з'являється резонансний трансформатор (трансформатор Тесла) для отримання високочастотних коливань амплітудою до мільйона вольт. Невдовзі він навіть демонстрував у Нью-Йорку систему дистанційного керування човнами, але люди це сприймали як чаклування.

Спостерігаючи за блискавками, у Тесла з'явилась ідея безпровідної передачі електроенергії. Для цього він збудував свою таємничу лабораторію в Колорадо-Спрінгс, де під'єднав один з контактів електричних лампочок до землі. Й вони загорілися... Цим він довів, що земля теж проводить струм і відкриває необмежені можливості щодо запасів енергії.

Своє розуміння проблеми він виклав у щоденниках, які було опубліковано в "Colorado Spring Notes".

За допомогою величезної (майже 70 м) катушки з полюсом у вигляді велетенської металічної сфери, Тесла генерував потенціали, що розряджались блискавками на відстань до 45 м. Грім від них і яскраве світло, подібне на кульову блискавку, лякали людей, що мешкали неподалік. Під час експериментів постраждали коні, отримавши електроудар через підкови, та навіть комахи. Врешті експерименти зруйнували генератор на місцевій електростанції, а сама лабораторія згоріла за загадкових обставин. Дехто приписує це саботажу збоку людей Едісона, а у фільмі "Престиж" Крістофера Нолана цю версію обіграно ще й з додатковою містиккою, начебто Н. Тесла умів проводити телепортацію.

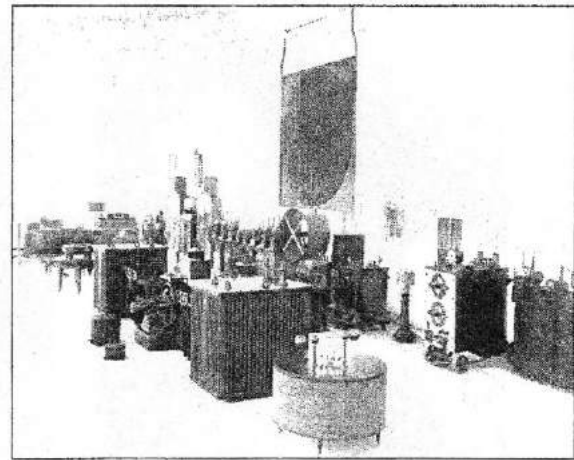


20-метровий розряд електричного осцилятора в лабораторії Колорадо-Спрінгс (12 мільйонів вольт)

Повернувшись до Нью-Йорка 1900 року, за підтримки одного банкіра, Н. Тесла збудував башту для трансатлантичного зв'язку на острові Лонг-Айленд. Проект отримав назву "Wardenclyffe" і ґрунтувався на ідеї резонансного розкачування йоносфери, в роботах було задіяно 2000 людей. Пробний пуск 1905 року закінчився повним тріумфом, проте зовсім скоро систему безпроводної передачі Марконі було визнано перспективнішою, і проект закрили.

Найфантастичнішим проте було інше – Никола Тесла насправді намагався побудувати не систему зв'язку, а систему безпроводної передачі енергії до будь-якої точки на планеті!

Від 1905 року, коли закрили проект "Wardenclyffe", до самої смерті 7 січня 1943 року вчений працював анонімно і подалі від людей. Але він продовжував дивувати своїми винаходами і майже 40 років підпілля лише додало йому ореолу таємничості й містики. Щоправда, у 30-і роки ХХ сторіччя Н. Тесла працював на секретних проектах RCA (американська радіопромислова корпорація), використовуючи дівоче прізвище матері.



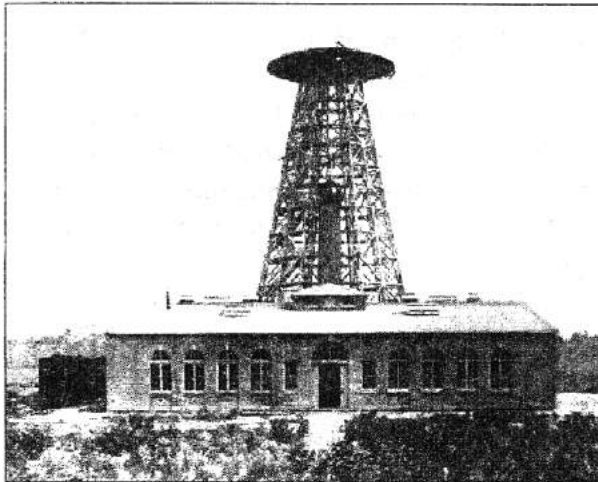
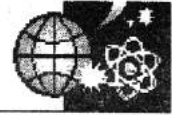
Лабораторія на острові Лонг-Айленд

Мало хто знає, що Никола Тесла також був і поетом. Коли він приїхав до США, головною метою його було видати збірник власних віршів. Наукова діяльність не дала змоги йому це зробити, але свої переклади сербських поетів англійською мовою Тесла опублікував.

Найдивовижнішим його загадкам присвячено чимало праць, тому опишемо їх коротко:

Прародич Інтернету

Найвідоміший незакінчений винахід, який проте не змогли повторити послідовники, називався "Всесвітня безпроводна система передачі інформації і енергії". Станція передачі могла б спрямовувати електричну енергію в довільну точку Землі, відбиваючи її від йоносфери та від самої Землі. Нею користуватись могли б кораблі, літаки, фабрики, а передавати можна було б музику, рисунки, факсимільні тексти. За допомогою звичайного телефону можна було б зателефонувати також будь-куди.



Башта станції на острові Лонг-Айленд (проект "Wardenclyffe")

Н. Тесла навіть побудував спеціальну станцію на острові Лонг-Айленд, але перші експерименти були невдалими, а далі почалась Перша світова війна, і за вимогою військових роботи заборонили – підозрювали, що Тесла передає інформацію німцям і австрійцям.



*"New York American" (1911)
Найфантастичніший проект вченого –
"Всесвітня безпроводна система передачі
інформації і енергії". Якби Никола Тесла
довів проект до кінця, світ би змінився.
У центрі схеми – справжня установка
для передачі енергії. Над винахідником
блискають розряди потужністю
мільйони ватт*

Електромобіль без підзарядки

Никола Тесла разом з інженерами автофірми "Pierce-Arrow" 1931 року провели демонстраційний експеримент. В автомобілі цієї марки звичайний двигун замінили електричним змінного струму. Тесла під'єднав до двигуна невелику коробочку. Машина розвивала швидкість до 150 км/год і тиждень їздила без підзарядки. Тоді вчений забрав свою коробочку, образившись на журналістів і пліткарів, що приписували йому чаклунство.

Тунгуська катастрофа

Весною 1908 року Тесла в листі до редактора "Нью-Йорк Таймс" писав: "...Навіть зараз мої безпроводні енергетичні установки можуть перетворити будь-який район земної кулі в область, непридатну для проживання..."

А вночі на 30 червня чимало спостерігачів в Канаді і Північній Європі бачили в небі незвичні сріблясті пульсуючі хмари, що за описом співпадає з розповідями очевидців експериментів у Колорадо-Спрінгс.

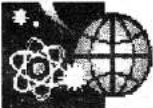
Тому існує версія, що жоден метеорит 30 червня 1908 року в Сибіру не падав, а вибух спричинений експериментами Н. Тесла з передачею енергії на великі відстані.

Земля-світильник

Винахідник 1914 року запропонував проект, за яким вся земна куля разом з атмосферою, мала б стати гігантською лампочкою. Для цього лише слід пропустити по верхніх шарах атмосфери високочастотний струм, і вони почнуть світити.

"Смертельні промені"

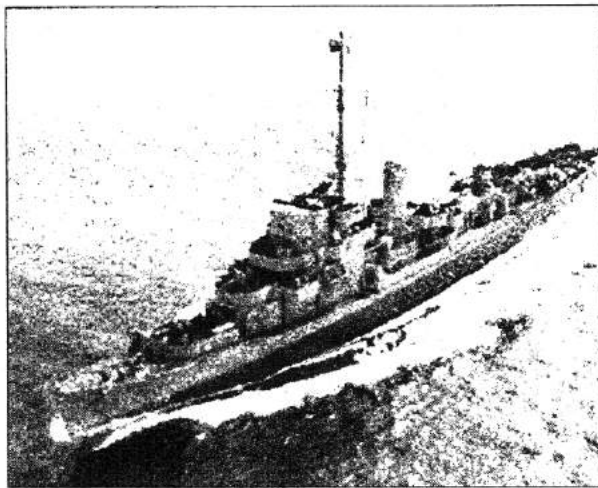
Никола Тесла 1933 року повідомив журналістів, що відкрив певні "смертельні промені", здатні знищувати літаки з відстані



до 400 км. Він навіть пропонував купити цю технологію урядам США і Великобританії перед початком Другої світової війни. Та вони відмовились.

Філадельфійський експеримент

Найвідоміша загадка Тесли, – зникнення есмінця “Елдрідж”. Начебто вчений перед початком Другої світової війни почав співпрацювати з ВМФ США, створюючи “екран невидимості” кораблів для радарів противника. Сам Тесла до експерименту не дожив 10 місяців, але саме за допомогою його генераторів 1944 року “надули електромагнетну бульбашку”. Проте корабель став невидимим не тільки для радарів, а й для людського ока, а згодом його виявили за 200 км від місця проведення експерименту. Всі члени екіпажу отримали психічні розлади.

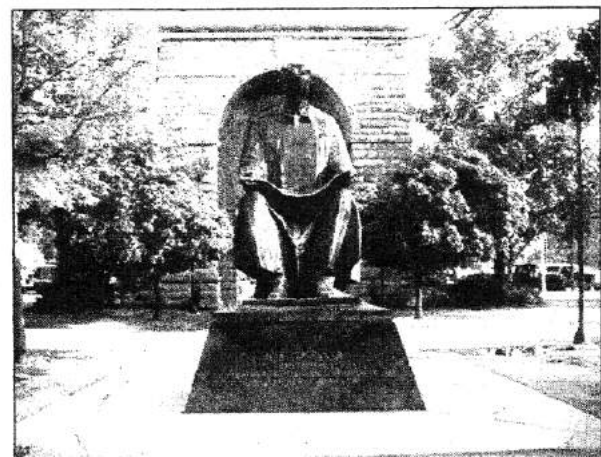


Есмінець “Елдрідж”

Нині існують сотні аргументів, які підтверджують або спростовують достовірність цього експерименту.

Попри замкнутість і загадковість вченого, пам’ять про нього ніскільки не згасає: в Белграді працює музей, в Нью-Йорку працює Па-

м’ятне товариство Тесла, відкрито чимало пам’ятників (біля Ніагарського водоспаду їх аж два), на сербській банкноті 100 динар зображено його портрет, з нагоди 150-річчя від дня народження вченого видано чимало книжок, святкові заходи відбувалися і в Європі, і в США.



Пам’ятники Н. Теслі біля Ніагарського водоспаду на канадському (угорі) та американському (знизу) боці



НОВІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ В ЦЕРНІ

Науковці ЦЕРНу сподіваються вийти на повну потужність роботи 2011 року, а наступного, 2012 року, одержати вагомий результат з пошуку елементарних частинок, зокрема з пошуку бозонів Гігса. Дослідження в американському науковому центрі Теватрон наразі припинено через проблеми фінансування. Там планують продовжити дослідження з осені цього року.

У листопаді 2001 року на Великому адронному колайдері в ЦЕРНі почалися перші експерименти із зіткнення потоків важких йонів. Частинки розганяли до таких енергій, які досі не були досяжні для пришвидшувачів, тобто не могли брати участь у дослідженнях.

З перших досліджень учені зосередили увагу на вивченні кварк-глюонної плазми, стану, в якому, як вони вважають, знаходилася речовина у Всесвіті в перші миті після Великого Вибуху. Кварк-глюонна плазма – це граничний стан речовини, який вивчає фізика елементарних частинок. Кварк-глюонна плазма виникає за температур понад 170 МеВ (2 трильйони градусів за шкалою Кельвіна). Взаємодія кварків і глюонів в цьому стані нагадує взаємодію електронів, позитронів і нейтронів у звичайній плазмі. Та якщо в звичайній плазмі взаємодія визначається силами Кулона, то в кварк-глюонній плазмі діють сили Куломбіка (так звані “кольорові взаємодії” кварків). Як і у випадку із “звичайною плазмою”, частинки в цьому

стані не зв'язані в нуклони. При тому, що кожна окрема складова кварк-глюонної плазми має свій колір, підсумкова матерія виявляється “квазібезбарвною”. Дослідження кварк-глюонної плазми спрямовані на те, щоб краще зрозуміти природу взаємодії всередині плазми окремих частинок, а також на глибше розуміння процесів, що відбувалися в перші секунди після утворення Всесвіту.

Проведені експерименти показують, що навіть за надзвичайно високих температур кварк-глюонна плазма за своїми фізичними властивостями залишається близька до ідеальної рідини. До того ж, елементарні частинки, що виникають завдяки зіткненню потоків плазми, втрачають частину своєї енергії на взаємодії з нею. Це підтверджує факт сильної взаємодії “вільних кварків” і глюонів з плазмою вищої температури. Раніше вважали, що з підвищенням температури кварки і глюони будуть все менше зв'язані, що змінить властивості плазми. Проте цей факт повністю спростували експериментальні дані: всі вимірювання відповідають гідродинаміці ідеальної рідини, що було описано ще десять років тому.

Виявлені явища можуть бути корисні не лише для подальшого вивчення кварк-глюонної плазми, а й як база для набагато ширших досліджень, зокрема, під час вивчення природи “кольорових взаємодій” і подальшого розвитку теорії струн.

“За заслуги перед країною з розвитку фізики, унікальні досягнення в організації фундаментальних досліджень і багаторічну плідну науково-педагогічну діяльність”
Указом Президента України (Указ № 855/2010-859/2010 від 21 серпня 2010 року)
присвоєно звання Героя України академікові Національної академії наук України,
директорові Інституту магнетизму НАНУ

Вікторові Григоровичу Бар'яхтару.

Редакція журналу “Світ фізики” вітає Віктора Григоровича з цим почесним званням,
бажає йому міцного здоров'я і творчих успіхів на благо України.

Редколегія

ФІЗИКА І МУЗИКА



Давно визнано, що точні науки – фізика, математика, біологія, астрономія та інші – формують пізнавальні здібності і розвивають мислення.

Фізика і музика не суперечать одна одній, а гармонійно доповнюють один одного в системі виховання цілісної особистості.

Багато відомих фізиків успішно поєднують захоплення музикою і фізикою. Найбільше люблять класичні інструменти – фортепіано та скрипку.

Як вважають фізики, скрипка – це дуже складний у виготовленні музикальний інструмент, тобто складний акустичним прилад, який потребує дуже точного налаштування і регулювання. Найвідоміші у світі школи виготовлення скрипок – італійська, французька та німецька.

Наприклад, відомий фізик Людвіг Больцман дуже любив музику і був непоганим музикантом. У їхньому будинку часто влаштовували вечори камерної музики. У Віденській опері за ним та його сім'єю була постійно закріплена ложа.

Альберт Айнштайн чудово грав на скрипці, любив музику Баха і Моцарта. Він часто казав, якби не зайнявся фізикою, то став би музикантом. Фізик часто грав зі своїми друзями, також відомими фізиками, Максом Планком і Максом Борном: вони – на роялі, він – на скрипці.

Макс Борн успадкував любов до музики від своєї мами.

Німецький фізик Макс Планк ще з дитинства виявляв музичні здібності. Він чудово грав на роялі, працював хормейстром в академічному співочому товаристві, керував оркестром, а в святкові дні грав в університетській церкві на органі. Він любив музику Шумана, Шуберта і Брамса.

Добре грав на скрипці Альберт Майкельсон. Поль Дірак і Вернер Гайзенберг були піаністами, музика їм приносила справжню насолоду.

Російський фізик О. Столетов у молоді роки настільки успішно займався музикою, що навіть деякий час думав про кар'єру професійного музиканта.

Учені, що працюють на Великому адронному коллайдері, придумали, як перетворити дані, що поступають з датчиків пришвидшувача у звукові сигнали. Вони вирішили кожній частинці привласнити свій музичний інструмент. Наприклад, кварки можуть звучати як скрипка, а електрони – як віолончель. Дослідники кажуть, що світ елементарних частинок дивно ритмічний. Тепер фізикам буде, що послухати на дозвіллі. А колись, можливо, зазвучить і таємничий бозон Гігса.

Чи знаєте Ви, що...

Валдіс Домбровскіс – Президент Міністрів Латвійської Республіки, закінчив фізико-математичний факультет Латвійського університету (магістратура), фізичний факультет Університету Майнца (Німеччина), факультет електроніки і електротехніки Мерилендського університету (докторантура), США).

Ангела Меркель – Канцлер Німеччини, закінчила фізичний факультет у Ляйпцігі, фізик-теоретик, захистила докторську дисертацію з фізики.



НАЙВАЖЛИВІШІ ДОСЯГНЕННЯ ФІЗИКИ 2010 РОКУ

Найвагоміших успіхів 2010 року фізики досягли на відомому Великому адронному колайдері (ЦЕРНі), а також в Американському науково-дослідному центрі (Теватрон). У жовтні 2010 року з'явилось повідомлення, що на детекторі CMS зареєстровано ефект – під час деяких зіткнень протонів, частинки, що утворювались, розлітались від місця народження не абсолютно незалежно одна від одної. Учені без додаткових досліджень ще не можуть достовірно пояснити це явище.

Улітку 2010 року з'явилось повідомлення, що ніби на американському колайдері в Теватроні дослідникам вдалось зафіксувати народження бозона Гігса, однак згодом ці чутки було спростовано. Дослідження частково були призупинені через фінансові проблеми, однак кошти було знайдено й дослідження наступного, 2011 року, будуть продовжені.

Безумовним успіхом фізиків 2010 року можна назвати утримання атомів антиречовини у спеціальній ловушці упродовж тривалого часу. Дослідникам із ЦЕРНу вдалось синтезувати атоми антиводню (уперше це було зроблено в ЦЕРНі 2002 року) й утримати 38 з них у ловушці упродовж десятих долей секунди. Фізики, використовуючи нову технологію, теоретично зможуть одержати спектр антиводню, який допоможе їм підтвердити чи заперечити принцип СРТ-симетрії й заодно загальне уявлення про будову Всесвіту.

Конденсат Бозе-Айнштайна, який деколи називають п'ятим станом матерії, – це стан, у якому речовина перебуває за температур, бли-

зьких до абсолютного нуля, і в якому вона починає вести себе як гігантська квантова частинка.

Ще одне досягнення фізиків – зменшення розміру протона. За результатами найточніших вимірювань, дослідники припустили, що радіус цієї частинки на чотири відсотки менший, ніж вважали, і становить 0,84184 фемтометра (фемтометр – це 10^{-15} метр).

Два інших досягнень відносяться до квантової механіки – ученим уперше вдалось одержати конденсат Бозе-Айнштайна на основі фотонів і продемонструвати квантові ефекти для майже макроскопічного об'єкта.

У 2010 році прогрес у розвитку технологій мікроскопії дав змогу вченим побачити окремі молекули і сфотографувати водневі зв'язки – особливий тип взаємодії між атомами.

Російські фізики 2010 року повідомили про синтез нового трансуранового елемента періодичної таблиці елементів – дослідники Лабораторії ядерних реакцій (ЛЯР) імені Флерова Об'єднаного інституту ядерних досліджень (ОІЯД) у Дубні зафіксували шість подій народження ядер 117-го елемента.

Фізикам 2010 року вдалось експериментально підтвердити сповільнення часу, передбаченого у межах загальної і спеціальної теорій відносності Айнштайна. Учені за допомогою надточного атомного годинника змогли одержати докази і сповільнення часу поблизу масивних об'єктів, і сповільнення ходу годинника під час руху.

Lenta.ru



ЗАЛІЗО ЗАЛИШАЄТЬСЯ ФУНДАМЕНТОМ ЦИВІЛІЗАЦІЇ

Г. В. Понеділок, Б. С. Рильніков,
Національний університет "Львівська політехніка"

Історія розвитку матеріальної і духовної культури цивілізацій пов'язана з використанням різних матеріалів, потрібних для існування і поступу. Вперше на цю особливість звернув увагу римський поет і філософ Тіт Лукрецій Кар (1 ст. до Р. Х.), у своєму творі "Про природу речей", який є єдиним твором, де повністю збереглася система викладання древньої філософії Епікура. У поемі виразно відображено уявлення про роль металів (срібла, золота, олова і заліза) в історії людства.

Датський історик і археолог Христіан Томсен (1788–1865) на початку XIX сторіччя (1816) запропонував археологічну періодизацію історичних епох. Основною ознакою, яка визначала ставлення до певної історичної епохи був матеріал, з якого виготовляли знаряддя праці, зброю, побутові речі, прикраси. Заслуга Х. Томсена була в тому, що він систематизував археологічні знахідки залежно від матеріалу, з яких вони зроблені. Крім того, було деталізовано ці історичні періоди і це дало підстави їх доповнити і розширити. Відтоді розділяємо історію людства на віки: **кам'яний, бронзовий та залізний.**

Найдовшим в історії людства був **кам'яний** вік (*lithos* – камінь), який почався біля 20 млн. років тому і закінчився приблизно 6 тисяч років тому. Поряд із каменем, переважно, кременем (це мінерал, який складається з кварцу

*... і лежало тоді, як непотріб, золото.
Завжди тупе, не потрібне нікому,
знаряддя. Мідь лежить – нині;
найвища для золота випала почесть.
Ось так змінюється доля речей усіх
з обігом часу: що було вчора в ціні, –
під ногами валяється нині.*

Тіт Лукрецій Кар
"Про природу речей"

та халцедону), для виготовлення знаряддя праці використовували дерево та кістки диких тварин.

Кам'яний вік поділяється на три періоди:

– **палеоліт** (древній) – від 2,0 млн. років до Р. Х. до 10,0 тис. років до Р. Х.;

– **мезоліт** (середній) – від 10,0 тис. років до Р. Х. до 5,0 тис. років до Р. Х.;

– **неоліт** (новий) від 5-го до 3-го тисячоліття до Р. Х.

У аборигенів Австралії кам'яний вік тривав аж до XX сторіччя.

Неможливо точно вказати, коли саме люди почали добувати та оброблювати метали. Все почалося з міді і золота, які доволі часто зустрічаються у природі в чистому вигляді – самородках. Згодом почали застосовувати метали, які відносно легко відновилися з окисів, такі як свинець, олово, цинк або знаходиться в землі у великих кількостях у вигляді руд і міне-



ралів. До останнього відноситься залізо. До того ж, залізо зустрічається в природі в чистому вигляді або як сплав з нікелем (8–10 %) у металевих метеоритах. У Гренландії знайшли залізний метеорит вагою 37 тонн, який довгий час використовували ескімоси. З погляду сучасної науки можемо стверджувати, що послідовність освоєння людьми металів знаходився у прямому зв'язку з теплою утворення їхніх окислів.

Зверніть увагу, що знак мінус перед значенням теплоти утворення золота означає ендотермічність реакції утворення окислів. Це спричиняє трудність окислення золота за звичайних умов. У процесі виробництва сплавів окисні сполуки золота утворюватися не можуть, тому що вони легко розкладаються під час нагрівання і навіть на денному світлі.

Вважають, що перехідним від кам'яного до бронзового віку був *мідний* (енеоліт), який тривав приблизно від IV до III тисячоліття до Р. Х. У той час були у вжитку також вироби з каменю, тому цей вік часто називають *кам'яно-мідним*. Люди спостерігали, що під час холодного кування, мідь не тільки набуває потрібної форми, а й стає твердішою і міцнішою. Прикладом епохи енеоліту можна привести Трипільську культуру (с. Трипілля, Київської обл.).

Бронзовий вік у різних країнах проходив у різний час, та переважно він тривав з III до I тисячоліття до Р. Х. Додавання до міді під час її плавлення олова до 10 % приводило до отримання сплаву, який мав більшу міцність, твердість і зносостійкість. Як зазначив М. С. Грушевський: “Люди помітили, як до неї додати олова (1 частина на 9 частин міді), то виходить тверда штука, з якої можна зробити всякий інструмент” [1]. Цю рецептуру бронзи під маркою БР.010. широко використовують і сьогодні для виготовлення відливок складної форми, підшипників ковзання та інших виробів.

На початку першого тисячоліття до Р. Х. на зміну бронзового віку прийшов *залізний вік*. Термін “залізний вік” був запозичений з античної літератури. Французький археолог Жак де Морган у книжці “Доісторична людина” (1926) довів, що залізний вік настав у різних місцях Старого Світу в різні часи. Найпроблемнішими питаннями у вивченні “раннього залізного віку” залишається визначення його початку на різних територіях. За формальними ознаками залізний вік продовжується до нашого часу.

Фізичні особливості заліза, яке на повітрі швидко ржавіє та руйнується, призвели до того, що найдавніших залізних виробів у всіх

Метал	Окисел	Теплота утворення	Історична епоха
золото (Au)	Au_2O_3	–11,0 ккал/г моль	10,0 тис. років до Р. Х.
срібло (Ag)	Ag_2O_3	5,95 ккал/г моль	10,0 тис. років до Р. Х.
мідь (Cu)	Cu_2O	39,9 ккал/г моль	3–5 тис. років до Р. Х.
олово (Sn)	SnO_2	135,8 ккал/г моль	3–5 тис. років до Р. Х.
залізо (Fe)	Fe_2O_3	195,2 ккал/г моль	перед поч. I тис. років до Р. Х.
алюміній (Al)	Al_2O_3	403,0 ккал/г моль	середина XIX сторіччя



музеях світу збереглося дуже мало. Окремі випадкові зразки залізних виробів належать до IV–II тис. до Р. Х.

Залізо, як і деякі інші метали, зустрічається у природі в самородному вигляді. Вважають, що майже всі народи почали знайомство з цим металом із заліза метеоритного походження. У міфології багатьох народів метеоритне залізо називали “небесним каменем”. Наприклад, у Гренландії знайшли залізний метеорит вагою 37 тонн, яким довгий час користувались ескімоси. Нині цей метеорит знаходиться в музеї природної історії в Нью-Йорку.

Застосування заліза відомі ще давніми цивілізаціями – Урарту, Шумеру, Криту, Єгипту. Ні самородне залізо, ні залізо метеоритного походження не можуть бути надійним джерелом його постачання для масового використання на різні потреби. Очевидно, що залізо у потрібній кількості можна отримати лише із залізної руди, поклади якої доволі поширені в різних місцевостях. Залізні вироби дуже повільно входили в побут, господарство та озброєння і часто використовували поруч із бронзовими речами. На думку відомого дослідника періоду раннього залізного віку Б. М. Гракова, процес винайдення варіння та кування заліза був самостійним у різних регіонах.

У давні часи залізо отримували з руди так званим сиродутним способом. Назва “сиродутний” виникло не в час, коли процес здійснювався, але ця назва виникла лише в середині XIX сторіччя, коли в доменні печі стали подавати нагріте повітря. Старий спосіб виготовлення заліза з нагнітанням “сирого”, не підігрітого повітря на відміну від нового стали називати “сиродутним”.

У горн, викладений з каменю, завантажували руду та деревне вугілля. Повітря, потрібне для горіння вугілля, подавалося в горн знизу (на початках природною тягою, а згодом за

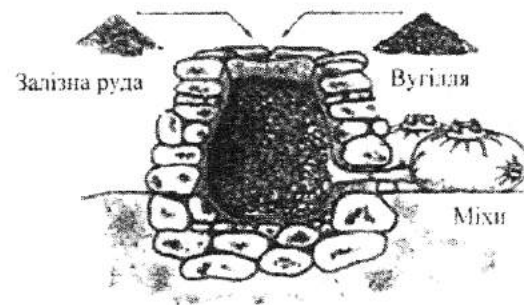


Рис. 1. Сиродутний спосіб отримання губчатого заліза

допомогою міхів). Відносно низька температура процесу і велика кількість шлаку давали змогу отримувати залізо лише з низьким вмістом вуглецю. Процес був малопродуктивним і забезпечував видобування з руди лише половини заліза, що міститься в ній.

Металургія заліза розвивалася дуже повільно, попри те, що залізник набагато більше поширений, ніж мідні руди, а температура їхнього відновлення нижча. Причина першочергового розвитку металургії міді полягає в тому, що сиродутне залізо за якістю значно поступалося міді. Це пояснюється насамперед тим, що за досяжних на той час температур процесу мідь виходила в розплавленому стані, а залізо – у вигляді тістоподібної маси з численними включеннями шлаку і незгорілого деревного вугілля. Через низький вміст вуглецю сиродутне залізо було м'яким – виготовлені з нього зброя і знаряддя праці швидко затуплювалися, гнулися, не піддавалися гарту; вони поступалися за якістю бронзовим. Для переходу до ширшого виробництва і вживання заліза треба було удосконалити примітивний сиродутний процес, а головне – опанувати процеси насичення заліза вуглецем та його подальше гартування. Ці удосконалення забезпечили залізові у першому тисячолітті до Р. Х. перевагу серед матеріалів, які використовувала



Рис. 2. Доменні печі. (Гравюра з книжки Г. Аґріколи "Про метали", 1556 р.)

людина. До початку нашої ери металургія заліза була майже всюди поширена в Європі та Азії.

Приблизно з XIV ст. стали будувати значно більші горни, які досягали висоти 2–3 метри. Ці горни були обладнані міхами, які приводили у рух водяним колесом. Завдяки значним розмірам та великому потокові повітря, температура горіння у горнах значно підвищилася і руда перетворилася у рідку, а не тістоподібну масу як під час сиродутного процесу. Спочатку не знали що робити з цією розплавленою масою, яка під час охолодження перетворювалася на чавун. Їх вважали відходами виробництва. Згодом зауважили, що шляхом повторного переплавлення в особливих горнах із чавуну можна отримати залізо. Відтоді почали свідомо отримувати з руди чавун, щоб далі з нього одержувати залізо і сталь. Так горни перетворилися у доменні печі, й започаткувався переробний процес руди, який в ос-

новних своїх рисах зберігся до нашого часу. Це дало змогу отримати відразу велику кількість заліза і сталі, чого не можна було досягнути під час сиродутного способу. Так доменна піч і новий переробний процес знаменували технічний переворот і сприяло створенню сучасної цивілізації.

Застосування металів та їхня участь у розвитку цивілізацій відбулась у різних частинах світу в різні часи. Тому послідовність історичних часів не може бути єдиною навіть для європейських країн. Швидкість розповсюдження технологій видобування та оброблення металів залежала від рівня розвитку країн, наявності на їхній території родовищ металевих руд, проходження торгових шляхів, наявності палива та інших умов. Тому наведені часи існування історичних епох за провідним матеріалом, треба сприймати як середньостатистичний. Наприклад, відомий український історик М. Грушевський зазначає [1], що на територіях, на якій знаходиться Україна, природних родовищ мідної руди не було і тому мідні та бронзові вироби поставляли через грецькі міста – колонії та торгові шляхи, які проходили вздовж Дніпра на Північ. Вони були товаром на обмін. Ці шляхи формувались упродовж багатьох років.

Археологічні дослідження свідчать про те, що крім бронзи, яку привезли торговими шляхами з Південних країн, було й розроблення мідних руд у шахтах глибиною до 30 м. Наприклад, у хуторі Калиновського на Донбасі, а також – на Закарпатті (с. Ново-Клинове).

Класифікація історичних періодів для територій України, яку запропонував історик І. П. Крип'якевич [2], відрізняється від поданої вище. Це особливо стосується тривалості кам'яного віку. Зрозуміло, що в кожній країні є свої власні археологічні дослідження і речові пам'ятники, що збереглися і можуть давати підстави для висновків щодо часу їх утворення.

В епоху раннього залізного віку вступили скіфи, які використовували залізо з різним вмістом вуглецю, і для насичення заліза вуглецем застосовували його цементацію. Центром металургійного виробництва було Каменське городище (IV–III вік до Р. Х.), яке розташоване на Дніпрі біля Нікополя. Також було знайдено залишки залізного виробництва вище по Дніпру в с. Лютіж, біля дельти річки Ірпінь, Київської області, що відносились до II ст. У Східній Європі найбільший металургійний центр був розташований в районі Свентокшинських гір (м. Кельце, Польща). Горни для виготовлення заліза були подібними до лютіжських і були без шлаковідвідних ям.

Археологічні дослідження підтвердили, що і на території Львівської області використовували технологію виготовлення заліза в сиродутому горні.

Археологічна експедиція Інституту суспільних наук АН України 1965 року [3] знайшла в урочищі “Кути”, біля села Ремезівці, Золочівського району майстерню для відновлення заліза, в якій містилося 5 сиродутих горнів. Горни були викладені на ґрунті, на ньому розташовані кам’яні плити з вапняку, які були скріплені між собою вогнетривкою глиною. Аналогічні металургійні майстерні зустрічали і на березі Дністра (с. Зелений Гай). Біля горнів був знайдений шлак. Дослідження шлаку показало відсутність вкраплень металевих зерен відновленого заліза. Це свідчить про досконалий рівень металургійного процесу.

Горни використовували багатократно, що було характерним для металургійного центра на Свентокшинських горнах, тому їх було багато і вони відносились до II століття.

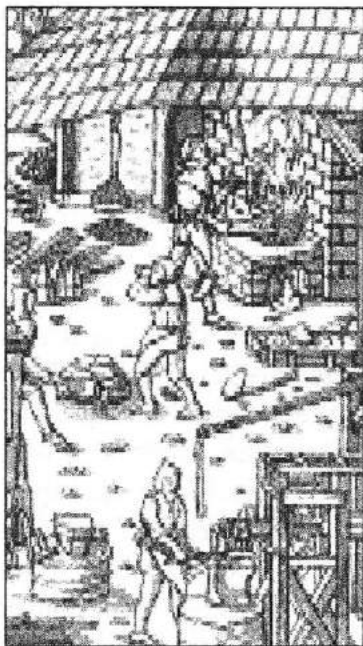
Поселення і майстерня у с. Ремезівці виникло наприкінці I тисячоліття до Р. Х., життя в ньому продовжувалось ще у II–III століттях.



Високий рівень майстерності досягнули майстри м. Галича, виробляючи багато залізних речей для народного вжитку.

У середині I тисячоліття (V–VII ст.) на березі Південного Бугу біля м. Гайворона і села Солгугів у Кіровоградській області був розташований центр ранньослав’янської металургії. Він працював на бурому залізняку, і в ньому працювало 25 залізоплавильних печей (горнів).

У більшості випадків сировиною для виготовлення заліза була болотна руда. Вона мала такі різновиди: озерна, дернова і лугова. Це був по суті бурий залізняк ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) із вмістом заліза від 18 до 40 %. Залізну руду піддавали попередній обробці з метою збільшення вмісту окислів заліза, піддавали сушці, обпалу і подрібненню. Головна маса болотних залізних руд покладаються там, де відсутня мідна руда. За зовнішнім виглядом болотна руда виглядала як щільні землісті грудки рудого відтінку. Тому місця, де виробляли залізо,



мали назву: Руда, Рудня, Рудно, Рудники, Рудниця, Рудова та інші. Вони зустрічаються на Київщині, Волині й до Карпат. У цих місцевостях виробляли плуги, серпи, коси, сокири, зброю тощо.

Як паливо використовували деревне вугілля, що виготовляли з деревини шляхом сухої перегонки. Дерево нагрівали до $500\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ в ямах або купах, обмащених глиною. За таких умов було відсутнє надходження повітря або воно було в малій кількості. Дерево в таких умовах перетворювалось у деревне вугілля.

Сиродутий процес здійснювався в горнах або в невисоких шахтових печах, в яких суміш подрібленої руди у вигляді дрібних кусочків і деревного вугілля насипали пошарово. Знизу горна або печі вставляли трубки, виготовлені з вогнетривкої глини, крізь які за допомогою ковальських міхів подавали повітря. Горно спочатку мало об'єм до $0,25\text{ м}^3$, а наприкінці VIII ст. діаметр горна досягав одного метра. За умов нестачі кисню вугілля згорало з утво-

ренням окису вуглецю CO , який виконував роль відновлювача, і з окислів заліза руди відновлювалось залізо у твердому стані.

Шлак отримували у розплавленому рідкому стані, оскільки він був легкоплавким. Відновлені частинки заліза злипались у губчасту масу, яка утворювала "крицю". Її витягували з печі кліщами і піддавали обтискуванню за допомогою кування, а шлак витікав з горна. Внаслідок контакту заліза з розжареними кусками деревного вугілля, воно поглинало вуглець. Залежно від умов роботи вміст вуглецю міг коливатись у межах від $0,1$ до $1,0\%$ і більше. Так у сиродутному горні можна було отримувати м'яке залізо і тверду високовуглецеву сталь.

Відновлення заліза з руди починається за температур понад $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ й інтенсивно протікає за $750\text{--}900\text{ }^{\circ}\text{C}$. За цих умов формується криця. Під час кування криці з неї вичавився шлак. Якість сиродутного процесу можна було оцінити за кількістю залишеного шлаку в залізі у вигляді неметалевих домішок. Що менше було шлакових домішок, то була вища якість металургійного процесу. Болотна руда найпридатніша для примітивної металургії, оскільки залізо відновлюється відносно легко. До того ж, вона майже не мала шкідливих домішок сірки і фосфору.

У сиродутному процесі значна частина заліза переходила в шлак і тому він мав два недоліки: великі втрати заліза і велика витрата палива.

Збільшення обсягів виробництва заліза і розмірів горнів приводило до інтенсивного скорочення площ лісів.

З часом потреби у залізі зростали, розміри горнів також збільшувалися, зростала їхня висота. Піч витягувалася догори. Правильні споруди стали називати не горном, а "домницями". Повітря до них подавали за допомогою міхів, які приводили в дію водяними колесами.



Одну з перших домниць на Україні знайшли 1935 року на місці Райковецького городища біля Бердичева. Домниці знайшли також у Донецькому городищі (X–XIII ст.). З часом їхня кількість зростала і на їхній основі згодом утворювалися мануфактури. За даними першого австрійського перепису 1772 року у Східній Галичині нараховувалося 36 залізобробних виробництв.

Великі рудні стали згодом первинними металургійними мануфактурами. Деревовугільна металургія почала інтенсивно розвиватись. На Правобережному Поліссі було багато рудень. Так, до кінця сторіччя їх було майже 500. Збільшувалось будівництво великих доменних мануфактур. У 1770–1850 роках на правому березі Дніпра було побудовано 7 доменних мануфактур: Високопчанська, Кропивненська (1773), Чигиївська (1778), Городоська (1783), Симоновська (1847), Денишевська (1848). Через те, що в цих місцевостях були доволі великі поклади залізної руди, це сприяло будівництву великих доменних підприємств [4].

Високопчанська доменна мануфактура 1797 року виробляла 10,8 тисяч пудів чавуну і заліза. Повітря в домну подавали за допомогою водяного колеса, встановленого на річці Тетерів. За добу переробляли до 120 пудів залізної руди. На Денишевському підприємстві працювала доменна піч висотою 14,8 м. Через велику висоту печі і підвищену температуру відбувався тривалий контакт відновленого заліза з розжареним вуглецем деревного вугілля. Кількість вуглецю в цьому залізівуглецевому сплаві перевищував 2,0 %. Цей сплав був чавуном і його температура плавлення була в межах 1150–1200 °С. Його спочатку випускали з доменної печі і викидали, як непотрібний. З часом помітили, що переплавка дає результат набагато кращий, ніж залізо отримане “сиродутим процесом”. Так народилась двоступенева технологія: спочатку в доменній

печі отримали чавун, а далі його стали переробляти в спеціальних печах (пудлінгових) на сталь. У цих печах відбувалось окислення вуглецю і кремнію, який переходив у шлак і скачувався, а чавун переробили на сталь із вмістом вуглецю менше 2,0 %.

Можливості розвитку деревновугільної металургії Полісся були обмежені. Мінеральну базу коксувального вугілля створювали на Донбасі. До того ж, у 1866–1874 роках було обстежено територію Криворіжжя і знайдено значні поклади високоякісної залізної руди. Розроблення залізних руд Криворіжжя почали 1881 року. 22 травня 1887 року у Катеринославі (нині Дніпропетровськ) було запущено першу домну Південного залізопрокатного заводу з повним металургійним циклом. У 1884 році було відкрито Єкатерининську залізницю, яка з'єднала Кривий Ріг з районом коксувального вугілля Донбасу. Конкуренція металургійного виробництва на Правобережній Україні з мінеральною базою коксувального вугілля Донбасу криворізьким залізорудним басейном стала неможливою. Металургійні мануфактури правобережного Полісся почали зупинятися.

Економічна криза, що почалася 1900 року, пришвидшила закриття металургійних заводів Полісся. Останню домну тут видули 1901 року. Загалом металургійні підприємства за 1876–1901 роки переробили майже 16 млн. пудів місцевих руд на місцевому деревному вугіллі і було виплавлено майже 4,1 млн. пудів чавуна. Треба зазначити, що якість сталі, яка була виготовлена з такого чавуну, була висока, тому що вміст таких шкідливих домішок, як сірка і фосфор, був незначний.

Середина XIX сторіччя та водночас розбудова залізниць, мостів, тунелів, розвиток цивільного і гірничого машинобудування вимагали велику кількість сталі. Перший значний поступ у заміні традиційних методів промис-



лового виробництва сталі було зроблено завдяки Г. Бессемеру (1856). Його конвертор реалізовував змогу масового виробництва дешевої сталі. Наступний крок зробив Г. Томас (1879), створивши конвертор з основним футеруванням, що дало змогу використовувати для виробництва сталі й бідні металеві руди. Водночас зі стрімким зростанням продуктивності цих технологічних процесів покращувалася і якість сталі. Дешева та якісна сталь сприяла не лише швидкому розвитку машинобудування й промисловості загалом, а й розробленню нових видів сталі і чавуну, а також інших незалізовмісних сплавів. П. Мартен 1864 року розробив спосіб отримання литої сталі в регенеративній полум'яневій печі В. Сименса, що уможливило переробляти чавун та сталевий брухт на сталь. Ці винаходи врятували світ від сталевого голоду. Промислово розвинені країни, використовуючи ці методи виробництва сталі, перейшли на щорічний мільйонний тоннаж.

Суттєвий внесок у продуктивну технологію бесемерівського методу виплавки сталі зробив у 30-і роки ХХ сторіччя наш співвітчизник інженер А. І. Мозговий, який зробив перші дослідження з киснево-конверторної виплавки сталі. Нині понад 50 % сталі, що виплавляють у світі, здійснюють саме таким методом. Сьогодні річне світове виробництво сталі становить майже 1 млрд. тонн. Україна в цій галузі займає одне з провідних місць, вона експортує сталь у 120 країн світу.

На частку сплавів на основі заліза і вуглецю (чавун, сталь, феросплави) припадає майже 95 % всієї металопродукції у світі.

Успішне застосування в державі одного металу для певної мети не означає одночасне вилучення інших матеріалів з цієї галузі. ХІХ століття було багатим на відкриття нових елементів і багато з них були металами. Кожний метал сьогодні займає певну нішу свого оптимального використання і передусім воно залежить від комплексу фізичних і хемічних властивостей. Велике значення мають і технологічні властивості, тобто здатність піддаватися формозміні у холодному чи гарячому вигляді, оброблятися різанням з високою якістю поверхні. Нині у всі сфери діяльності людей залучені майже всі елементи періодичної системи. Величезна кількість нових сплавів, сполук і технологій їх створення відкривають широкі можливості для творчого пошуку і визначення їх раціонального використання.

Література

1. М. С. Грушевський. Історія України. – Київ: Наук. думка, 1992.
2. І. П. Крип'якевич. Історія України. – Львів: Світ, 1990.
3. В. Н. Цыгылык. Поселение возле села Ремезовцы Львовской области. Советская археология, № 2, 1971. – С. 57–166.
4. Развитие металлургии в Украинской ССР. – Киев: Наук. думка, 1980.

ФІЗИЧНИЙ СЛОВНИЧОК

Позитрон – (від англ. *positive* – позитивний) додатньо заряджена античастинка електрона. Має електричний заряд $+1$, спин $1/2$, лептонний заряд -1 , маса дорівнює масі електрона.

Уперше передбачив існування 1928 року Поль Дірак. Позитрон відкрив американський фізик Карл Андерсон 1932 року під час спостереження космічного випромінювання за допомогою камери Вільсона, яку помістили у магнетне поле.

Протон – (від грец. – перший) додатньо заряджена частинка з позитивним зарядом $+1$. Спін $1/2$, маса – $1,00727663$ а.о.м або $938,27$ MeV, крім електричного має магнетний заряд. У більшості атомів протони становлять майже половину всіх частинок у ядрі. Протони беруть участь у всіх типах взаємодій: сильній, електромагнетній, слабкій та гравітаційній.



НІМЕЦЬКИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ СИНХРОТРОН

Німецький електронний синхротрон (DESY) є одним з провідних світових центрів наукових досліджень на пришвидшувачах елементарних частинок. Він успішно працює вже понад 50 років.

DESY засновано 18 грудня 1959 року в Гамбурзі (Німеччина). DESY – це національний науково-дослідний центр, який фінансується з Німецького державного бюджету (90 %) і бюджету землі Бранденбург (у м. Гамбурзі і Цойтени) (10 %). DESY є членом Товариства німецьких науково-дослідних центрів ім. Германа фон Гельмгольца.

У 1974 році побудовано Електрон-позитронний колайдер ДОПІС (Doppel-Ring-Speicher), з довжиною кола 289 м. Там стикаються електрони і позитрони з енергіями 3,5 GeV.

У 1978 році створено пришвидшувач PETRA (Positron Electron Tandem Ring Accelerator), який може пришвидшувати електрони і позитрони до 19 GeV. За рік на цьому пришвидшувачі було відкрито нову частинку глюон (gluon).

У 2009 році запустили новий електронно-позитронний тандемний колайдер (PETRA-III). Це є джерелом дуже інтенсивного концентрованого пучка рентгенівського випромінювання, за допомогою якого можна досліджувати дуже дрібні структури. Дослідники можуть ефективніше досліджувати внутрішню будову матеріалів. За допомогою цієї нової техніки, наприклад, молекулярні біологи можуть визначати структуру протеїнів і вивчати їхню функцію в організмі.

Унікальність DESY полягає в поєднанні досліджень фотонів і фізики елементарних частинок. Там проводять фундаментальні дослідження з різних природничих наук у трьох основних напрямках:

– Створення пришвидшувачів.

Розроблення, будівництво і експлуатація пришвидшувачів системи для збільшення енергії частинок;

– Дослідження фотонів.

Використання синхротронного випромінювання у фізиці поверхні, матеріалознавстві, хемії, молекулярній біології, геофізиці і медицині, щоб зро-

DESY



зуміти процеси і структури, які відбуваються у мікросмосі.

– Фізика частинок.

Дослідження фундаментальних властивостей матерії у фізиці елементарних частинок.

У DESY працює понад 2000 дослідників. Водночас Центр співпрацює з науковцями із понад 40 країн світу, зокрема з США, Франції, Великої Британії, Італії, Китаю, Японії, Канади, Польщі, Росії, України та інших. Кількість учених з інших країн, які проводять дослідження в DESY, щорічно досягає 3000 осіб. У Центрі активно працюють молоді науковці (дипломанти, докторанти, постдокторанти), а також навчається молодь комерційно-технічних професій. Науковці з DESY нині плідно працюють у ЦЕРНі, до слова, Рольф-Дітер Гейер (Rolf-Dieter Heuer), який декілька років працював у DESY, нині є генеральним директором ЦЕРНу.

DESY бере активну участь у великих міжнародних наукових проектах. Яскравим прикладом є європейський рентгенівський лазер XFEL у Гамбурзі, європейський протонний пришвидшувач LHC у Женеві, міжнародний нейтринний телескоп IceCube на Південному полюсі, міжнародний лінійний пришвидшувач ILC.

Поряд з німецьким дослідницьким центром, нині працюють великі наукові центри досліджень в Америці (SLAC National Accelerator Laboratory in California), Японії (у Nuogo, планують відкрити XFEL у 2011 році), в Європі (всесвітньо відомий ЦЕРН), та як сказав директор DESY Гельмут Дош (Helmut Dosch): “Я вчений і не можу заглядати у майбутнє, та я переконаний, що у DESY робитиметься велика наука”.

Венгреневич Р. Д., Стасик М. О. Курс фізики. Частина. 3. Оптика. Елементи квантової механіки, атомної та ядерної фізики. Навчальний посібник. – Чернівці: Букрек, 2010. – 512 с.



У посібнику викладено фізичні основи оптики, елементи квантової механіки, атомної та ядерної фізики й елементарних частинок. В оптиці відображаються не лише її основні положення та закони, а й вказується на роль оптики в розвитку квантової механіки.

Елементи квантової механіки містять матеріал, без якого в подальшому не можна обійтися під час вивчення окремих питань атомної та ядерної фізики.

Традиційно в елементах атомної та ядерної фізики розглядаються питання, пов'язані з квантовою теорією атома водню, векторною моделлю атома, періодичною системою елементів, характеристикою ядра, радіоактивністю, систематикою елементарних частинок, носіями взаємодій тощо.

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

Г. В. Понеділок, А. Б. Данилов. Курс загальної фізики. Електрика і магнетизм. Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2010. – 516 с.

Викладено основи електромагнетизму, що становить органічну частину курсу загальної фізики і відповідає програмі інженерно-технічних та фізико-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Поряд з традиційними для загальноосвітнього курсу фізики темами розглянуто низку прикладних застосувань явищ електромагнетизму. Значну увагу зосереджено на розв'язанні великої кількості задач різного рівня складності. У додатках подано довідковий матеріал з фізики і математики, мінімально потрібний для вивчення фізичних явищ і процесів.

Рекомендовано передусім для студентів інженерно-технічних та фізико-технічних спеціальностей університетів. Буде корисним для викладачів загальної фізики вищих навчальних закладів, учителям спеціалізованих та загальноосвітніх середніх шкіл. Значна частина матеріалу книжки доступна старанним старшокласникам, які цікавляться фундаментальними природничими науками.

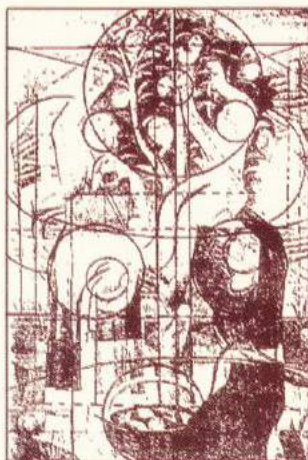


На Форумі видавців у Львові 2010 року за книжку “Курс загальної фізики. Електрика і магнетизм” Видавництво Національного університету “Львівська політехніка” одержало спеціальну відзнаку Малою журі науковців (точні, природничі та технічні науки).

ШАНОВНІ ЧИТАЧІ!

Не забудьте передплатити науково-популярний журнал “Світ фізики”, попередні числа видання можна замовити в редакції журналу за адресою:

вул. Саксаганського, 1,
м. Львів, 79005, а/с 6700;
phworld@franko.lviv.ua



Микола Рокицький (1901–1943)
Біля яблуні, полотно, олія, 1928

Микола Рокицький – живописець-монументаліст народився у с. Заріччя на Волині. У 1922 році вступив до Київського державного художнього інституту, де навчався у М. Бойчука. Працював у галузі монументального і станкового малярства. Виконував настінні розписи, писав живописні твори на теми праці, громадянської війни, працював у жанрі індустріального пейзажу, книжкової графіки. Багато зусиль доклав до розвитку українського декоративного килима.

М. Рокицький створив фрески у Київському державному художньому інституті "Початок будівництва. Зміна" (1927), у Селянському санаторії в Одесі "Свято врожаю" (1928), індустріальні мотиви у циклі "Доменний цех", "Ковалі" (1929), розписи історично-революційної тематики – "Оборона Луганська" (1932), картини для тематичних декоративних килимів тощо. Майже всі його твори зникли безвісти.

У 1932 році переслідувався за "формалізм і стилізацію" в мистецтві. Демобілізований на початку Другої світової війни до армії, потрапив у полон та концтабір.

Хворий та знеможений 42-річний М. Рокицький помер у Києві.

Картина "Біля яблуні" зберігалася довгий час в родині сестри художника Ольги Рокицької. Після її смерті син Олександр Проскура (український фізик) віддав картину вдові художника. На початку 1960-х років вона передала полотно до Львівського національного музею.



Серія "БІБЛІОТЕКА МОЛОДОГО НАУКОВЦЯ"