

С В І Т

ФІЗИКИ

№3
2011

науково-популярний журнал



*Історія людського прогресу –
це історія невеликої кількості
творчих людей у мистецтві,
науці чи будь-якому іншому
виді людської діяльності*

Альберт Сент-Дьєрді



ЛЬВІВСЬКОМУ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОМУ ЛІЦЕЮ ПРИ ЛЬВІВСЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА



20 РОКІВ

Львівський фізико-математичний ліцей при Львівському національному університеті імені Івана Франка за ініціативи Університету, Західного наукового центру, а також управлінь освіти м. Львова та Львівської області було засновано 1991 року як спеціалізований навчальний заклад для обдарованих дітей. Метою створення такого навчального закладу було зберегти найкращі традиції української освітянської думки, підвищити престиж знань у суспільстві, формувати національну свідомість особистості, виховувати дух лідерства.

Першим директором ліцею був Павло Хобзей – талановитий організатор, вимогливий і толерантний керівник, який зумів згуртувати колектив педагогів-одномудців, об'єднаних високими ідеалами навчання та виховання наукової еліти України. Саме він сприяв утвердженню демократичного духу в ліцеї. Далі упродовж багатьох років Ліцеєм успішно керує Заслужений учитель України Мар'ян Добосевич.

Від часу заснування закладу ліцеїсти поглиблено вивчали фізику та математику, згодом (від 1994 року) – хімію та біологію.

За роки роботи ліцей закінчило понад 1500 випускників, багато з яких було нагороджено золотими та срібними медалями. Десятки випускників ліцею отримали студентські стипендії Міжнародного Соросівського фонду.

Усі ліцеїсти продовжують навчання у провідних вищих навчальних закладах України, багато з них успішно навчаються в аспірантурі, понад 50 випускників – кандидати наук. Частина з них присвятила себе науці, інші змогли вдало реалізувати себе як фахівці в інших галузях діяльності. Чимало випускників ліцею навчається або підвищує кваліфікацію у вищих навчальних закладах Москви, Лондона, Праги, Бухареста, Кембриджа та інших. Вони займають престижні посади у Великій Британії, Австрії, Швейцарії, Німеччині, Бельгії, Данії, Фінляндії, Канаді та США.

Велику роботу проводить колектив Ліцею для розвитку творчих здібностей обдарованих дітей України, зокрема Ліцей є співзасновником науково-популярного журналу “Світ фізики” (від 1997 року), координатором Міжнародного математичного конкурсу “Кенгуру без кордонів” (від 1997 року), організатором Всеукраїнського фізичного конкурсу “Левеня” (від 2002 року), координатором Міжнародного конкурсу з інформатики “Бобер” (від 2008 року).

Редколегія журналу “Світ фізики” вітає колектив Львівського фізико-математичного ліцею при Львівському національному університеті імені Івана Франка з ювілеєм.

Бажаємо педагогічному колективу нових творчих патхень, талановитих учнів та успіхів у роботі на благо України.

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

Виходить 4 рази на рік

Засновники:

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

Головний редактор

Іван Вакарчук

заступники гол. редактора:

Олександр Гальчинський

Галина Шопа

Редакційна колегія:

Ігор Анісімов

Михайло Бродин

Петро Голод

Семен Гончаренко

Ярослав Довгий

Іван Климишин

Юрій Ключковський

Богдан Лукіянець

Олег Орлянський

Максим Стріха

Юрій Ранюк

Ярослав Яцків

Художник **Володимир Гавло**

Літературний редактор

Мирослава Прихода

Комп'ютерне макетування та друк
СП "Євросвіт"

Адреса редакції:

Редакція журналу "Світ фізики"

вул. Саксаганського, 1.

м. Львів 79005, Україна

тел. у Львові 380 (0322) 39 46 73

у Києві 380 (044) 416 60 68

phworld@franko.lviv.ua

www.franko.lviv.ua/publish/phworld

У вересні 2011 року виповнилося 80 років Михайлові Семеновичу Бродину, відомому українському фізику, ученому в галузі фізики твердого тіла, нелінійної оптики та квантової електроніки, академікові Національної академії наук України (1982), Заслуженому діячеві науки і техніки України, лавреатові Ленінської премії (1966), Державних премій СРСР (1982) та УРСР (1974), Державної премії України в галузі науки і техніки (1994).

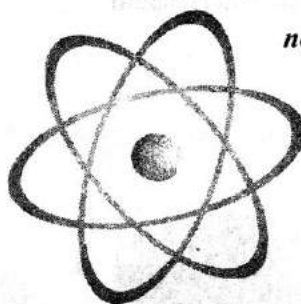
Народився Михайло Бродин 30 вересня 1931 року у с. Сівка (нині Сівка-Калуська) на Івано-Франківщині. У 1953 році закінчив Львівський державний університет імені Івана Франка, далі вступив до аспірантури Інституту фізики АН України. Вся подальша наукова діяльність ученого пов'язана з цією установою, де він пройшов шлях від аспіранта до завідувача відділом (1965) і директора (1987), від 2006 року – почесний директор Інституту фізики НАН України.

Михайло Бродин – Почесний доктор Львівського національного університету імені Івана Франка, член редколегії журналу "Світ фізики".

Щиро вітаємо академіка Михайла Бродина з ювілеєм, бажаємо йому міцного здоров'я, нових наукових звершень на благо української науки.

**Редколегія журналу
"Світ фізики"**

*Не забудьте
передплатити журнал
"Світ фізики"*



**Передплатний індекс
22577**

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

© СП "Євросвіт"

ЗМІСТ

1. Нові та маловідомі явища фізики

Довгий Ярослав. Розвиток фізичних досліджень у Львівському університеті

Апуневич С. В., Білінський А. І. Неймовірні космічні "сонячні зайчики"

Орлянський Олег. Зореутворення, циклоїда і закон додавання швидкостей

2. Фізика світу

Шопа Галина. Найвидатніша жінка в науці. Рік Марії Склодовської-Кюрі

3. Фізика України

Стадник Василь. З когорти плугатарів (до 80-річчя від дня народження Миколи Романюка)

4. Нобелівські лавреати

Шопа Галина. Нобелівські премії з фізики за відкриття в астрономії

5. Олімпіади, турніри...

Розв'язки задач IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (2011 р., 8-10 кл.)

6. Інформація

Фізика хочуть змінити означення основних одиниць вимірювань

Перша інтегральна схема на графені

7. Гумор

"Магнетні" корови



3

12

15



21



24

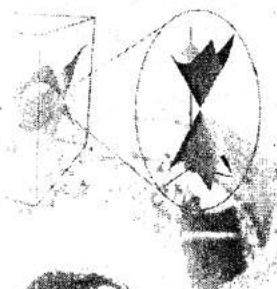
27



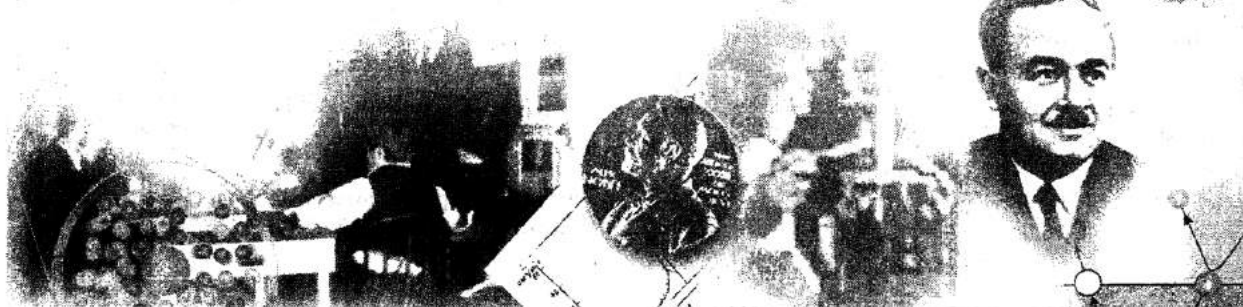
29

46

47



48





Розвиток фізичних досліджень у Львівському університеті*

Ярослав Довгий,

професор Львівського національного університету імені Івана Франка

Львівський університет належить до когорти класичних університетів Європи. В Україні він найстаріший. Острозька (1577) і Києво-Могилянська (1632) академії були гуманітарного профілю, тому, за означенням, їх не зачисляємо до категорії „класичних”, які є різнопрофільними зі значним розвитком і гуманітарних, і природничих наук. Щодо інших класичних університетів в Україні, то вони молодші: Харківський – 1805 рік заснування, Київський – 1834, Одеський – 1865, Чернівецький – 1875 р.

Для читачів нагадаю, що Львів був під Польщею 1387–1772 рр., відтак після першого поділу Польщі увійшов до складу Австро-Угорської імперії (1772–1918).

Упродовж 1817–1918 рр. Львівський університет носив ім'я цісаря Франца І. Цей монарх певний час, після “Весни народів” 1848 року, прихильно ставився до українців. Уже наприкінці 1848 року він видав декрет про створення у Львівському університеті кафедри української мови і літератури. У 1894 році було засновано кафедру української історії.

Поляки завзято чинили опір українцям на цій питомо українській землі, у місті Данила Галицького. Вони добилися того, що ліберальний Габсбург надав право викладання, крім німецькою, ще й польською мовами. Наукові праці публікувалися цими ж мовами.

Захопивши Львів 1918 року, поляки скасували українські кафедри, університет пере-

Найдавніший корпус Університету на вул. св. Миколая (нині вул. Грушевського), де фізичних лабораторій ще не було



*Стаття публікується за текстом доповіді автора на Міжнародній науковій конференції (10–11 жовтня 2011 року), присвяченій 350-річчю Львівського національного університету імені Івана Франка.



йменували, надавши йому ім'я Яна Казимира (1919–1939) та ввели жорсткі дискримінаційні квоти для українців. Як фізик, таку ситуацію я назвав би суттєво нерівноважною, коли корінне населення так дискримінується на своїй питомій території. Як знаємо, нерівноважний, збуджений стан системи спонтанно прагне досягнути природну рівновагу...

Як розвивалася наука фізика у Львівському університеті?

210 років без фізики

Університет мав чотири факультети^{**}: філософський, теологічний, юридичний і медичний. Основи природознавства вивчали на філософському факультеті. Фізичні явища розглядали побіжно та описово, аналізували на підставі концепції Аристотеля. Навчального курсу "Фізика" або яких-небудь спецкурсів у навчальних планах та у розкладах занять не було. Не було й кафедри фізики. Це тривало 210 років.

^{**}Тут і далі вживатимемо сучасну термінологію.

Може виникнути запитання: а чи існувала на той час фізика як сформована наука?

Загалом фізика як наука не є надто давньою. Ера класичної фізики розпочалася щойно у XVII сторіччі. Її основними фундаторами були Галілео Галілей, Йоганн Кеплер, Ісаак Ньютон.

Якщо дотримуватися наукознавчої концепції американського історика науки Томаса Куна, розвиток фізики, як й інших наук, – це зміна панівних парадигм. За період розвитку фізики від XVII ст. до наших днів змінювалися чотири парадигми:

- механістична,
- електромагнетна,
- квантово-релятивістська,
- синергетична.

То що ж відбувалося у царині фізики за період тривалістю 210 років?

Коротку хронологію найважливіших відкриттів подано в табл. 1.



Корпус фізичного та хімічного факультетів Університету, збудовані понад сто років тому (на вул. Кирила і Мефодія)



Таблиця 1

Хронологія найвизначніших подій у фізиці за 210 років (1661–1871)

Роки	Найважливіші події у царині фізики
1661	До цього часу вже були опубліковані основоположні праці Г. Галілея і Й. Кеплера
1665	Закон всесвітнього тяжіння (І. Ньютон)
1687	І. Ньютон. Математичні начала натуральної філософії
1690	Х. Гюйгенс. Трактат про світло
1785	Закон Кулона
1801	Т. Юнг. Інтерференція світла
1808	Закон Малюса
1811	Закон Авогадро
1814	Фраунгоферівський спектр
1815	Закон Брюстера
1818	Френелева теорія дифракції світла
1820	Явища магнетизму (А. Ампер, Г. Ерстед)
1824	Трактат С. Карно
1826	Закон Ома
1827	Броунівський рух
1828	Призма Ніколя
1831	М. Фарадей. Явище електромагнетної індукції
1833	М. Фарадей. Електроліз
1841	Закон Джоуля-Ленца
1845	Ефект Фарадея
1848	Абсолютна шкала температур (шкала Кельвіна)
1851	Котушка Румкорфа
1853	Закон Відемана-Франса
1854	Ефект Джоуля-Томсона
1855	Г. Гейслер. Ртутний насос
1857	Основи кінетичної теорії газів
1858	Трубка Гейслера. Витоки катодної електроніки
1859	Р. Бунзен, Г. Кірхгоф. Спектральний аналіз
1859	Катодні промені
1860	Електродвигун постійного струму
1860	Свинцевий акумулятор
1862	Аномальна дисперсія світла
1865	Дж. Максвелл. Теорія електро-магнетного поля
1866	Закон розподілу Максвелла-Больцмана
1869	Ефект Тіндаля
1871	Закон Релея



З цього неповного переліку найважливіших відкриттів у фізиці видно, що фізичні явища “аж просилися” для їхнього системного висвітлення в університетських курсах, а відкриті закони – для експериментальної верифікації.

В університетах Німеччини та Англії це вже було у XVIII ст. Виникли спеціальні фірми для виготовлення експериментального обладнання, так що 1846 року були створені перші університетські фізичні лабораторії. Це були лабораторії Вільяма Томсона (лорда Кельвіна) в Англії, Йоганна фон Жоллі в Гайдельберському університеті (Німеччина).

Фізичні кафедри Львівського університету за періоди (1872–1918) і (1918–1939) рр.

У табл. 2 подано імена завідувачів двох фізичних кафедр Львівського університету.

Серед перелічених імен лише Роман Негруш був із місцевих. Він народився 1874 року у Самборі, 1892 року закінчив Самбірську гімназію, згодом філософський факультет Львівського університету. У 1900–1903 рр. навчався у Берліні та Парижі. Ще дехто з українців були допущені до посад асистентів, але їх було лише декілька осіб.

Природно, що Австрія, яка мала тісні контакти з Німеччиною, як тільки запанувала над Галичиною, негайно реорганізувала структуру Львівського університету, і 1872 року були створені кафедри теоретичної та експериментальної фізики.

Львівський університет і НТШ

Як відомо, 11 грудня 1873 року у Львові було засноване Товариство імені Шевченка, яке з 1892 року було реорганізовано у Наукове товариство імені Шевченка (НТШ).

НТШ de facto стало українською академією наук. Оскільки ведемо мову про розвиток фізичної науки, зачитую уривок з листа Макса Планка до НТШ від 28 січня 1924 року “Я розцінюю це обрання (йдеться про обрання М. Планка іноземним дійсним членом НТШ – Я. Д.) як особливу відзнаку і з гордістю буду почувати себе надалі членом цієї поважної організації. Хочу принагідно висловити мої щирі побажання подальшого розвитку і процвітання Вашого Товариства з нагоди 50-річчя утворення. Ви ж знаєте, що у нас в Німеччині саме українська культура викликає позбавлене зацікавлення, а ваші політичні змагання користуються постійною симпатією”.

Таблиця 2

Керівництво фізичних кафедр Львівського університету за “австрійського” і “польського” періодів

Кафедра теоретичної фізики (КТФ)		Кафедра експериментальної фізики (КЕФ)	
Роки	Завідувачі кафедри	Роки	Завідувачі кафедри
1873–1899	Оскар Фабіан	1872–1891	Томаш Станецький
1899–1913	Мар’ян Смолуховський	1892–1920	Ігнацій Закшевський
1913–1918	Константій Закшевський	1920–1926	Роман Негруш
1919–1927	Станіслав Лорія	1927–1941	Станіслав Лорія
1930–1936	Стефан Щеньовський		
1937–1941 1944–1946	Войцех Рубінович		



У табл. 3 подано імена українських фізиків, більшість з яких заснували наукові школи та увійшли до когорти славних творців науки і техніки.

У табл. 2 жодного з цих імен немає. Фізика у Львівському університеті і фізика у Математично-природописно-лікарській секції НТШ розвивалися, на жаль, наче паралельними руслами. Праця і талант українських фізиків цінувалися в Німеччині, Австрії, США – тільки не у Львівському університеті імені Яна Казимира...

Маю за обов'язок застерегти, що неприродне становище українських висококваліфікованих учених – це був результат бездержавності України. Імена науковців, що згадані в табл. 2, заслуговують шанобливої пам'яті. Вони ж заклали фундамент фізичної науки і прославили Львівський університет. Як люди високоінтелегентні, вони часто ігнорували дискримінаційні настанови політиків. Наприклад, проф. Василь Міліянчук з вдячністю згадував свого вчителя Войцеха Рубіновича, так само як

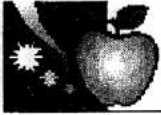
Таблиця 3

Фізики з когорти Наукового товариства імені Шевченка

№ п/п	Фізики (роки життя)	Дати обрання дійсними членами НТШ
1.	Пулюй Іван (1845–1918)	01.06.1899
2.	Огоновський Петро (1853–1917)	01.06.1899
3.	Гірняк Юліан (1881–1970)	29.01.1908
4.	Цегельський Роман (1882–1956)	18.03.1914
5.	Кучер Володимир (1885–1959)	02.09.1919
6.	Тимошенко Степан (1878–1972)	01.06.1923
7.	Фещенко-Чопівський Іван (1884–1949)	06.04.1926
8.	Смакула Олександр (1900–1983)	01.12.1930
9.	Міліянчук Василь (1905–1958)	28.09.1932
10.	Ластовецький Андрій (1902–1943)	15.06.1933
11.	Храпливий Зенон (1904–1983)	03.01.1934
12.	Стасів Остап (1903–1985)	30.03.1936

проф. В. Кучер – Мар'яна Смолуховського. Ігнацій Закшевський багато сил і енергії доклав до реалізації проекту будівництва нового фізичного корпусу на теперішній вулиці Кирила і Мефодія, 8. Він, а згодом Роман Негруш і Станіслав Лорія, пильно дбали про оснащення

лабораторій обладнанням від тодішніх найкращих фірм, що виготовляли таке обладнання. Багато з цих приладів використовують досі для лекційних демонстрацій, а декілька прикрашають музей історії Львівського університету.



Таблиця 4

Керівництво кафедр теоретичної і експериментальної фізики у новітній період

КТФ		КЕФ	
Роки	Завідувачі кафедр	Роки	Завідувачі кафедр
1946–1958	Василь Міліянчук	1945–1948	Дмитро Лазебник
1958–1971	Ігор Юхновський	1948–1949	Олександр Андрієвський
1971–1973	Михайло Сеньків	1949–1953	Никандр Понирко
1973–1978	Роман Гайда	1953–1967	Любов Клімовська
1978–1984	Лаврін Блажиєвський	1967–1976	Василь Вишневський
з 1984	Іван Вакарчук	1977–1996	Микола Романюк
		1996–2003	Ігор Стефанський
		від 2003	Анатолій Волошиновський

Структурна хронологія фізичних кафедр Львівського університету у новітній період

У новітній період базові кафедри теоретичної та експериментальної фізики працювали під керуванням знаних науковців (табл. 4).

З кафедри експериментальної фізики відбрунькувалися:

1945 р. – кафедра загальної фізики (перший завідувач Степан Литвиненко);

1963 р. – кафедра рентгенометалофізики (перший завідувач Ярослав Дутчак);

1964 р. – кафедра фізики напівпровідників (перший завідувач Мар'ян Пашковський);

1978 р. – кафедра нелінійної оптики (перший завідувач Орест Влох).

Наприкінці ХХ ст. фізичний факультет був найбільшим факультетом Університету. У березні 2003 року за ініціативи Вченої ради та за підтримки ректора проф. І. Вакарчука відбувся його поділ на фізичний факультет і факультет електроніки. Останній нині має свою структуру, Вчену раду тощо.

Окремої уваги заслуговує історія Астрономічної обсерваторії при Львівському університеті, що була заснована 1771 року. Вона висвітлена у книжці [1], яка недавно вийшла з друку.

Відомостей про сьогоденну структуру названих трьох інституцій не подаємо, бо це не є основним предметом публікації. Їх можна знайти в [2].

Основні досягнення фізиків і астрономів Львівського університету

У цьому розділі свідомо не називатиму прізвищ нинішньої професури фізичного факультету, факультету електроніки та Астрономічної обсерваторії і не називатиму наукових шкіл із суто етичних міркувань. Адже кожна кафедра (нині на двох факультетах їх дванадцять), кожен професор чи старший науковий співпрацівник мають свої амбіції і найкраще самі могли б розповісти про наукові напрями, які вони розвивають. Зрештою, все це лаконічно висвітлено в “Енциклопедії Львівського університету”, яка щойно побачила світ.



Я ж зі свого суб'єктивного погляду, спираючись на власний досвід і певне розуміння ситуації в науці, дозволю собі лише перелічити оригінальні, з мого погляду, здобутки, які вирізняють фізиків Львівського університету. Називатиму імена лише тих авторів, які вже належать історії (табл. 5).

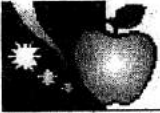
Ювілейні дні Львівського національного університету імені Івана Франка (10–11 жовтня 2011 року) збіглися у часі з завершенням традиційного “нобелівського тижня”. Ми були б горді, маючи хоча б одного нобелянта. А чи знаєте, що не так давно (1970-ті роки) наші науковці були вельми близькі до відкриття такого рівня. Та це тема окремої розмови [3].

Таблиця 5

Наукові здобутки фізиків і астрономів Львівського університету

1. Відкриття рідких кристалів
Юліус Планер (1861)
2. Теорія броунівського руху
Мар'ян Смолуховський (1906)
3. Кінетична теорія опалесценції газів у критичному стані
Мар'ян Смолуховський (1908)***
4. Теорія квадрупольного випромінювання
Войцех Рубінович (1928–1930)
5. Теоретично передбачено поляризаційні властивості квадрупольних спектрів. (Явище було експериментально підтверджено 1960 р.)
Василь Міліянчук (1932)
6. Дисперсія і поглинання світла у парах металів
Станіслав Лорія (1930-ті роки)
7. В Астрономічній обсерваторії у 1930-х роках *Евгеніуш Рибка* започаткував астрофотометричні спостереження зір, видав каталог фотовізуальних величин біляполюсних зір. Йому також належать цікаві публікації з історії астрономії
8. Дослідження з квантової теорії поля
Леопольд Інфельд (1930-ті роки),
Зенон Храпливий (1950-ті роки)
9. Вплив неоднорідного електричного поля у плазмі газового розряду на емісійні спектри
Василь Міліянчук (1948)
10. Окремі задачі загальної теорії відносності
Леопольд Інфельд (1930-ті роки),
Михайло Сеньків (1950-ті роки)
11. Піонерські дослідження міжчастинкового розсіяння у межах квантової теорії поля
Василь Міліянчук, *Роман Гайда*,
Михайло Сеньків (1950-ті роки)
12. Теорема Парасюка-Боголюбова, за якою перенормування функції Гріна і матричних елементів матриці розсіяння знімає проблему розбіжностей у квантовій теорії поля
Микола Боголюбов, *Остан Парасюк* (1955)
13. Розроблено метод колективних змінних із виділеною системою відліку для великого канонічного розподілу Гіббса
14. Статистична фізика систем взаємодіючих частинок
15. Гамільтоновий опис слаборелятивістських систем заряджених частинок
Роман Гайда (1970–1980-ті роки)
16. Наприкінці 1950-х років на фізичному факультеті було вирощено монокристали ADP ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), прозорі і великих розмірів, які згодом (1960-ті роки) використовувалися як нелінійні оптичні матеріали для генерації другої гармоніки лазерного випромінювання
Федір Алемайкін, *Борис Белікович* (наприкінці 1950-х років)
17. Розроблено технологію вирощування сцинтиляційних кристалів та досліджено їхні оптико-люмінісцентні властивості

***У 1912 році за ініціативи проф. М. Смолуховського Львівський університет надав звання доктора honoris causa двічі лавреатові Нобелівської премії Марії Склодовській-Кюрі.



18. Проводилися дослідження змінних зір
Ярослав Капко (1950-ті роки)
19. Дослідження з газодинаміки міжзоряних середовищ
Самуїл Каплан (1950–1960-ті роки)
20. Задачі стосовно структури зоряних ударних хвиль
21. Дослідження з фізики Сонця та сонячної активності
Петро Олійник
22. Дослідження атмосфери Сонця методами аналізу профілів ліній фраунгоферівського спектра
Богдан Бабій
23. Синтез та дослідження вузькозонних напівпровідників на основі твердих розчинів халькогенідів ртуті
24. Оптика кейнівських вузькозонних напівпровідників
Богдан Біленький, Михайло Міляничук
25. Була створена відома Львівська наукова школа з фізичної електроніки
26. Резонансна перезарядка йонів у газорозрядній плазмі
Роман Кушнір, Лев Савчин
27. Фізика рідких металів
Ярослав Дутчак
28. Радіаційна фізика твердого тіла
Микола Цаль
29. Запропонована квазіметалева модель колоїдних центрів (X-центрів) у лужно-галоїдних кристалах (модель Глаубермана–Цаля)
30. Виявлено явище синергетики та ритміки виділення компонентів при радіолізі лужно-галоїдних кристалів
Микола Цаль, Олег Драган
31. Цикл досліджень “Технологія і фізичні властивості тонких плівок”
32. Проблеми методики викладання фізики
Михайло Тимошик
33. Уперше 1960 року було виміряно величину абсолютного квантового виходу фотолюмінесценції синтетичного рубіну
Василь Вишневецький, Микола Підзирайло
34. Теорія лінійних і нелінійних радіоелектронних кіл і систем. Топологічний аналіз електронних схем. Застосування теорії графів
Микола Максимович, Лев Савицький
35. Вдосконалення методики та апаратного забезпечення систем оптичних (зокрема лазерних) спостережень ШСЗ
Олександр Логвиненко
36. Вперше отримано тонкі плівки червоної модифікації сірчистої ртуті
Іван Савицький
37. Нові явища параметричної кристалооптики: електрогірація, магнето-поляризаційна оптична активність, торсійно-гіраційний ефект, акусто-гіраційна дифракція світла
Орест Влох
38. У березні 1963 року на кафедрі експериментальної фізики загенерував перший у Львові лазер
39. Теорія квантових рідин
40. Теорія фазових переходів та критичних явищ
41. Теоретичні дослідження слаборелятивістської системи заряджених частинок зі спінами
42. Дослідження екситонних спектрів: ідентифікація циркулярних екситонів; екситони у шаруватих кристалах; автолокалізовані екситони
43. Явища, зумовлені інверсією знаку двозаломлення та їхні можливі застосування. Кристалооптична термометрія
44. Фізичні властивості шаруватих напівпровідників
45. Радіаційні процеси у халькогенідних склоподібних напівпровідниках
Іван Савицький
46. Фізика поверхні. Реконструкція поверхні під впливом адсорбованих шарів



47. Вивчення фізичних властивостей металів та сплавів за допомогою методів модельних потенціалів
48. Праці з історії та філософії науки
49. Властивості кристалів складних оксидів і модифікація їхніх фізичних характеристик дефектами структури власної і домішкової природи
50. Цикл праць щодо світлотехнічних і світлоінформаційних параметрів катодолюмінесцентних екранів електронно-променевих трубок високої роздільної здатності
51. Праці з технології та фізичних властивостей високотемпературних надпровідників (ВТНП). Дослідження з оптики ВТНП
52. Астрофізика газових туманностей
53. Фазові переходи і оптичні властивості фероїків
54. Створення приймачів ГЧ-випромінювання для тепловачення на основі сполук A_2B_6
Володимир Савицький
55. Гетероструктури на основі селенідів індію та галію
56. Ефекти конфігураційних взаємодій у спектроскопії кристалів
57. Високоточна поляриметрія в параметричній кристалооптиці. Оптична томографія
58. Дослідження зоряних скупчень методами статистичного моделювання
59. Синтез і оптичні властивості нових високо-ефективних нелінійнооптичних кристалів класу оксидів боратів
60. Виявлено явище автоінтеркаляції у твердих розчинах шаруватих кристалів
61. Розроблено нові підходи й моделі в мікроскопічній теорії металічних систем
62. Виявлено та досліджено ефекти термооптичної пам'яті і термохромізму у кристалах з несумірною структурою
63. Рентгенофотоселектронна спектроскопія інтерметалічних сполук на основі d- та f-металів
64. Люмінесцентна спектроскопія з часовим розділенням
65. Космологія та моделі формування великомасштабної структури Всесвіту
66. Дослідження фоторефрактивних кристалів для динамічної голографії
67. Запропоновано цікавий підхід, коли теорія реальних вироджених карликів може розглядатися на підставі мікроскопічної теорії металів
68. Структурні дослідження композитних систем
69. Дослідження з радіоекології
70. Цикл наукових праць з проблеми "Нанодисперсні та наноструктуровані матеріали багатопільового застосування"

Насамкінець належало б відзначити менеджерські заслуги деканів, кожен з яких обіймав цю посаду чимало років. Це за їхніх зусиль був збудований новий фізичний корпус по вулиці Драгоманова, 50, криогенна станція тощо. І, звичайно ж, віддамо належне талантові нашого ректора, за фахом фізика-теоретика, який успішно керує Університетом у часи відповідальних перемін.

Література

1. Історія Астрономічної обсерваторії Львівського національного університету імені Івана Франка. – Львів: ЛНУ, 2011. – 240 с.
2. Енциклопедія Львівського Університету. Т. 1. – Львів: ЛНУ, 2011. – 716 с.
3. Довгий Я. О. // Каменярь, 2011, № 7, с. 7.



НЕЙМОВІРНІ КОСМІЧНІ “СОНЯЧНІ ЗАЙЧИКИ”

Апуневич С. В.,

Астрономічна обсерваторія, Львівський національний університет імені Івана Франка

Білінський А. І.,

*Кафедра фізики та математики Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*

*Мерехти, мерехти
маленька зіронько...*

Спалахи та мерехтіння на куполі нічного неба – те видовище, що захоплює та манить, але наступне, що спадає на думку – що це, яка природа цього явища? Походження може бути різноманітне – від природного, тобто зір, наднових, планет, комет, метеорних дощів до зразків творінь людського інтелекту, тобто супутникових систем, космічних кораблів, “космічного сміття”. Після запуску сузір’я супутників зв’язку Iridium на небі з’явилися нові спалахи, що відразу ж зацікавило любителів астрономії.



Рис. 1. Подвійний спалах – Iridium 7 та Iridium 51
(http://www.pixheaven.net/photo_us?nom=060605_8362-63)



Рис. 2. Спалах 22 жовтня 1999 року
(<http://antwarp.gsfc.nasa.gov>)

На рис. 1 зображено подвійний спалах супутників Iridium 7 та Iridium 51. Експозиція – 30 с з використанням цифрової камери Canon 350D + Sigma 10-20 1:4-5.6. Світлина зроблена 5 червня 2006 року в місті Кемпер, що знаходиться на заході Франції. На рис. 2 зображено Iridium 52, який відслідковувався 22 жовтня 1999 року над територією Каліфорнії США астрофотографом Джеймсом Янгом (James Young). Спалах досягнув -6^m зоряної величини. Ліворуч сяє зоря Маркаб (Альфа Рег) у сузір’ї Пегас, зоряна величина якої 2.5^m . Найяскравіша зоря неба – Сіріус = -1.44^m , Венера (планета) = -4.4^m , а МКС (Міжнародна космічна станція) = -2^m .



Отож, що це за об'єкти? Найбільше сузір'я супутників Iridium становить космічний сегмент комунікаційної системи, яка спеціалізується на передачі інформації та голосу. Іридіум Коммюнікейшн (Iridium Communications Inc.) – відкрита акціонерна компанія, що базується в місті Маклін (США, Вірджинія). Комунікаційні можливості системи справді глобальні, позаяк дають змогу здійснювати передачу сигналу в будь-яку точку Землі, зокрема полярні регіони, повітряні шляхи та океани.

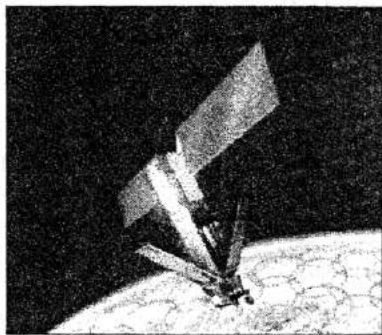


Рис. 3. Загальний вигляд супутника Iridium

Історія супутникової системи зв'язку Iridium почалася з появою першого супутника 1997 року. До 2002 року було запущено 66 основних супутників (рис. 3), які працюють як об'єднана мережа, надійність якої підтримується численними запасними супутниками. Вони рівномірно розміщені на 6 приполярних кругових орбітах з нахилом $86,4^\circ$, висотою майже 780 км та мають маси 700 кг. Такі супутники вважаються низькоорбітальними, їх швидкість 27000 км/год. Кожен апарат формує свою зону обслуговування площею майже 19 мільйонів квадратних кілометрів. Зони обслуговування всіх 66 космічних апаратів повністю покривають Землю. Iridium NEXT, група супутників нового покоління, запуск якої планується 2015 року, дасть змогу надавати клієнтам нові види послуг та відкрити нові можливості зв'язку.

Рішення, які пропонує система Iridium, ідеально підходять таким галузям як судноплавство, авіація, державні та військові операції, служби, пов'язані з надзвичайними ситуаціями та гуманітарною допомогою, лісництво, видобуток нафти та газу, транспорт. Iridium надає свої послуги клієнтам з Департаменту Оборони США та іншим громадським та державним організаціям світу. Послуги надаються через різноманітні переносні та інсталювані системи комунікацій на борту кораблів, літаків, наземних видів транспорту.

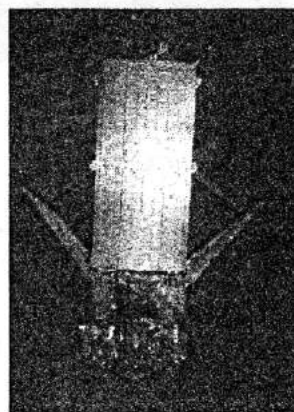


Рис. 4. Антена на супутнику *muny Iridium* (<http://www.satobs.org/iridium.html>)

Зв'язок з абонентами підтримується за допомогою трьох головних антен (ММА – Main Mission Antenna) розміром 86×186 см (рис. 4). Час від часу одна з антен ММА відбиває сонячні промені на поверхню Землі, створюючи відблиск діаметром майже 10 км, що рухається по поверхні планети (рис. 5). Деякі спалахи дуже яскраві – багато досягають “–8” зоряної величини, а деякі “–9,5”. Спалахи такої яскравості можуть спостерігатися навіть удень неозброєним оком, але справляють найбільше враження вночі.

На рис. 6 зображено розподіл інтенсивності спалаху залежно від положення спостерігача відносно центру цього явища. Нині супутники системи Iridium у момент відобра-

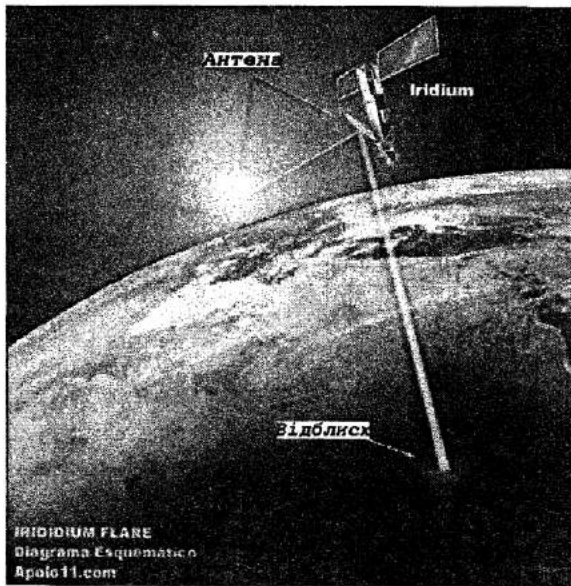


Рис. 5. Відблиск на поверхні Землі від спалаху Iridium

ження сонячного світла на Землю – найяскравіші зореподібні об’єкти на небосхилі. Явище триває від 5 до 20 секунд.

Оскільки положення кожного космічного апарату супутникового сузір’я відоме з високою точністю, можливо обчислити час появи таких відблисків для будь-якої точки планети. Така інформація є доступною для кожного на сайті <http://heavens-above.com>. Наприклад, для координат у Львові (49.8°N, 24.0°E) найяскравіші (яскравіше -6^m – поріг яскравості для розрахунку денних спалахів) спалахи у період до кінця 2011 року будуть спостерігатися у наступних точках неба – табл. 1.

Історія супутникового сузір’я містить і сторінку фатальної помилки, а саме зіткнення 10 лютого 2009 року супутників Космос–

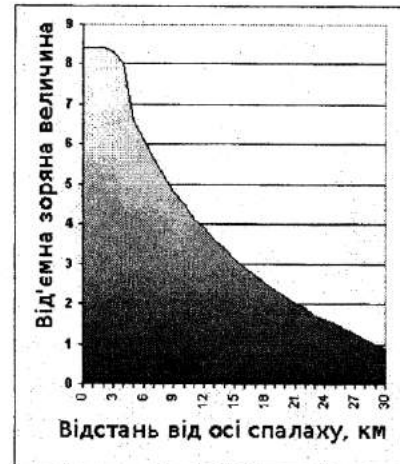


Рис. 6. Розподіл інтенсивності під час спалаху Iridium

2251 (космічне сміття) та Iridium 33 (робочий супутник). Цей інцидент трапився над територією Російської Федерації на висоті 788 км, за швидкостей обох супутників приблизно 7470 м/с, штучний супутник Космос–2251 належав Космічним військам Росії та був виведений на орбіту 1993 року, функціонуючи до 1995 року. Маса американського супутника Iridium становила 600 кг, російського Космос-2251 – 1 тону. Зруйновані супутники в результаті зіткнення утворили майже 600 уламків.

Попри те, що на зоряному небі можна спостерігати інциденти техногенного характеру, його краса та загадковість будуть притягувати знову та знову нових і нових спостерігачів, і ми знову і знову милуватимемось дивовижними картинами і природними явищами, і, щораз частіше, явищами, що з’явилися на небі завдяки творчості та науковій думці людини.

Таблиця 1

Найінтенсивніші спалахи Iridium над львівським небом (період до кінця 2011 року)

Дата	Час (київський)	Азимут	Висота	Інтенсивність	День або ніч
6 жовтня	5:43	N	23°	-7	Ніч
8 жовтня	9:44	SE	79°	-8	День



ЗОРЕУТВОРЕННЯ, ЦИКЛОІДА І ЗАКОН ДОДАВАННЯ ШВИДКОСТЕЙ

Олег Орлянський,

Дніпропетровський національний університет імені Івана Франка

Понад 80 років тому після відкриття Хаббла і Леметра¹ людство почало усвідомлювати, що велетенський Всесвіт, крихітною частинкою якого є наша Сонячна система, розширюється. Відразу виникли запитання: як це відбувається, чому, за яким законом? У попередній статті “Додавання швидкостей і розширення Всесвіту” зазначалося, що сучасна теорія гравітації, загальна теорія відносності, і класична механіка дають однакові вирази залежності відстані між віддаленими галактиками від часу $r(t)$. Тільки причини пояснюють по різному.

За класичною механікою, галактики розлітаються подібно до речовини після вибуху. За загальною теорією відносності ми маємо справу не з власним рухом галактик, а з розширенням простору – галактики наче маленькі мурашки на повітряній кульці, що швидко роздувається.

¹Жорж Леметр – бельгійський священик, астроном, професор фізики Лувенського католицького університету. Ж. Леметр 1927 р. (на два роки раніше від Е. Хаббла) передбачив пропорційність між швидкістю віддалення галактики і відстанню до неї і, виходячи з даних спостережень, оцінив сталу пропорційності (названу згодом сталою Хаббла). Робота Леметра була опублікована французькою в *Анналах наукового товариства Брюсселя*, маловідомому серед астрономів науковому виданні, і залишалася непоміченою до її презентації 1930 р. Артуром Едінгтоном з подальшою публікацією англійською 1931 р. (у Щомісячних нотатках Королівського астрономічного товариства).

Найпростіше залежність $r(t)$ можна отримати, розглянувши закон збереження енергії у класичній механіці.

Як відомо, сили гравітації всередині масивної сферичної оболонки взаємно компенсуються. Оскільки всі напрямки у просторі рівноправні, можна виділити великий сферичний об’єм з багатьма галактиками і розглядати у подальшому розширення утвореної кулі, нехтуючи гравітаційним впливом зовнішніх шарів. Тоді на галактику, яка знаходиться на поверхні кулі радіусом r , діятиме спрямована до центру сила гравітації

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

де m – маса галактики; M – маса кулі.

Потенціальна енергія гравітаційної взаємодії буде:

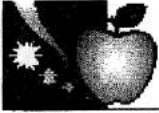
$$U = -\frac{GmM}{r}.$$

Отже, закон збереження енергії для цієї галактики матиме вигляд:

$$\frac{mv^2}{2} + \left(-\frac{GmM}{r}\right) = E. \quad (1)$$

Якщо знехтувати власним рухом галактики порівняно з її космологічним віддаленням від центра кулі, швидкість v матиме тільки радіальну складову і дорівнюватиме похідній за часом від r :

$$v = \frac{dr}{dt} = r'(t),$$



де, як відомо, dr – зміна відстані за нескінченно малий проміжок часу dt .

Закон збереження енергії (1) для галактики має однаковий вигляд із законом збереження енергії для тіла масою m , яке кинули вертикально догори з поверхні планети. Добре відомо, що кинуте тіло залежно від початкової швидкості може повернутися назад (якщо швидкість менша від другої космічної) і покинути планету назавжди.

Якщо початкова швидкість дорівнює другій космічній, тіло назавжди покидає планету, але на нескінченності наче зупиняється, повністю втрачаючи кінетичну енергію.

Якщо початкова швидкість більша від другої космічної, тіло на нескінченності віддалятиметься, рівномірно збільшуючи відстань.

Отже, з рівняння (1) можна отримати залежність відстані від часу і між тілом і планетою, і між галактиками в однорідному Всесвіті. І для руху тіла, і для розширення Всесвіту матимемо три сценарії відповідно до знаку повної енергії ($E < 0$, $E = 0$, $E > 0$). Такий збіг виявився можливим завдяки тому, що гравітаційне поле ззовні кулі масою M не залежить від того розширюється вона чи стискається, має великий чи малий розмір. Тому ті ж самі рівняння будуть справедливими й для руху частинок пилу у процесі утворення протозорі шляхом стиснення газопилової хмари, а також на завершальному етапі активного життя зорі під час спалаху і скидання оболонки. Тобто коло задач, які зводяться до рівняння (1), дуже широке.

Виразимо квадрат швидкості руху із закону збереження енергії (1):

$$v^2 = \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 = \frac{2GM}{r} + \frac{2E}{m}. \quad (2)$$

Якщо повна енергія від'ємна ($E < 0$), на деякій відстані $r_{\max} = \frac{GmM}{|E|}$ швидкість роз-

ширення зменшиться до нуля, вся кінетична енергія перейде у потенціальну, після чого почнеться зворотний рух, стиснення. Для цього випадку перепишемо вираз (2) у зручнішій формі

$$\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 = \frac{2GM}{r} - \frac{2|E|}{m} = \frac{2|E|}{m} \left(\frac{r_{\max}}{r} - 1\right), \quad (3)$$

з якої вже неважко отримати залежність $r(t)$.

Ми маємо диференціальне рівняння (3), розв'язання якого потребує певних навичок. Виявляється, залежність можна знайти й без інтегрування, застосовуючи метод аналогій. Якщо два явища описуються рівняннями, які можуть бути приведені до однакового вигляду, то, проаналізувавши одне явище, можна робити певні висновки щодо другого.

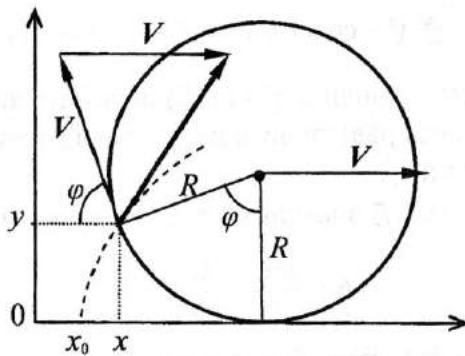
Перейдемо в рівнянні (3) до стандартних математичних позначень, для того зробимо такі заміни:

$$r = y, \quad t = \sqrt{\frac{m}{2|E|}} x. \quad (4)$$

Рівняння (3) тепер набуває простішого і формального вигляду:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \frac{y_{\max}}{y} - 1. \quad (5)$$

На принципі аналогії ґрунтується моделювання і робота спеціалізованих аналогових обчислюваних машин, які у середині ХХ сторіччя широко використовували. Найпростішим прикладом є аналогія між малими коливаннями маятника у середовищі з в'язким тертям і загасальними електричними коливаннями у контурі, до якого входять конденсатор, котушка індуктивності і резистор. У нашому випадку, виявляється, можна провести аналогію між космічними польотами, віддаленням галактик, зореутворенням і... рухом точки на ободі колеса. Як ви вже мабуть здогадалися, для цього слід скористатися законом додавання швидкостей.



На рисунку зображено колесо, яке котиться вправо зі швидкістю V . Пунктирною лінією позначена траєкторія деякої точки на ободі колеса. Координати цієї точки можна виразити через радіус колеса R і кут φ , на який те повернулося від моменту дотику до горизонтальної поверхні у точці x_0 .

З рисунка видно, що

$$\begin{cases} x = x_0 + R(\varphi - \sin \varphi), \\ y = R(1 - \cos \varphi), \end{cases} \quad (6)$$

де кут φ вимірюється у радіанах.

Враховано, що за відсутності проковзування колесо прокотилося на відстань, яка дорівнює довжини дуги кола $R\varphi$. Якщо колесо котиться

рівномірно, маємо $\varphi = \omega t = \frac{Vt}{R}$, і система (6)

задає залежність декартових координат від часу, тобто, маємо рівняння руху точки ободу колеса.

Для рівноприскореного руху ($a = \text{const}$) залежність від часу буде іншою:

$$\left(\varphi = \frac{v_0 t + at^2/2}{R} \right),$$

але траєкторія точки не зміниться.

Рівняння (6) є рівнянням траєкторії точки у параметричній формі. Перебираючи і підставляючи значення параметра φ у (6), ми отримуємо відповідні значення координат, сукупність яких і задає лінію руху. Зрозуміло, що

рівняння траєкторії не залежить від того за яким законом, швидко або повільно, ми рухали колесо. Крива, вздовж якої рухається точка ободу колеса, називається циклоїдою.

Тепер розглянемо закон додавання швидкостей для руху точки на ободі колеса з координатами $(x; y)$. Оскільки колесо рухається без проковзування і має швидкість V , швидкості точок ободу відносно системи відліку, що рухається разом із колесом, також дорівнюють V і спрямовані по дотичних до ободу.

Запишемо закон додавання швидкостей $\vec{v}_{\text{абс}} = \vec{v}_{\text{від}} + \vec{v}_{\text{пер}}$ у проекціях на координатні осі (див. рис.) і поділімо вертикальну складову швидкості на горизонтальну:

$$\begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} = V - V \cos \varphi, \\ v_y = \frac{dy}{dt} = V \sin \varphi. \end{cases} \Rightarrow \frac{dy}{dx} = \frac{\sin \varphi}{1 - \cos \varphi}.$$

Піднесімо отриманий вираз до квадрата, щоб порівняти його з (5).

$$\begin{aligned} \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 &= \frac{\sin^2 \varphi}{(1 - \cos \varphi)^2} = \\ &= \frac{1 + \cos \varphi}{1 - \cos \varphi} = \frac{2}{1 - \cos \varphi} - 1 = \\ &= \frac{2R}{y} - 1 = \frac{y_{\text{max}}}{y} - 1 \end{aligned}$$

де ми скористалися тим, що

$$y = R - R \cos \varphi \quad \text{і} \quad y_{\text{max}} = 2R \quad y_{\text{max}} = 2R.$$

Як бачимо, рівняння мають однаковий вигляд, отже їхні розв'язки також співпадатимуть.

Отже, для знаходження залежності від часу відстані між галактиками, або закону руху тіла, кинутого вертикально догори, слід скористатися відомим розв'язком (6), а саме зробити в ньому обернену до (4) заміну, підставивши



$$y = r, \quad x = \sqrt{\frac{2|E|}{m}} t;$$

$$\begin{cases} t = t_0 + \sqrt{\frac{m}{2|E|}} \frac{r_{\max}}{2} (\varphi - \sin \varphi), \\ r = \frac{r_{\max}}{2} (1 - \cos \varphi). \end{cases} \quad (7)$$

Розв'язок (7) переходить у відповідний розв'язок Фрідмана загальної теорії відносності, якщо зробити формальну заміну $|E| = mc^2/2$ позначити як $a = r_{\max}/2$ і для зручності припустити, що $t_0 = 0$ (у момент народження Всесвіту всі відстані дорівнювали 0 – так званий момент Великого вибуху):

$$\begin{cases} ct = a(\varphi - \sin \varphi), \\ r = a(1 - \cos \varphi). \end{cases} \quad (8)$$

Для ілюстрації використання отриманої залежності у приземленіших питаннях розв'яжемо декілька олімпіадних задач.

Задача 1.

З полюсу Землі тіло кинули вертикально догори з першою космічною швидкістю. За який час тіло впаде на Землю? Опором повітря знехтуйте.

Позначмо через t_1 початковий момент часу, коли тіло кинули догори, а через t_2 – кінцевий момент часу, момент падіння. Тоді час польоту тіла $t_2 - t_1$ знайдемо з першого рівняння системи (7):

$$\begin{aligned} t_2 - t_1 &= \\ &= \sqrt{\frac{m}{2|E|}} \frac{r_{\max}}{2} (\varphi_2 - \varphi_1 - (\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1)). \end{aligned} \quad (9)$$

Для знаходження невідомих параметрів φ_1 і φ_2 скористаємось другим рівнянням системи (7), за яким:

$$r_1 = \frac{r_{\max}}{2} (1 - \cos \varphi_1), \quad r_2 = \frac{r_{\max}}{2} (1 - \cos \varphi_2). \quad (10)$$

Отже, рівняння (9) і (10) повністю визначають час радіального руху тіла від точки r_1 до точки r_2 .

Енергію E знаходимо з початкових умов:

$$E = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{GmM}{r_1},$$

а r_{\max} – із закону збереження енергії:

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{GmM}{r_1} = -\frac{GmM}{r_{\max}}.$$

Для нашого випадку початкова швидкість дорівнює першій космічній:

$$v_1 = v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}},$$

а енергія дорівнюватиме:

$$|E| = \frac{GmM}{2R} = \frac{GmM}{r_{\max}}.$$

Отже, $r_{\max} = 2R$ і, враховуючи те, що початкова і кінцева відстані дорівнюють радіусу Землі $r_1 = r_2 = R$, знаходимо з (10) два послідовні значення параметра:

$$\varphi_1 = \pi/2 \quad \text{і} \quad \varphi_2 = 3\pi/2.$$

З рівняння (9) отримуємо час руху:

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{\frac{m}{2|E|}} \frac{r_{\max}}{2} (\pi + 2) = \\ &= \sqrt{\frac{R}{GM}} R (\pi + 2) = (\pi + 2) \frac{R}{v_1} = \\ &= \frac{\pi + 2}{2\pi} T_1 \end{aligned}$$

Отже, час руху тіла у $\frac{\pi + 2}{2\pi} \approx 0,818$ разів відрізняється від періоду T_1 обертання супутника, що рухається з першою космічною швидкістю.



Задача 2.

Унаслідок гравітаційної нестійкості пилоподібна хмара густиною 10^{-16} кг/м³ починає стискатися. Оцініть час, за який всередині хмари утвориться протозоряний згусток. Форму хмари можна вважати сферичною.

Знайдімо час, за який частинки хмари досягнуть її центру. При цьому потенціальна енергія окремої частинки перейде у кінетичну, а остання внаслідок зіткнень – у теплову. У центрі утвориться гарячий згусток матерії, який за певних умов можна вважати протозорею.

Розгляньмо будь-яку пилинку хмари. Спочатку частинка перебуває на максимальній відстані від центра $r_1 = r_{\max}$, і з (10) знаходимо, що $\varphi_1 = \pi$.

Швидкість частинки та її кінетична енергія дорівнюють нулеві, отже, повна енергія E дорівнює початковій потенціальній:

$$E = -GmM/r_{\max},$$

де m – маса частинки; $M = \frac{4}{3}\pi r_{\max}^3 \rho$ – маса сферичної частини хмари радіусом r_{\max} .

Наприкінці руху частинка наближається до центра.

Отже, можна вважати, що $r_2 = 0$ і $\varphi_2 = 2\pi$ (див. (10)).

Тоді час руху

$$\begin{aligned} t &= \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{2|E|}} r_{\max} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{r_{\max}^3}{2GM}} = \\ &= \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{3}{8\pi G\rho}} \approx 6,6 \cdot 10^{12} \text{ с.} \end{aligned}$$

Знадобиться понад 200000 років, щоб після початку стискання з пилоподібної хмари густиною 10^{-16} кг/м³ утворилася протозоря.

Як бачимо, досить складні задачі розв'язуються не дуже складно.

А тепер спробуйте самостійно розв'язати просту задачу, але знову ж таки за допомогою рівнянь (9) і (10).

Якщо вам це вдасться, вважайте себе на правильній дорозі опанування складними питаннями, що потребують вільного володіння і фізикою, і математикою. І, що головне, ви зуміли відшукати приховану стежку від параметричного рівняння циклоїди до відомих із шкільного підручника формул рівноприскіреного руху.

Задача 3.

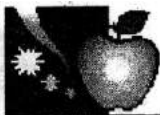
З поверхні Землі тіло кинули вертикально вгору з малою швидкістю v_0 . Знайдіть максимальну висоту h підйому тіла над земною поверхнею і відповідний час руху тіла. Опором повітря знехтуйте.

Підсумовуючи, зазначимо, що аналогія з циклоїдою не закінчується розглянутими питаннями. Уздовж циклоїди, може рухатись заряджена частинка у магнетному та електричному, або у магнетному та гравітаційному полях. Уздовж перевернутої циклоїди має рухатись маятник, період коливань якого не залежить від амплітуди.

Це вперше довів Х. Гюйгенс. Він сконструював маятник, період коливань якого на відміну від періоду плоских коливань математичного або фізичного маятника не збільшувався зі збільшенням кута відхилення від рівноваги, а залишався сталим. Це було зручно під час морських подорожей і хитавиці.

Такі маятники не встигли набути значного поширення, оскільки їх витиснили зручніші пружинні годинники (механізм яких, до речі, також запропонував Гюйгенс).

У 1696 році була опублікована найвідоміша задача Бернуллі про брахістохрону (від грец. βράχιστος – найкоротший і χρόνος – час) як



виклик усім освіченим людям того часу. Треба було знайти лінію, вздовж якої тіло в однорідному полі тяжіння спускається з однієї точки в іншу за мінімальний час. З'ясувалося, що це знову ж таки перевернута циклоїда.

Нобелівську премію з фізики 2011 року отримали Сол Перлматтер, Браян Шмідт і Адам Рісс за відкриття пришвидшеного розширення Всесвіту.

Власне відкриття було зроблено ще 1998 року і приголомшило самих першовідкривачів.

Пройшов час, все підтвердилось.

З'ясувалося, що швидкість віддалення галактик не зменшується з часом, як усі до цього вважали, а збільшується. У Всесвіті існують глобальні процеси відштовхування, щось на зразок антигравітації. За сучасним уявленням за це відповідає космологічна стала, яку колись запропонував Альберт Айнштайн з метою побудови статичної моделі Всесвіту.

Коли з'ясувалось, що Всесвіт не статичний, про космологічну сталу забули, а якщо і згадували, то переважно в історичному контексті.

Та після 1998 року все змінилось. Того ж року з'явився новий термін, пов'язаний з космологічною сталою: "темна енергія", про природу якої точаться суперечки й досі. Саме її вплив руйнує доволі просту залежність між відстанню та часом, мов би розриває отриману циклоїду і повертає її спадну гілку догори, спрямовуючи до показникової залежності.

Але й тут можна знайти класичну аналогію. Якщо згадати закон Гука, за яким сила збільшується пропорційно видовженню, і замінити в ньому видовження на відстань до галактики, а також змінити напрям сили на протилежний, отримаємо фізичні умови для реалістичної моделі розширення Всесвіту в межах класичної механіки. Оскільки сила відштовхування збільшується з відстанню, на невели-

ких масштабах її можна не враховувати, вона не призводить до розширення міжатомних зв'язків, Сонячної системи, або навіть нашої Галактики. Але на відстанях міжгалактичних скупчень ця сила починає себе виявляти і що більша відстань, або пізніший момент часу в еволюції Всесвіту, то її вплив більшає. Залежність відстані від часу, до якої при цьому прямує Всесвіт, ми обговорювали у попередній статті "Додавання швидкостей і розширення Всесвіту"².

Як бачимо, закон додавання швидкостей допомагає і "вгадувати" космологічні закономірності, і знаходити розв'язки диференціальних рівнянь, уникаючи інтегрування.

У наступній статті ми знайдемо зв'язок між законом додавання швидкостей і законами збереження, а також поняттями температури та броунівського руху.

Додамо нарешті, що будь-яка аналогія має обмеження, особливо, коли ми порівнюємо погляди класичної фізики і теорії відносності або квантової механіки.

Так аналогія між космологічною сталою і силою відштовхування на зразок обернено спрямованої сили Гука викликає в уяві велетенські сили невідомого походження, які діють на галактики, надаючи їм пришвидшення. Ці сили мають бути пропорційними масам, щоб пришвидшення розташованих поряд тіл було однаковим.

З погляду ж загальної теорії відносності ми вкотре маємо справу з розширенням простору, що природно пояснює однакоє пришвидшення різних тіл. Тому не слід обмежувати своє розуміння найпростішими моделями. Треба вивчати сучасні теорії, інтерпретувати їхні математичні засади і максимально наближувати свої уявлення до істинної природи фізичних явищ.

²Статтю Олега Орлянського "Додавання швидкостей і розширення Всесвіту" читайте в журналі "Світ фізики", 2010. № 1. – С. 30–35 (ред.).



НАЙВИДАТНІША ЖІНКА В НАУЦІ.

РІК МАРІЇ СКЛОДОВСЬКОЇ-КЮРІ¹

Галина Шопа,

Львівський національний університет
імені Івана Франка

*“Людина ніколи не оглядається на те, що вже зроблено,
але дивиться на те, що має ще зробити”*

Марія Склодовська-Кюрі

Генеральна асамблея Організації Об'єднаних Націй на 63 сесії за ініціативи Міжнародного союзу теоретичної і прикладної хемії та підтримки ЮНЕСКО, відзначаючи, що розуміння людиною матеріальної сутності світу засноване, зокрема, на знаннях у галузі хемії, та підкреслюючи, що поширення знань про хемію є надзвичайно важливим для розв'язання таких проблем, як зміна клімату, забезпечення надійних джерел води, продовольства та енергії, підтримання здорового стану довкілля в інтересах добробуту усіх людей, проголосила 2011 рік Міжнародним роком хемії.

Проголошення 2011 року Міжнародним роком хемії є не випадковим. 100 років тому, в листопаді 1911 року, Марію Склодовську-Кюрі нагородили Нобелівською премією з хемії “за видатні заслуги у розвитку хемії: відкриття елементів радію і полонію, виділення радію і вивчення природи і сполук цього елемента”.

Рік Марії Склодовської-Кюрі, що проходить під патронатом польського Президента Броніслава Коморовського і французького Президента Ніколя Саркозі, збігся з Міжнародним роком хемії. Програма заходів багата і різноманітна: наукові та науково-популярні конференції, публікації, вистави, концерти, конкурси, організовані у Польщі та Франції. Завершаються заходи у Варшаві в Королівському замку.

¹Про Марію Склодовську-Кюрі читайте статтю “Великий подвиг у науці” у журналі “Світ фізики”, 1997. – № 2. – С. 21–24 (ред.).

Сейм Польщі прийняв ухвалу оголосити 2011 рік – роком Марії Склодовської-Кюрі.

У Сорбонні 29 січня 2011 року відбулося офіційне відкриття з нагоди 100-річчя отримання М. Склодовською-Кюрі Нобелівської премії з хемії за участю офіційних представників і наукової громадськості Франції та Польщі.

Дружина Президента Польщі Анна Коморовська у привітанні зазначила, що “це спільний захід Польщі і Франції, оскільки велика польська вчена знайшла у Франції другу свою Батьківщину. Тут здобула освіту, створила родину і тут також зробила свої історичні відкриття, які принесли їй славу і зробили насправді іконою науки”.

Міністр культури Франції Фредерік Міттеран сказав: “Марія Склодовська-Кюрі єдина з видатних жінок входить до когорти найвидатніших французів ХХ сторіччя”.

Учасники церемонії поклали квіти на могилу Марії та П'єра Кюрі у Пантеоні, куди на клопотання учених 1995 року було перенесено прах подружжя Кюрі з родинного гробівця під Парижем.

Марія Склодовська-Кюрі – єдина жінка, яка двічі отримала Нобелівську премію, а також єдиний науковець в історії, відзначений цією нагородою у двох різних галузях природничих наук. Журнал “New Scientist” 2009 року визнав Марію Склодовську-Кюрі найвидатнішою жінкою-науковцем усіх часів.

Вона 1995 року стала першою жінкою, похованою серед найвідоміших французів під



куполом Пантеону Парижа, поряд із її чоловіком, П'єром Кюрі.

Одиницю виміру радіоактивності – кюрі ("Ки") – названо на честь подружжя Кюрі, як і елемент з атомним номером 96 – Кюрій.

Три радіоактивні мінерали названо на честь Кюрі: кюрит (curite), склодовськіт (sklodowskite) і купросклодовськіт (cuprosklodowskite).

Портрет М. Склодовської-Кюрі було зображено на польській грошовій банкноті номіналом 20 000 злотих наприкінці 1980-х років. Її портрет зображували на поштових марках і монетах, а також на останніх французьких банкнотах (500 франків) незадовго до заміни франка на євро.

Національний банк Польщі 2011 року випустив в обіг пам'ятну банкноту номіналом 20 злотих, присвячену 100-річчю Нобелівської премії з хемії, якою була нагороджена Марія Склодовська-Кюрі.



Зображення Марії Склодовської-Кюрі на старих польських банкнотах

Розміри банкноти – 138x69 мм, переважаючі кольори – коричневий і зелений. На лицьовому боці банкноти зображено Марію Склодовську-Кюрі, на другому плані – будинок Сорбонни в Парижі, герб Польщі та символ радію, який вона відкрила. На зворотному боці банкноти зображено будівлю Радієвого інституту у Варшаві та медаль Нобелівської премії з хемії.

У січні 2011 року в Нобелівському музеї в Стокгольмі відкрили виставку "Марія Кюрі", аби нагадати шведам, якою видатною була польська нобелянтка. Організатори виставки хо-



тіли показати видатні досягнення жінки, яка творила у науковому світі, де домінували чоловіки.

У Лондоні у Вестмістерському університеті зорганізовано фестиваль, присвячений 100-річчю від часу отримання Нобелівської премії з хемії Марії Склодовської-Кюрі, щоб показати учену як польку, сестру, матір, жінку, що любила мистецтво, театр, природу і поезію. У колекції виставки були експонати з музеїв і приватних колекцій.

У межах фестивалю заплановано показати фільм "Марія" про життя, навчання та наукові досягнення великого вченого, який було знято ще 1998 року. Фільм показали у 21-й країні світу, однак у Великій Британії вперше.

Ім'я видатного ученого носять різні наукові та навчальні заклади світу, зокрема в Польщі: Університет Марії Склодовської-Кюрі в Любліні; Інститут імені Марії Склодовської-Кюрі у Варшаві.

Франції: Університет імені П'єра і Марії Кюрі – найбільший науково-технічний та медичний університет у Франції (це був Інститут природничих наук Паризького університету, де вона викладала, а нині його названо на честь подружжя Кюрі); Інститут Кюрі та Музей Кюрі в Парижі.

Станцію "П'єра Кюрі" Паризького метро 2007 року перейменовано на станцію "П'єра та Марі Кюрі".

Одну з вулиць Дніпропетровська названо ім'ям Марії Кюрі. У Станіславові (нині Івано-Франківськ) до 1935 року була вулиця Марії Склодовської-Кюрі.



У науковій бібліотеці Національного університету “Львівська політехніка” підготували віртуальну виставку, присвячену пам’яті вченої.

Найважливіші дати життя і наукових досягнень Марії Склодовської-Кюрі

7 листопада 1867 року – у Варшаві, в родині Броніслави Богушки і Владислава Склодовського народилася п’ята дитина – донька Марія, що стала найвідомішою жінкою-науковцем, авторкою піонерських праць з фізики і хемії, двічі лавреаткою Нобелівської премії, першою жінкою-професором Сорбонни.

1883 року – із золотою медаллю закінчила жіночу гімназію у Варшаві.

1886–1889 роках – працювала гувернанткою.

1889–1891 роках – стала слухачкою таємного Університету у Варшаві, розпочала дослідження у Музеї промисловості і сільського господарства.

1891 року – виїхала до Парижа, розпочала навчання у Сорбонні.

1895 року – одружилася із французьким фізиком П’єром Кюрі.

1896 року – розпочала дослідження солі урану.

1897 року – народилася донька Ірена, згодом Жоліо-Кюрі, лавреат Нобелівської премії з хемії (1935).

1898 року – після кількарічних досліджень разом із чоловіком відкрили полоній і радій.

1903 року – отримала ступінь доктора наук у Сорбонні, разом із Анрі Беккерелем і П’єром Кюрі отримала Нобелівську премію з фізики “за відкриття спонтанної радіоактивності та дослідження явища радіоактивності, яке відкрив професор А. Беккерель”.

1904 року – народилася друга донька Ева.

1906 року – загинув чоловік П’єр Кюрі під колесами кінного екіпажу.

1911 року – стала лавреатом Нобелівської премії з хемії “за видатні заслуги у розвитку хемії: відкриття елементів радію і полонію, виділення радію і вивчення природи і сполук цього елемента”.

1912 року – зініціювала створення Інституту радіоактивності у Парижі.

1912 року – отримала титул Почесного доктора Львівської політехнічної школи (нині Національний університет “Львівська політехніка”).

1913 року – відкрила у Варшаві лабораторію радіоактивності Варшавського наукового товариства, де стала його почесним директором.

1914 року – отримала титул Почесного доктора Львівського університету (нині Львівський національний університет імені Івана Франка).

1926 року – отримала титул Почесного доктора Варшавської політехніки.

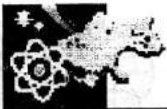
1932 року – під час свого останнього візиту до Варшави за участі Президента Польщі було відкрито Інститут радіоактивності, який було створено за її ініціативи.

4 липня 1934 року – померла у французькій лікарні, була похована біля чоловіка в його родинному гробівці під Парижем.

1967 року – в будинку номер 16 на вул. Фрета у Варшаві, де народилася учена, було створено музей Марії Склодовської-Кюрі, яким опікується Польське хемічне товариство, співзасновником та почесним членом якого вона була.

1995 року – прах Марії і П’єра Кюрі було перенесено до паризького Пантеону.

2000 року – у Варшаві побудовано Центр онкології в Інституті Марії Склодовської-Кюрі, де проводять наукові дослідження і лікують хворих.



З КОГОРТИ ПЛУГАТАРІВ¹

Василь Стадник,
професор Львівського національного університету
імені Івана Франка

*На шляху Поступу
ми лиш каменярі.
Іван Франко*

У серпні 2011 року виповнилося 80 років Миколі Олексійовичу Романюку, відомому українському фізику, заслуженому професору Львівського національного університету імені Івана Франка.

М. Романюк народився 28 серпня 1931 року в селі Качанівці Підволочиського району Тернопільської області, українець. Його батьки, Текля та Олекса, були працьовитими хліборобами. За словами Миколи Олексійовича, їх шанували в селі, мали добру опінію, яка підтримує його з братом, є їхнім багатством, орієнтиром, опорою та неписаним заповітом. Він вдячний їм за любов, витримку, піклування про дітей та онуків до самозречення, за розуміння, постійну допомогу та всяку підтримку. Таке їхнє ставлення до синів та онуків дає йому змогу, приємність і обов'язок щорічно тривалий час бувати на своїй Малій Батьківщині.

Навчатися М. Романюк розпочав у Качанівській семирічній школі, де тоді викладання велось польською мовою, тому з вересня 1939 року почав навчання з першого класу українською мовою. У воєнні та й суміжні роки навчання не завжди було повноцінним, неперервним, воно відбувалось за жорстких політичних, ідеологічних, економічних та адміністративних умов, які формували життєву позицію, зокрема й потяг до знань, як основу поступу і як багатство, якого "вода не забере, не візьме розбійник, вогонь не спалить".

*До 80-річчя від дня народження
професора Миколи Романюка*

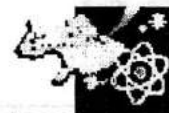


Середню освіту Микола Олексійович здобув 1949 року у Підволочиській середній школі, якій вдячний за високий рівень викладання усіх предметів, зокрема, української мови, хемії, математики та фізики.

М. Романюк 1949 року вступив на фізичне відділення фізико-математичного факультету Львівського державного університету імені Івана Франка, і 1954 року закінчив фізичний факультет цього ж університету по кафедрі експериментальної фізики за спеціальністю "Фізична оптика і спектроскопія". Навчався у відомих професорів: В. Міліянчука, М. Зарицького, А. Глаубермана, С. Каплана. У тодішніх студентів відчувався особливий потяг до знань, панувала атмосфера поваги до фахівців, інтелектуалів, інтелігентів.

М. Романюк 1955 року одружився. Дружина Олександра Олександрівна (з родини Гулеюків, що походила з села Красноїля Івано-Франківської області) закінчила геологічний факультет Львівського університету. Вони мають сина і доньку, які закінчили фізичний факультет Львівського університету, та трое онуків-студентів.

¹ Докладніше читайте у книжці В. Стадник, В. Курляк "З когорти плугатарів". – Львів: Євросвіт, 2011. – 116 с. (ред.)



Трудова діяльність Миколи Олексійовича пов'язана із Львівським університетом імені Івана Франка: асистент (1954), доцент (1963), професор кафедри експериментальної фізики (1985).

Наукова робота пов'язана з дослідженням оптичних властивостей номінально чистих й опромінених кристалів сегнетової солі та групи тригліцинсульфату, чистих і змішаних кристалів групи A_2BX_4 : двійникова будова, спектральна рефрактометрія, електронна спектроскопія, спонтанні та індуковані параметричні ефекти, кристалооптична метрологія.

Будучи аспірантом фізичного факультету Львівського університету (1957–1960), експериментальну частину дисертаційної роботи “Дослідження електричної та п'єзоелектричної поляризації кристалів сегнетової солі за спостереженнями доменної структури” виконував під керівництвом відомого вченого в галузі симетрії та фізики сегнетоелектриків проф. І. Жолудева і захистив в Інституті кристалографії АН СРСР (Москва, 1962 р.).

Отримані експериментальні результати не втратили актуальності й нині, вони значною мірою є модельними під час дослідження спонтанних та індукованих параметричних ефектів у фероїках. Використання фотографічного методу реєстрації доменної структури кристалів сегнетової солі та її змін під впливом електричного поля й механічних напруг, спряжених зі спонтанною поляризацією та деформацією зразків, дало змогу отримати одні з перших (1959) даних про геометрію доменів, місця їхнього зародження, особливості росту та закономірності релаксації двійників.

Закінчивши аспірантуру, Микола Олексійович багато працював над організацією лабораторій кристалооптики та вакуумного ультрафіолету на кафедрі експериментальної фізики.

На їхній базі виконав докторську дисертацію, тут розгортаються рефрактометричні дослідження сегнетоелектриків, розробляють-

ся методики дослідження спектрів відбивання в ділянці спектра до 25 еВ за різних кутів падіння, що дало змогу отримати частково поляризовані спектри у ВУФ.

Докторську дисертацію “Оптика фазових переходів у кристалах сегнетової солі і тригліцинсульфату” захистив у Ростовському університеті (1984). У роботі встановлено вияви електронної підсистеми під час фазових переходів другого роду та її роль у таких переходах.

Використання фотографічного та імерсійного методів Обреїмова для вимірювання показників заломлення дало змогу розширити досліджувані ділянки спектра й температур, що створило підґрунтя для спектральної рефрактометрії діелектричних фероїків, серед них матеріалів з низькотемпературними фазовими переходами, та дало змогу наблизитись до смуг фундаментального поглинання.

Уперше показано високу чутливість оптичних властивостей фероїків з органічною підґраткою до жорсткої радіації, знайдено відповідні смуги поглинання в ультрафіолеті. На підставі експерименту пов'язано їх з певними елементами радіаційної деструкції ґратки та з відповідними змінами діелектричних властивостей опромінених зразків. Виявлено подібні зміни оптичних і діелектричних властивостей досліджуваних кристалів під впливом ультрафіолетового випромінювання.

На двовісних кристалах виявлено та досліджено інверсію знака двопронезаломлення, встановлено її температурно-спектральні діаграми, що охоплюють ділянки температур від 4,2 до 1000 К. На цій підставі запропоновано новий метод визначення температури, створення реперних температурних точок, їхнє зберігання та передача.

Виявлено аномалії п'єзооптичних коефіцієнтів під час фазових переходів, які не були передбачені наявними теоріями. Їх пояснено баричними зміщеннями температур фазових, згодом загально визнано.



Ці роботи відкрили нову сферу застосування діелектричних кристалів, розширили можливості лазерної метрології в загалом важкій галузі термометрії, а спектральну рефрактометрію перетворили з ділянки, що давала окремі числа, у напрям широких температурно-спектральних досліджень матеріалів і відповідних фізичних процесів.

На базі згаданих лабораторій працювала активна група молодих дослідників, чотирнадцять з яких захистили кандидатські і три – докторські дисертації. Микола Романюк був науковим керівником або консультантом. Лабораторія послужила базою для виконання й інших дисертаційних робіт. Учений вважає, що з цим колективом, як і з колективом кафебри загалом, працювалось добре. Професор Романюк має понад 400 публікацій, поміж ними понад 20 авторських свідоцтв на винаходи, понад 15 методичних праць, серед них і посібники “Кристаллооптика” та “Акустооптика”, готується до друку посібник “Практикум з кристаллооптики і кристаллофізики” та у співавторстві – підручник “Оптика”.

Поряд з науково-педагогічною роботою виконував низку обов’язків, пов’язаних з роботою факультету, а частково й університету. Працював заступником декана і деканом фізичного факультету (1964–1974) у період його швидкого росту, організації нових кафебр і лабораторій, освоєння нових спеціалізацій і тематик, будівництва та освоєння нових корпусів.

М. Романюк працював заступником відповідального секретаря та відповідальним секретарем приймальної комісії Університету

(1967–1969), головою місцевого комітету профспілки викладачів та працівників університету (1977–1980).

Тривалий час працює у спеціалізованій раді із захисту докторських дисертацій (голова, вчений секретар, заступник голови, член Ради), член редколегій “Журналу фізичних досліджень” та “Вісника ЛДУ, серія фізична”.

Микола Романюк був головою ревізійної комісії Українського оптичного товариства, є членом НТШ, членом Українського фізичного товариства.

Чотири каденції професор завідував кафедрою експериментальної фізики (1977–1996). За цей час на кафедрі викристалізувались та зміцніли напрями досліджень люмінесценції, спектроскопії нелінійних кристалів та спектральної рефрактометрії фероїків, захищено сім докторських та десятки кандидатських дисертацій, зареєстровано відкриття “Явище електрогірації у кристалах”.

З кафедри експериментальної фізики тоді виділилась кафедра нелінійної оптики, створено філіал кафедри на ВО “Полярон”, забезпечено навчальний процес за двома оптичними спеціальностями тощо. Кафедра брала участь в організації роботи Інституту фізичної оптики МОН України, який виділився з Університету на початку 1990-х років.

Нині Микола Романюк працює професором кафедри експериментальної фізики, 2001 року йому присвоєно звання Заслуженого професора Львівського національного університету імені Івана Франка, 2011 року – Заслуженого діяча науки і техніки України.

*Щиро вітаємо заслуженого професора
МИКОЛУ ОЛЕКСІЙОВИЧА РОМАНЮКА
з 80-річчям від дня народження.*

*Бажаємо йому міцного здоров’я, творчого натхнення
на благо української науки.*

*Редколегія журналу
“Світ фізики”*



НОБЕЛІВСЬКІ ПРЕМІЇ З ФІЗИКИ ЗА ВІДКРИТТЯ В АСТРОНОМІЇ

*Велика привабливість процесу пізнання полягає в тому,
що роблячи свій невеликий внесок у пізнання,
ми водночас продовжуємо навчатись
та одержувати від цього задоволення.*

Вільям Фаулер,

Нобелівський лауреат з фізики 1983 р.

1936

Віктора Гесса (Victor Hess, 1883–1964) нагородили Нобелівською премією з фізики “за відкриття космічних променів”.

1954

Вальтера Боте (Walther Bothe, 1891–1957) нагородили Нобелівською премією з фізики “за створення методу збігів для аналізу космічної радіації”.

1967

Ганса Бете (Hans Bethe, 1906–2005) нагородили Нобелівською премією з фізики “за внесок у теорію ядерних реакцій, особливо за відкриття, які стосуються джерел енергії зір”.

1970

Ганнеса Альфвена (Hannes Alfvén, 1908–1995) нагородили Нобелівською премією з фізики “за фундаментальні праці та відкриття в магнетній гідродинаміці та їхнє застосування у різних галузях фізики плазми”.

1974

Мартіна Райла (Martin Ryle, 1918–1984) нагородили Нобелівською премією з фізики “за піонерські праці в галузі астрономії, особливо за праці з апертурного аналізу”.

Ентоні Г'ювіша (Antony Hewish, 1924 р. н.) “за новаторські дослідження в радіоастрофізиці, за відкриття пульсарів”.

1978

Арно Пензіаса (Arno Penzias, 1933 р. н.) та **Роберта Вільсона** (Robert Wilson, 1936 р. н.) нагородили Нобелівською премією з фізики “за відкриття мікрохвильового реліктового випромінювання”.

1983

Вільяма Фаулера (William Fowler, 1911–1995) нагородили Нобелівською премією з фізики “за теоретичне та експериментальне дослідження ядерних реакцій, які мали важливе значення для пояснення виникнення хемічних елементів Всесвіту”.

Субраманьяна Чандрасекара (Subramanyan Chandrasekhar, 1910–1995) нагородили Нобелівською премією з фізики “за теоретичне дослідження фізичних процесів, які важливі в зародженні та еволюції зір”.

1993

Рассела Галса (Russell Hulse, 1950 р. н.) та **Джозефа Тейлора** (Joseph Taylor, 1941 р. н.) нагородили Нобелівською премією з фізики “за відкриття нового типу пульсарів і нових можливостей вивчення гравітації”.



2002

Раймонда Девіса (Raymond Davis, 1914–2006), **Масатосі Кошибу** (Masatoshi Koshiba, 1926 р. н.) нагородили Нобелівською премією з фізики “за дослідження в галузі астрофізики, а саме за виявлення космічних нейтрино”.

Ракардо Джакконі (Raccardo Giacconi, 1931 р. н.) “за дослідження в галузі астрофізики, які привели до відкриття космічних джерел рентгенівського випромінювання”.

Галина Шопа,

Львівський національний університет
імені Івана Франка

2006

Джона Мазера (John Mather, 1946 р. н.) та **Джорджа Смута** (George Smoot, 1945 р. н.) нагородили Нобелівською премією з фізики “за відкриття анізотропії і чорнотільної структури енергетичного спектра космічного фонового випромінювання”.

2011

Сауля Перлмуттера (Saul Perlmutter, 1959 р. н.), **Брайяна Шмідта** (Brian Schmidt, 1967 р. н.) та **Адама Рісса** (Adam Riess, 1969 р. н.), нагородили Нобелівською премією з фізики “за відкриття пришвидшення розширення Всесвіту”.

НОБЕЛІВСЬКА ПРЕМІЯ З ФІЗИКИ ЗА 2011 РІК

Нобелівський комітет нагородив Нобелівською премією з фізики 2011 року за відкриття пришвидшення розширення Всесвіту шляхом спостереження далеких наднових трьох американців: Сола Перлмуттера (половиною), Брайяна Шмідта та Адама Рісса (розділили другу половину премії).

Вивчаючи випромінювання наднової зорі типу Ia, науковці 1998 року встановили, що Всесвіт розширюється з пришвидшенням. Вони виявили, що хоча ця зоря за своєю масою така ж, як і Сонце, а її розміри небагато перевищують Землю, та при цьому вона випромінює таку кількість світла, якого б вистачило, щоб освітити всю галактику.

Сол Перлмуттер (Saul Perlmutter) народився 1959 року в Шампейн-Ербані (штат Іллінойс, США). Він 1981 року закінчив Гарвардський університет, 1986 року захистив дисертацію в Каліфорнійському університеті в Берклі.

Нині професор Перлмуттер працює у Національній лабораторії Лоренса у Берклі.

Брайан Шмідт (Brian P. Schmidt) (австралієць, має також американське громадянство) народився 1967 року в Мізулі (штат Монтана,

США). Незабаром сім'я переїхала до Аляски. Там, в Анкоріджі, Брайан 1985 року закінчив школу, далі продовжив навчання в Арізонському університеті, який закінчив 1989 року, за чотири роки захистив дисертацію у Гарвардському університеті. Він 1993–1994 роках працював у Гарвард-Смітсоновському центрі астрофізики.

Б. Шмідт 1995 року переїхав до Австралії, в обсерваторію Маунт-Стромло поблизу Канберри, де працює й досі. Він – професор Австралійського національного університету і керівник міжнародного космологічного проекту з виявлення та вивчення далеких найновіших типу Ia.

Адам Рісс (Adam G. Riess) народився 1969 року у Вашингтоні (округ Колумбія, США). Він 1992 року закінчив Массачусетський технологічний інститут, 1996 року захистив дисертацію в Гарвардському університеті.

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

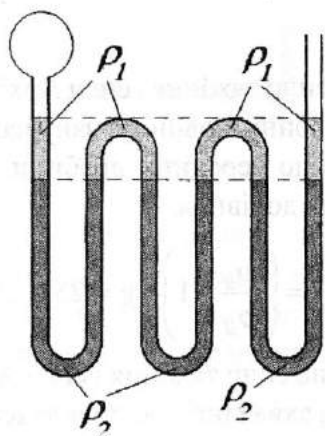
РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ ІV ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ

Умови задач ІV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики за 2011 р. за 8–11 класи
читайте в журналі "Світ фізики", 2011. – № 2. – С. 20–24.

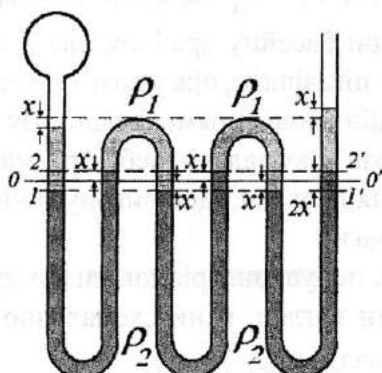
8 клас

Задача 1.

Початковий рівень поділу рідин 0-0'. Після підвищення тиску Δp над лівою поверхнею, встановиться положення рівнів рідини, що зображено на малюнку.



Мал. 1. До підвищення тисків



Мал. 2. Після підвищення тисків

Розгляньмо тиск на рівні 1-1'.

Тиск стовпчика першої рідини в крайньому лівому та крайньому правому колінах врівноважують один одного. Також не впливають на рівновагу частини першої рідини над рівнем 2-2' у середніх колінах.

Рівновагу рідини, що залишилася, можна описати рівністю тисків, які штовхають вправо та вліво, відповідно:

$$\Delta p + 4\rho_1 g \Delta x = 6\rho_2 g \Delta x.$$

Звідси:

$$\Delta x = \frac{\Delta p}{g(6\rho_2 - 4\rho_1)}.$$

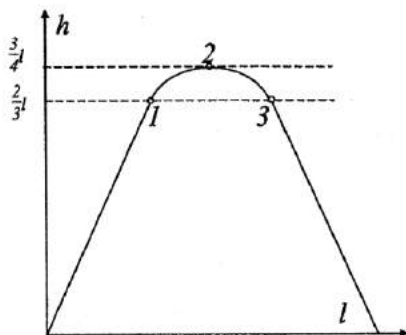
Задача 2.

Як відомо, частина лінзи дає таке саме зображення, як і вся лінза. Тому через кожну незакриту частину лінзи утворюватиметься те саме зображення. Але частини, які закриті темними смужками, не дають зображення взагалі. Тому зображення через прозору частину лінзи буде таке саме, але менш яскраве.

Задача 3.

Поки жук розтягає одну нитку, розтягнена довжина нитки завжди є вдвічі більша, ніж її довжина. Тому жук доповзе до 1/3 всієї нитки, розтягаючи лише одну частину нитки, та опиниться на відстані 2l/3 від стелі (точка 1 та симетрична їй точка 3). Між точкою 1 та

точкою 3 жук розтягає дві нитки. Коли жук знаходиться посередині, він однаково розтягує дві нитки. Кожна нитка має довжину $l/2$ і розтягується на $l/4$, це відповідає опусканню жука на $3l/4$ (точка 2).



Особливою є частина графіка між точкою 1 та точкою 3. Щоб визначити вигляд цієї частини графіка, запишемо такі рівняння:

$$mg = F_1 + F_2 = \alpha \frac{\Delta l_1}{l_1} + \alpha \frac{\Delta l_2}{l_2},$$

де l_1 та l_2 – довжина частин нитки справа та зліва у нерозтягнутому стані; Δl_1 та Δl_2 – відповідний приріст їхньої довжини.

Зрозуміло також, що загальна довжина нитки буде:

$$l = l_1 + l_2.$$

А відстань від стелі однакова для лівої та правої частини нитки:

$$h = l_1 + \Delta l_1 = l_2 + \Delta l_2.$$

За умовою задачі $mg/\alpha = 1$, оскільки під дією жука нитка розтягується вдвічі.

Тоді маємо:

$$\frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l_2}{l - l_1} = 1,$$

$$l_1 + \Delta l_1 = l - l_1 + \Delta l_2$$

Звідси,

$$\Delta l_1 = \frac{l_1}{l} (2l - 3l_1).$$

Відстань від стелі змінюється за законом:

$$h = l_1 + \Delta l_1 = l_1 + \frac{l_1}{l} (2l - 3l_1) = 3l_1 \left(1 - \frac{l_1}{l} \right).$$

Ця залежність добре узгоджується з описаними вище частинними випадками:

точка 1:

$$l_1 = \frac{l}{3}; \quad h = 3l_1 \left(1 - \frac{l_1}{l} \right) = \frac{3l}{3} \left(1 - \frac{1}{3} \right) = \frac{2l}{3};$$

точка 2:

$$l_1 = \frac{l}{2}; \quad h = 3l_1 \left(1 - \frac{l_1}{l} \right) = \frac{3l}{2} \left(1 - \frac{1}{2} \right) = \frac{3l}{4};$$

точка 3:

$$l_1 = \frac{2l}{3}; \quad h = 3l_1 \left(1 - \frac{l_1}{l} \right) = 3 \frac{2l}{3} \left(1 - \frac{2}{3} \right) = \frac{2l}{3}.$$

Задача 4.

Рівнодійна сили тяжіння і сили Архімеда, що діють на драбину, повністю занурену у воду, прикладена до середини драбини, спрямована догори і дорівнює

$$F_D = \left(\frac{\rho_B}{\rho_D} - 1 \right) mg = 25 \text{ Н}.$$

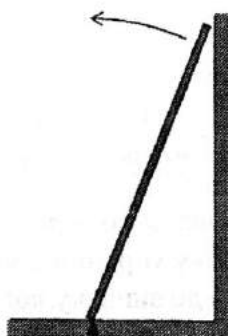
Рівнодійна сили тяжіння і сили Архімеда, що діють на аквалангіста, прикладена до його центра мас, спрямована донизу і дорівнює

$$F_A = 100 \text{ Н}.$$

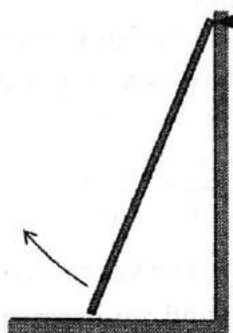
Оскільки $F_A > F_D$ аквалангіст може втримати на дні басейну драбину, але поведінка драбини є цікавішою, ніж у повітрі, коли обидві рівнодійні сили спрямовані донизу.

Для розв'язку задачі треба отримати таке положення двох тіл, щоб виконувались умови рівноваги.

Під час порушення рівноваги рух драбини може мати вигляд, який схематично зображено на мал. 1, 2.



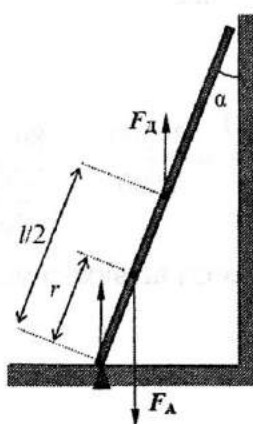
Мал. 1



Мал. 2

Розглянемо умови рівноваги, що починають порушуватись у першому випадку.

Позначмо кут, який утворює драбина з вертикаллю через α , а відстань уздовж драбини до лінії дії сили F_A через r (мал. 3).



Мал. 3

Знайдемо

$$F_A r \sin \alpha = F_D \frac{l}{2} \sin \alpha.$$

Звідси,

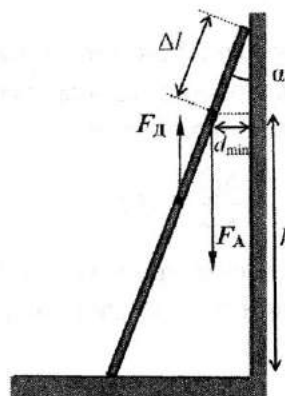
$$r = \frac{l F_D}{2 F_A} = 0,5 \text{ м.}$$

Якщо аквалангіст стоятиме ближче до краю драбини, ніж $\Delta l = 0,5 \text{ м}$, та почне разом з ним перевертатися.

Аналогічний результат отримуємо для другого випадку.

Отже, впевнено використовувати можна тільки центральну частину драбини, завдовжки 3 м, по 0,5 м рівновіддалену від країв.

Щоб піднятися якнайвище, аквалангіст має стояти на відстані $\Delta l = 0,5 \text{ м}$ від верхнього краю драбини за найменшій можливій відстані до стіни $d_{\min} = 30 \text{ см}$ (мал. 4).

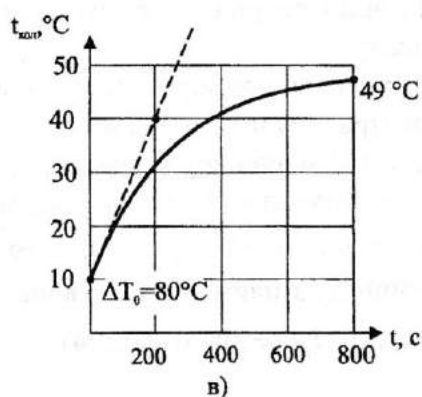
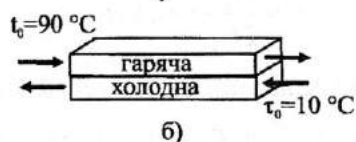
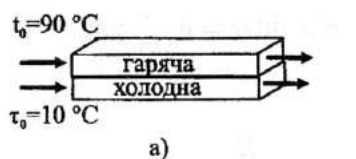


Мал. 4

$$\sin \alpha = \frac{d_{\min}}{\Delta l} = \frac{3}{5},$$

$$h = (l - \Delta l) \cos \alpha = \frac{4}{5} (l - \Delta l) = 2,8 \text{ м.}$$

Враховавши, що аквалангіст може обробити стіну на висоті 2 м відносно своїх підощ, маємо максимальну висоту відносно дна, на якій він зможе обробити стіну 4,8 м.

Задача 5.


Зазначена в умові залежність кількості переданої теплоти від різниці температур труб можна записати такою рівністю:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t c} = k \Delta t.$$

Для випадку двох труб, які приведено у контакт за малий час, можна знайти відношення

$$\frac{\Delta t}{\Delta t c} = \frac{30}{200} = \frac{3}{20}.$$

Відповідно поданій вище формулі:

$$\frac{m c \Delta t}{\Delta t_c} = k \Delta t_0,$$

де $\Delta t_0 = 80^\circ$.

Тоді

$$\frac{k}{m c} = \frac{3}{20 \cdot 80} = \frac{3}{1600}.$$

До того ж, випадок, коли дві рідини течуть в одному напрямку упродовж 800 с, є повністю аналогічним до випадку, коли труби просто знаходяться у контакті такий же час. Тому у випадку а) змінення температури холодної рідини відбудеться до 49°C , як і в першому випадку на графіку.

У випадку, коли рідини течуть у протилежних напрямках, ту ж саму залежність можна записати так:

$$\frac{\Delta t}{\Delta t_c} = \frac{k}{m c} \Delta t_0$$

за час $\Delta t_c = 800$ м відбувалася теплопередача за однакою різниці температур $(t - \tau - \Delta t)$ уздовж усієї довжини труб.

Однакова різниця температур уздовж всієї труби впливає з рівної теплоємності рідин, а тому однакою різниці температур на початку та у кінці кожної труби.

Тоді рівняння теплообміну можна переписати так:

$$\frac{\Delta t}{\Delta t_c} = \frac{k}{m c} (t - \tau - \Delta t).$$

Звідси,

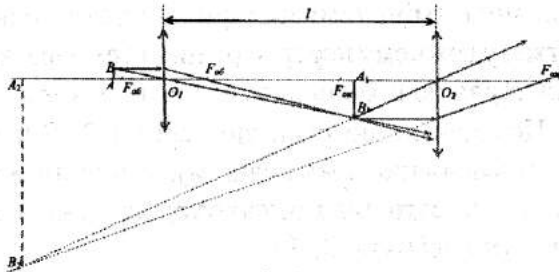
$$\Delta t = \frac{\frac{k \Delta t_c}{m c} (t - \tau)}{1 + \frac{k \Delta t_c}{m c}} = \frac{3 \cdot 800}{1600} \cdot \frac{80}{1 + \frac{3 \cdot 800}{1600}} = 48^\circ.$$

Тоді холодна вода на виході має температуру 58°C .

9 клас

Задача 1.

1. Хід променів і побудову зображення предмета у мікроскопі зображено на малюнку.



Як видно з малюнка, промені побудови зображення предмета в об'єктиві утворюють подібні трикутники O_1AB і $O_1A_1B_1$, з яких отримуємо збільшення зображення предмета

$$A_1B_1/AB = \Gamma_1 = f_1/d_1.$$

При цьому $d_1 \geq F_{об}$ за умовою задачі, а відстань зображення від окуляра має бути менше $f_1 \leq 1$, бо інакше окуляр буде розглядати уявний об'єкт. Звідси максимальне збільшення об'єктива можна оцінити як $\Gamma_{1max} \approx 1/F_{об}$.

2. Остаточне зображення предмета у мікроскопі формує окуляр, який виконує роль лупи щодо зображення предмета в об'єктиві. Для цього треба, щоб зображення предмета в об'єктиві розташовувалось між лінзою окуляра та її фокусом, що відповідає умові $d_2 < F_{ок}$. За цих умов зображення у окулярі буде уявним, а оптимальною відстанню від окуляра буде відстань найкращого бачення $f_2 = \Delta = 25$ см.

Скористаймося формулою тонкої лінзи

$$1/d_2 - 1/\Delta = 1/F_{ок},$$

і запишемо збільшення окуляра, що дорівнює

$$A_2B_2/A_1B_1 = \Gamma_2 = \Delta/d_2 = (\Delta + F_{ок})/F_{ок}.$$

Оскільки $\Delta \gg F_{ок}$, то $\Gamma_{max} \approx \Delta/F_{ок}$.

3. Максимальне збільшення зображення предмета системою лінз мікроскопа дорівнює

$$\begin{aligned} A_2B_2/AB &= \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 = \Delta \cdot 1/F_{ок} \cdot F_{ок} \\ &= 30 \cdot 25/5 = 150. \end{aligned}$$

4. Строгіша оцінка дає

$$\begin{aligned} f_1 &= 1 - d_2 = 1 - \Delta \cdot F_2/(\Delta - F_2) = \\ &= 30 - 25/26 \approx 29 \text{ см}, \end{aligned}$$

тоді

$$\begin{aligned} d_1 &= F_1 \cdot f_1/(f_1 - F_1) = \\ &= 5 \cdot 29/(29 - 5) \approx 6 \text{ см}, \end{aligned}$$

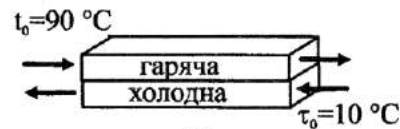
$$\begin{aligned} \Gamma_{max} &= f_1 \cdot \Delta/d_1 \cdot d_2 = \\ &= 29 \cdot 25/6 \approx 121. \end{aligned}$$

Задача 2.

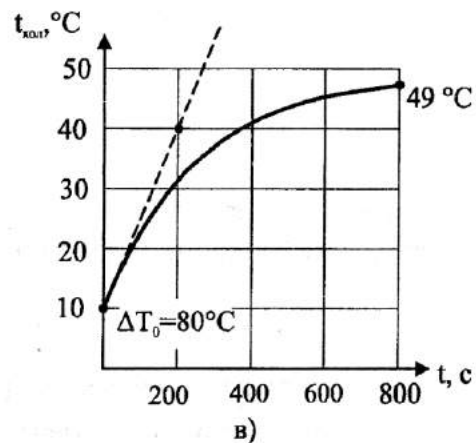
а). У "Теплообміннику прямого струму" кожен рідкий елемент холодної води рухається разом з тим самим елементом гарячої рідини час $t = l/V = 800$ с.



а)



б)



Мал. 1.

За графіком 1, в визначаємо, що за цей час холодна вода нагріється до 49°C .

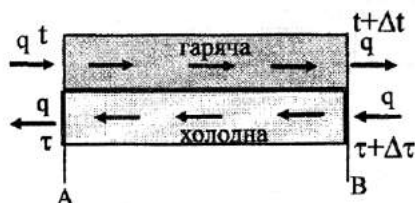
Загальну картину розподілу температур зображено на мал. 2.



Мал. 2

б). Аналіз “Теплообмінника зворотного струму” набагато складніший. Головне тут установити такий факт: *якщо витрати гарячої та холодної води однакові, то різниця температур між гарячою та холодною водою у всіх перерізах однакова!*

Розгляньмо на мал. 3, а довільний елемент теплообмінника АВ.



а



б

Мал. 3.

Рівняння балансу тепла для цього елемента теплообмінника (за одиницю часу) має вигляд:

$$q \cdot c \cdot t + q \cdot c \cdot (\tau + \Delta\tau) = q \cdot c \cdot \tau + q \cdot c \cdot (t + \Delta t),$$

де $t(x)$ – температура гарячої води; $\tau(x)$ – температура холодної води; q – витрати води в кожній трубі; c – теплоємність води.

Звідси одержуємо

$$\Delta t = \Delta\tau,$$

зокрема зміна температури гарячої води на будь-якій ділянці теплообмінника так само дорівнює зміні температури холодної води. Отже, у кожному перерізі різниця температур між гарячою й холодною водою однакова.

Позначимо цю різницю через ΔT . Використовуючи цю, поки невідому, величину, можемо записати для температури холодної води на виході (мал. 3, б):

$$\tau_{\text{вих}} = t_0 - \Delta T,$$

тут $t_0 = 90^\circ\text{C}$ – температура гарячої води на вході.

Знайдімо ΔT , використовуючи експериментальний графік 1, в.

Розгляньмо на ньому початкову точку, для якої початкова температура холодної води дорівнює $\tau_0 = 10^\circ\text{C}$. Зазначимо, що різниця між температурою холодної й гарячої води в цій точці становить $\Delta T_0 = 80^\circ\text{C}$.

Проведімо дотичну до графіка в цій точці.

Вона показує, як змінювалася б температура холодної води, якби різниця між її температурою й температурою гарячої води залишалася постійною і дорівнювала б $\Delta T_0 = 80^\circ\text{C}$.

За графіком маємо, що за 200 с холодна вода нагрілася б до температури 40°C , тобто на 30°C . Отже, за 800 с, за час руху холодного елемента води в теплообміннику, вона нагрілася б на $\Delta t_0 = 120^\circ\text{C}$.

Запишімо рівняння для ключової невідомої величини Δt .

Якщо за постійної різниці температур, що дорівнює $\Delta T_0 = 80^\circ\text{C}$, холодна вода нагрілася б за час руху на $\Delta t_0 = 120^\circ\text{C}$, то за різниці температур ΔT , нагрівання становитиме величину

$$\Delta t = \Delta t_0 \cdot \frac{\Delta T}{\Delta T_0} = \frac{120}{80} \cdot \Delta T.$$

З іншого боку, це нагрівання має дорівнювати $(t_0 - \tau_0 - \Delta T) = (80^\circ\text{C} - \Delta T)$. Одержуємо рівняння

$$\Delta t_0 \cdot \frac{\Delta T}{\Delta T_0} = (t_0 - \tau_0 - \Delta T).$$

Або в числах:

$$\frac{120}{80} \cdot \Delta T = (80^\circ\text{C} - \Delta T).$$

Нині для різниці температур одержуємо:

$$\Delta T = \frac{80}{200} \cdot 80^\circ\text{C} = 32^\circ\text{C}$$

Тепер можемо одержати відповідь: в "Теплообміннику зі зворотним струмом" температура колишньої холодної води на виході дорівнюватиме

$$\tau_{\text{вих}} = t_0 - \Delta T = 58^\circ\text{C}.$$

Загальний розподіл температур у теплообміннику зображено на мал. 4.



Мал. 4

Зазначмо, що теплообмінник зі зворотним струмом дає змогу здійснювати ефективніший відбір тепла у відпрацьованій рідині. У нашому випадку температура нагрітої холодної води більша від температури охолодженої гарячої води.

Отже, у випадку а):

$$\tau_{\text{вих}} = 49^\circ\text{C};$$

у випадку б)

$$\tau_{\text{вих}} = 58^\circ\text{C}.$$

Задача 3.

Розгляньмо процес попадання чергового вантажу в комірku як зіткнення малої маси m , що перебуває у стані спокою, зі значно більшою масою $M \approx Nm/2$ (колесо з частково заповненими комірками), які мають швидкість v .

$$Mv = (M + m)u.$$

$$u = \frac{M}{M + m}v.$$

Після зіткнення кінетична енергія колеса зменшується – виділяється теплота

$$Q = \frac{Mv^2}{2} - \frac{(M + m)u^2}{2} \approx \frac{mv^2}{2}.$$

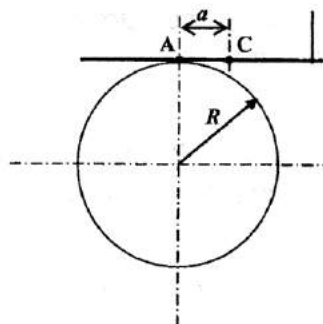
Будь-яка кількість вантажів загальною масою m_0 за допомогою колеса, що обертається, поступово опускається на висоту $h = 2R$. Їхня потенціальна енергія перетворюється в кінетичну і теплоту, яку розглянуто раніше

$$m_0g \cdot 2R = \frac{m_0v^2}{2} + Q_0 = m_0v^2.$$

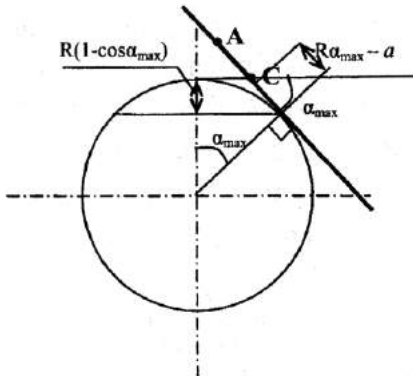
Остаточно отримуємо:

$$v = \sqrt{2gR} \approx 4,48 \text{ м/с}.$$

Задача 4.



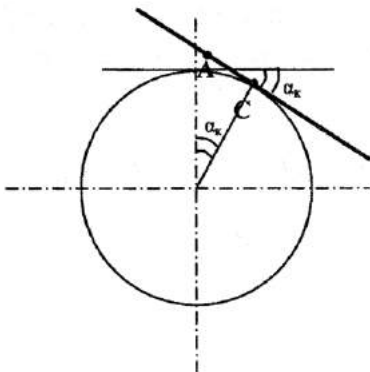
A – точка на стрижні, в якій він торкається циліндра, перебуваючи в горизонтальному положенні; C – центр мас стрижня; $AC = a$.



Центр мас C повернувся майже на ту саму висоту (втрати енергії при першому відхиленні знехтуймо).

Тоді з геометрії:

$$R(1 - \cos \alpha_{\max}) = (R\alpha_{\max} - a) \sin \alpha_{\max}. \quad (1)$$



Після згасання коливань центр мас стрижня співпадатиме з точкою дотику з циліндром (умова рівноваги).

Звідси,

$$\alpha = R\alpha_k. \quad (2)$$

Підставляючи (2) у (1) і скорочуючи на R , одержимо:

$$1 - \cos \alpha_{\max} = (\alpha_{\max} - \alpha_k) \sin \alpha_{\max}.$$

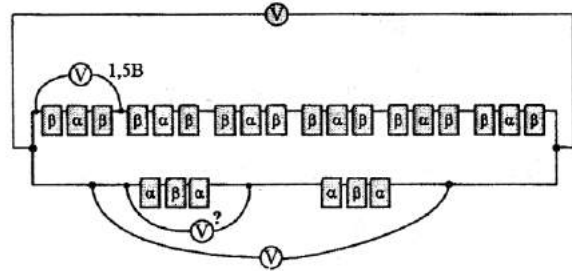
Звідси:

$$\alpha_k = \alpha_{\max} - \frac{1 - \cos \alpha_{\max}}{\sin \alpha_{\max}} = \alpha_{\max} - \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\max}}{2}.$$

Задача 5.

Розв'язання 1. "Макроскопічне"

1. Перегрупуємо батарейки, що не входять до "зони дії вольтметрів", так, щоб утворилося шість груп "Бета"–"Альфа"–"Бета" і дві групи "Альфа"–"Бета"–"Альфа" (мал. 1).



Мал. 1

Сірий і білий вольтметри, що під'єднані до точок з'єднання груп, показують однакову напругу. Показання сірого вольтметра дорівнюють $U_c = 6U_{\beta\alpha\beta}$, а білого – $U_b = 2 \cdot U_{\alpha\beta\alpha}$.

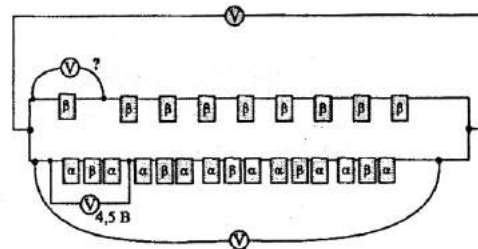
Отримаємо рівняння:

$$2 \cdot U_{\alpha\beta\alpha} = 6 \cdot U_{\beta\alpha\beta}.$$

Звідси,

$$U_{\alpha\beta\alpha} = 3 \cdot U_{\beta\alpha\beta} = 4,5 \text{ В}.$$

2. Розташуймо батарейки так, щоб утворилося п'ять груп "Альфа"–"Бета"–"Альфа" і дев'ять елементів "Бета" (мал. 2).



Мал. 2

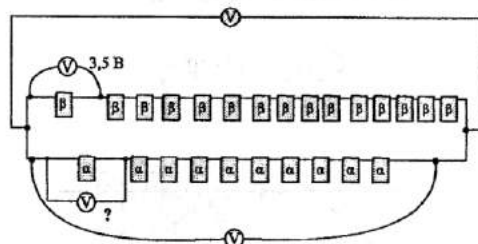
Показання сірого й білого вольтметрів однакові. Масмо друге рівняння:

$$9 \cdot U_{\beta} = 5 \cdot U_{\alpha\beta\alpha}.$$

Отже,

$$U_{\beta} = \frac{5}{9} \cdot U_{\alpha\beta\alpha} = \frac{5}{3} \cdot U_{\beta\alpha\beta} = 2,5 \text{ В.}$$

3. Розташуймо батарейки один по одному: чотирнадцять батарейок “Бета” і десять батарейок “Альфа” (мал. 3).



Мал. 3

Показання сірого й білого вольтметрів однакові.

Звідси рівняння:

$$10 \cdot U_{\alpha} = 14 \cdot U_{\beta}.$$

Відтак,

$$U_{\alpha} = \frac{7}{5} \cdot U_{\beta} = \frac{7}{9} \cdot U_{\alpha\beta\alpha} = \frac{7}{3} \cdot U_{\beta\alpha\beta} = 3,5 \text{ В.}$$

Отже,

$$1. U_{\alpha\beta\alpha} = 3 \cdot U_{\beta\alpha\beta} = 4,5 \text{ В;}$$

$$2. U_{\beta} = \frac{5}{3} \cdot U_{\beta\alpha\beta} = 2,5 \text{ В;}$$

$$3. U_{\alpha} = \frac{7}{3} \cdot U_{\beta\alpha\beta} = 3,5 \text{ В.}$$

Розв’язання 2. “Мікроскопічне”

Першим кроком буде третій крок попереднього розв’язання:

$$14 \cdot |U_{\beta}| = 10 \cdot |U_{\alpha}|.$$

Тобто напруги на батарейках кожного виду зв’язані співвідношенням:

$$|U_{\beta}| = \frac{5}{7} \cdot |U_{\alpha}|.$$

Варто врахувати, що для того, щоб алгебраїчна сума напруг у циклі дорівнювала нулеві, одна з напруг має знак “+”, а інша – “-”.

Для відомої напруги $U_{\beta\alpha\beta}$ отримуємо:

$$U_{\beta\alpha\beta} = |2 \cdot |U_{\beta}| - |U_{\alpha}|| = \frac{3}{7} \cdot |U_{\alpha}|.$$

Для напруги $U_{\alpha\beta\alpha}$ аналогічно:

$$U_{\alpha\beta\alpha} = |2 \cdot |U_{\alpha}| - |U_{\beta}|| = \frac{9}{7} \cdot |U_{\alpha}|.$$

Звідси випливає:

$$|U_{\alpha}| = \frac{7}{3} \cdot U_{\beta\alpha\beta} = 3,5 \text{ В,}$$

$$|U_{\beta}| = \frac{5}{7} \cdot |U_{\alpha}| = 2,5 \text{ В,}$$

$$U_{\alpha\beta\alpha} = \frac{9}{7} \cdot |U_{\alpha}| = 4,5 \text{ В.}$$

Відтак,

$$1. U_{\alpha\beta\alpha} = 3 \cdot U_{\beta\alpha\beta} = 4,5 \text{ В;}$$

$$2. U_{\beta} = \frac{5}{3} \cdot U_{\beta\alpha\beta} = 2,5 \text{ В;}$$

$$3. U_{\alpha} = \frac{7}{3} \cdot U_{\beta\alpha\beta} = 3,5 \text{ В.}$$

10 клас

Задача 1.

Оскільки циліндри не ковзають по столу, то швидкості їхніх точок, що дотикаються до стола, відносно нього дорівнюють нулеві. Лінії зіткнення циліндрів із столом є миттєвими осями обертання, які паралельні до геометричних осей циліндрів.

Нехай швидкість вісі більшого циліндра дорівнює \vec{v}_0 і спрямована так, як зображено на малюнку. Тоді кутова швидкість Ω цього циліндра дорівнює $|\vec{v}_0|/R$, де R – радіус циліндра. Миттєвий радіус обертання ρ точки D ,

в якій більший циліндр стикається з дошкою, дорівнює $2R \cos(\alpha/2)$, швидкість цієї точки дорівнює $u = \rho \Omega = 2v_0 \cos(\alpha/2)$.

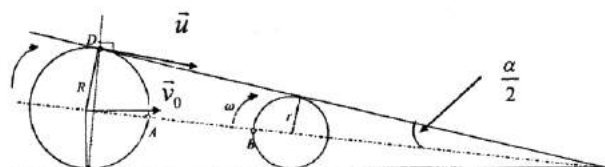
Швидкість дошки біля точки D також дорівнює \vec{u} . Оскільки дошка є твердим тілом, то проекції швидкостей будь-яких двох її точок на пряму, що з'єднує ці точки, мають бути однакові. Тому кутова швидкість ω циліндра радіуса r дорівнює $\Omega R/r$, а швидкість його вісі також дорівнює \vec{v}_0 .

Із малюнка видно, що найближчі одна до одної точки A і B циліндрів лежать на бісектрисі кута, утвореного площинами дошки та стола. Оскільки вісі циліндрів рухаються з однаковою швидкістю \vec{v}_0 , відносна швидкість вказаних точок зумовлена лише обертанням циліндрів довкола своїх осей

$$v = |\vec{v}_A - \vec{v}_B| = \Omega R + \omega r = 2v_0,$$

а шукана швидкість дошки буде:

$$u = v \cos(\alpha/2).$$

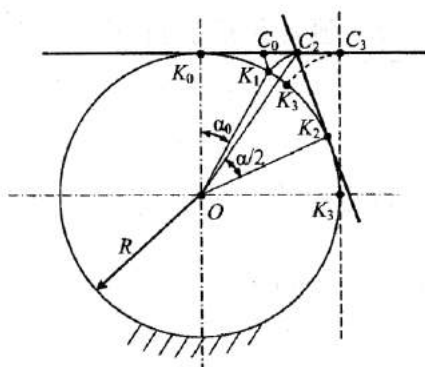


Задача 2.

З умови задачі очевидно, що центр мас стрижня зміщений від точки K_0 праворуч. Це точка C_0 (див. мал.). Під час коливання потенціальна енергія стрижня спочатку переходить у кінетичну, а далі – навпаки. Втратами енергії упродовж одного коливання можна знехтувати. Тому з досягненням максимального кута повороту α стрижень на мить зупиниться. Його кінетична енергія дорівнюватиме нулеві, а потенціальна отримає початкове значення. Це означає, що центр мас стрижня повернеться на початкову висоту.

Відкладемо на колі від точки K_0 кут $\angle K_0 O K_2 = \alpha$ (див. рис.) та проведемо дотичну в точці K_2 до перетину з початковою горизонтально. Одержимо точку C_2 , яка є положенням центра мас стрижня з поворотом на кут α . Наявне співвідношення

$$C_2 K_2 = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$



Тепер покотимо стрижень у зворотному напрямку. Спочатку центр мас попаде в точку K_1 , а далі досягне початкової точки C_0 . Довжина відрізка $C_2 K_2$ дорівнює довжині дуги $K_1 K_2$: $C_2 K_2 = K_1 \tilde{K}_2$. Точка K_1 є точкою дотику стрижня до кола і водночас вона є найнижчим положенням центра мас. Точка K_1 відповідає положенню стійкої рівноваги стрижня. Її положення визначається кутом α_0 . Наявне рівняння

$$K_0 K_1 = K_0 K_2 - K_1 K_2.$$

Розділимо це рівняння на R та одержимо

$$\alpha_0 = \alpha - \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (2)$$

Отже, знаючи лише кут α , можна визначити кут α_0 , що відповідає положенню рівноваги стрижня.

Зі збільшенням зміщення центра мас точка C_2 переміщується по початковій горизонталі праворуч. Умова задачі виконується доти, по-

ки центр мас не досягне точки C_3 . Тобто кут α лежить у межах

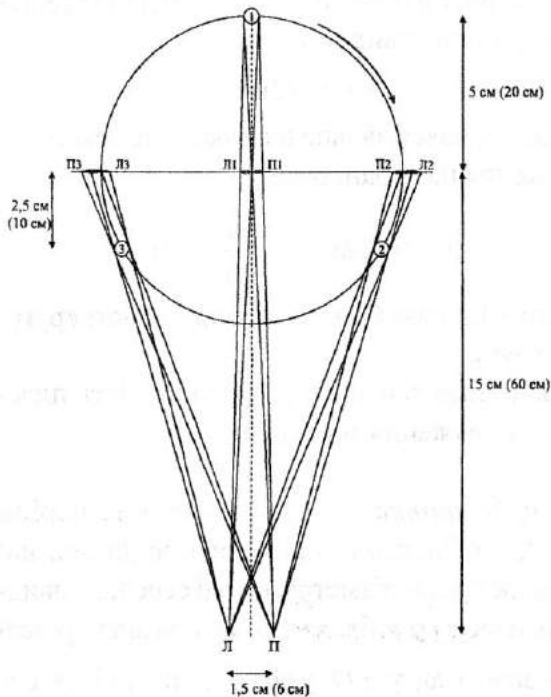
$$0 < \alpha < \frac{\pi}{2}. \quad (3)$$

Відповідні значення кута α_0 визначаються за формулою (2) і лежать у межах

$$0 < \alpha_0 < \frac{\pi - 2}{2}. \quad (4)$$

Задача 3.

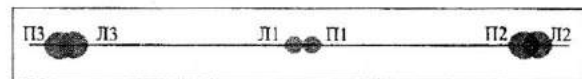
Намалюємо в масштабі 1:4 уявну траєкторію Місяця (вигляд згори), яку по діаметру перетинає лінія екрана, і проведемо до трьох рівновіддалених положень Місяця дотичні промені з правого (П) і лівого (Л) ока людини (мал. 1). Розміри малюнка займають аркуш зошита. Місяць виглядає кружечком діаметра в одну клітинку (0,5 см), всі інші віддали на аркуші зошита подано. Перетин променів з лінією екрана дають крайні точки плоских зображень на екрані, призначені для лівого і правого ока.



Мал. 1

Зображення на екрані, що формує образ об'ємного Місяця, мають еліптичну форму. Їх можна зобразити як точки перетину з екраном усіх променів, які проведено від зрачка і проходять скрізь кулю Місяця (ділянка перерізу площиною екрана світлового конуса з вершиною у зрачку). Насправді, звичайно, все проходить у зворотньому порядку: промені від одного зображення Місяця на екрані, що світиться, потрапляє у правий зрачок, а від його дублера – у лівий. На перетині двох світлових потоків мозок формує об'ємне зображення.

На мал. 2 можна побачити схематичне зображення на екрані, що відповідає трьом положенням Місяця.



Мал. 2

Зображення для лівого і правого ока (Л1, П1) першого положення Місяця, коли воно здається максимально віддаленим у глибину екрана, має на екрані вигляд кругів, які дотикаються, деформацією яких можна знехтувати.

Із подібності трикутників легко оцінити діаметри D цих кругів.

$$\text{Із } \frac{D}{60 \text{ см}} = \frac{2 \text{ см}}{80 \text{ см}} \text{ (див. мал. 1) знаходимо,}$$

що на екрані монітора $D = 1,5 \text{ см}$.

Те, що круги саме дотикаються, також впливає з подібності трикутників:

$$\frac{2 \text{ см}}{20 \text{ см}} = \frac{6 \text{ см}}{60 \text{ см}}.$$

Зображення на екрані для другого і третього положень Місяця є дзеркальним відображенням один одного, тому розгляньмо тільки П2 і Л2 (мал. 2).

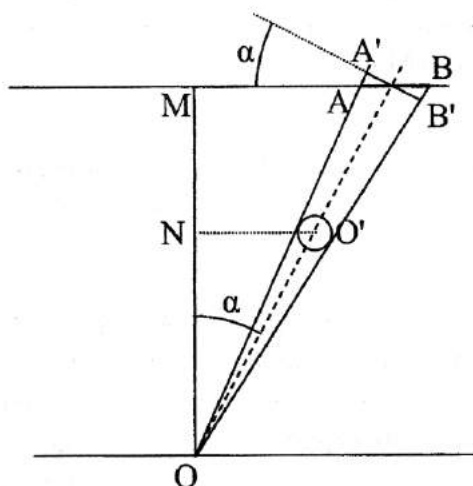
Зображення П2 і Л2 для правого і лівого ока можуть трохи відрізнитися один від одно-

го, оскільки відрізняються віддалі між зображенням і відповідним зрачком, а також кути між променями і поверхнею екрана.

Збільшення розмірів, які зв'язані з відстанню, можна вважати однаковими, як видно з мал. 3.

Справді, за відносно малих кутових розмірів кулі Місяця її діаметр d відноситься до $A'B'$ так само, як ON до OM незалежно від α , тобто,

$$A'B' = d \cdot \frac{OM}{ON} = 2 \text{ см} \cdot \frac{60 \text{ см}}{50 \text{ см}} = 2,4 \text{ см}.$$



Мал. 3

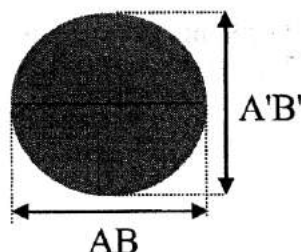
Саме таким буде вертикальний розмір зображення П2, Л2 на екрані. Щодо горизонтальних розмірів $AB = A'B'/\cos \alpha$, вони трохи відрізнятимуться через різні α .

Виражаючи $\cos \alpha$ з трикутника $O'ON$, знаходимо

$$\begin{aligned} AB &= A'B' \cdot \frac{OO'}{ON} = 2,4 \text{ см} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{ON}{OO'}\right)^2} = \\ &= 2,4 \text{ см} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{10\sqrt{3} \pm 3}{50}\right)^2}, \end{aligned}$$

де верхній знак відповідає лівому зображенню $AB_{\text{Л}} \approx 2,6 \text{ см}$, а нижній знак – правому

$AB_{\text{П}} \approx 2,5 \text{ см}$.



Оцінімо максимальну швидкість зображення на екрані. Знехтуймо відстанню між зрачками, вважаючи, що спостереження проводиться з однієї точки, розміщеної між ними (між точками Л і П на мал. 1). Тоді швидкість плоского зображення на екрані буде максимальною в момент найбільшого наближення об'ємного зображення Місяця до спостерігача. У цей момент швидкість v_0 об'ємного зображення Місяця перпендикулярна до променя зору, який, прямуючи за Місяцем, повертається з кутовою швидкістю

$$\omega = v_0/40 \text{ см}.$$

Отже, максимальна швидкість плоского зображення на екрані буде

$$v = \omega \cdot OM = v_0 \frac{60}{40} = 1,5v_0,$$

тобто в 1,5 раза більшої від швидкості кругового руху.

Знайдімо тепер середню швидкість плоского зображення на екрані.

Груба оцінка. Вважаймо, що за період плоске зображення проходить відстань, що дорівнює двом діаметрам. Тоді середня швидкість плоского зображення менша від кругової швидкості ω_0 у $\pi/2$ разів – на таку кількість разів, у скільки довжина окружності більше двох діаметрів.

Менш груба оцінка. Як і раніше знехтуймо відстанню між зрачками, вважаючи, що спостереження проводиться з однієї точки.

Зазначмо (мал. 1), що пласке зображення виходить за межі діаметра круга, до того ж, у цьому наближенні однаково у лівий і правий бік.

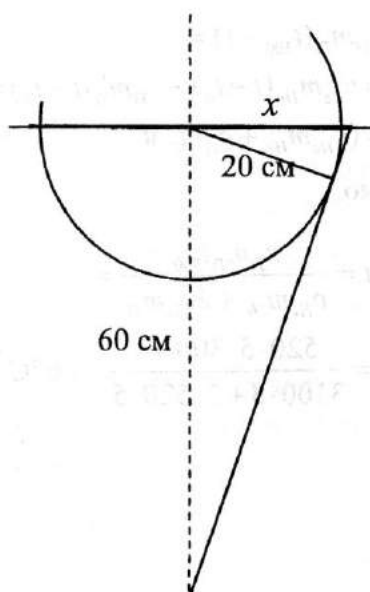
Із подібності трикутників (мал. 4) знаходимо

$$\frac{x}{60} = \frac{20}{\sqrt{60^2 - 20^2}},$$

звідси

$$x = 15\sqrt{2} \text{ см.}$$

Відтак, шлях, що пройшло пласке зображення за період, менший від довжини окружності в $\sqrt{2\pi}/3$ разів. У стільки ж разів середня швидкість плаского зображення за період менша від кругової.

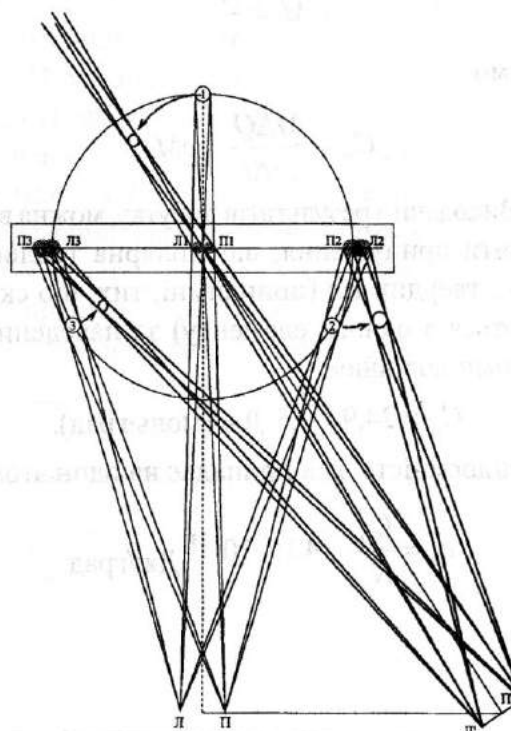


Мал. 4

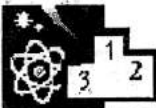
3. Майже точне обчислення. Як і в попередньому випадку, проводимо аналогічні розрахунки для одного із зрачків (за рахунок зміщення треба розглянути дві дотичні до окружності). Знаходимо відстань, що проходить центром плаского зображення, і відношення швидкостей (за тієї ж складності громіздкіші обчислення). Подальші поправки можливі, якщо врахувати розмір зображення та аналізувати швидкість якоїсь її частини, та це вже зайве.

Врешті, якщо людина дивиться на екран збоку, повернувши голову, вона бачить викривлену картину.

На мал. 5 зображено формування об'ємного зображення Місяця для людини, що сидить праворуч на відстані 40 см.



Мал. 5


Задача 4.

(авторський варіант розв'язку)

З таблиці видно, що зі збільшенням молярної маси M питома теплоємність c зменшується. Якщо розглянути добуток молярної маси і питомої теплоємності для кожної речовини, отримуємо дуже близькі значення.

Отримана величина cM має фізичний зміст молярної теплоємності C_μ . Справді, за визначенням питома теплоємність (теплоємність 1 кг) $c = \Delta Q / m \Delta t$, аналогічно молярна теплоємність (теплоємність 1 моля)

$$C_\mu = \frac{\Delta Q}{\nu \Delta t},$$

де ν – кількість молів.

Оскільки молярна маса

$$M = \frac{m}{\nu},$$

маємо

$$C_\mu = \frac{M \Delta Q}{m \Delta t} = cM.$$

Виходячи з результатів добутку, можна висловити припущення, що молярна теплоємність твердих тіл (принаймні, тих, що складаються з одного елемента) за наведеними даними дорівнює

$$C_\mu = 24,9 \pm 0,5 \text{ Дж/(моль·град)}.$$

Теплоємність, яка припадає на один атом,

$$c_0 = \frac{C_\mu}{N_A} = 4,15 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/град}.$$

Половина її значення пов'язана зі зміною кінетичної енергії, а половина – зі зміною потенціальної.

Отже, для частинок одноатомного ідеального газу, що “вільно літають у наданому об'ємі”, потенціальною енергією можна знехтувати. Тоді молярна теплоємність ідеального газу має бути удвічі меншою від молярної теплоємності твердого тіла, тобто

$$C_\mu^{газ} \approx 12,45 \text{ Дж/(моль·град)}.$$

Гелій – одноатомний газ. Його питома теплоємність за сталого об'єму:

$$\begin{aligned} c_{He} &= C_\mu^{газ} / M_{He} = \\ &= C_\mu / 2M_{He} \approx 3100 \text{ Дж/(кг·град)}. \end{aligned}$$

Питома теплоємність титану:

$$c_{Ti} = C_\mu / M_{Ti} \approx 520 \text{ Дж/(кг·град)}.$$

З умови теплового балансу:

$$\begin{aligned} c_{Ti} m_{Ti} (t_{300} - t) &= \\ = c_{He} m_{He} (t - t_0) + c_{Ti} m'_{Ti} (t - t_0) &= \\ = (c_{He} m_{He} + c_{Ti} m'_{Ti}) t & \end{aligned}$$

знаходимо

$$\begin{aligned} t &= \frac{c_{Ti} m_{Ti} t_{300}}{c_{He} m_{He} + 2c_{Ti} m'_{Ti}} = \\ &= \frac{520 \cdot 5 \cdot 300^\circ\text{C}}{3100 \cdot 8 + 2 \cdot 520 \cdot 5} = 26^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

	Алюміній	Залізо	Мідь	Срібло	Золото
M , кг/моль	0,027	0,0558	0,0635	0,108	0,197
c , Дж/(кг·град)	900	443	385	237	129
cM , Дж/(моль·град)	24,3	24,7194	24,4475	25,596	25,413



Розв'язок Гоцунльський В. Я.

$$c_{\mu} = \mu \cdot c,$$

Користуючись методом розмірностей:

$$\left[\frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \right] = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{кг}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right].$$

Використовуючи таблиці для всіх одноатомних твердих тіл, буде:

$$c_{\mu} = \mu \cdot c = 24,9 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}},$$

$$3R = 3 \cdot 8,31 = 24,9 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}.$$

Це є вираз закону Дюлонга-Пті.

На відміну від коливальних рухів атомів у ґратці твердого тіла, де крім кінетичної енергії у рівній мірі присутня потенційна, для ідеального одноатомного газу взаємодія між молекулами відсутня, крім того відсутні обертальні ступені свободи. Тому:

$$c_{\text{мод.г}} = \frac{c_{\mu \text{ м.г.}}}{2}.$$

(У класичній молекулярно-кінетичній теорії теплоємностей приймають, що на поступальні та обертальні ступені свободи молекул припадає енергія $(i/2)kT$, де i – кількість ступенів свободи, а на коливальні, аналогічно – jkT .)

Із рівняння теплового балансу, використовуючи питомі теплоємності й температуру за шкалою Цельсія, маємо:

$$\begin{aligned} c_{\text{Ti}} \cdot m_{\text{Ti}} (t_{300} - t) &= \\ &= c_{\text{Ti}} \cdot m_{\text{Ti}} (t - 0) + c_{\text{He}} \cdot m_{\text{He}} (t - 0). \end{aligned}$$

Оскільки

$$m_{\text{Ti}} = m_{\text{Ti}2},$$

$$\begin{aligned} c_{\text{Ti}} \cdot m_{\text{Ti}} \cdot t_{300} &= \\ &= (2c_{\text{Ti}} \cdot m_{\text{Ti}} + c_{\text{He}} \cdot m_{\text{He}}) \cdot t. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= t_{300} \frac{c_{\text{Ti}} \cdot m_{\text{Ti}}}{2c_{\text{Ti}} \cdot m_{\text{Ti}} + c_{\text{He}} \cdot m_{\text{He}}} = \\ &= \frac{t_{300}}{2 + \frac{c_{\text{He}} \cdot m_{\text{He}}}{c_{\text{Ti}} \cdot m_{\text{Ti}}}} = \frac{t_{300}}{2 + \frac{c_{\mu \text{He}} \cdot \mu_{\text{Ti}} \cdot m_{\text{He}}}{c_{\mu \text{Ti}} \cdot \mu_{\text{He}} \cdot m_{\text{Ti}}}} = \\ &= \frac{t_{300}}{2 + \frac{\mu_{\text{Ti}} \cdot m_{\text{He}}}{2 \cdot \mu_{\text{He}} \cdot m_{\text{Ti}}}}. \end{aligned}$$

Отже, одержимо

$$t = 25,86^{\circ}\text{C}.$$

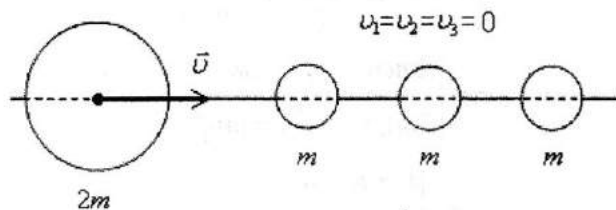
Задача 5.

1. Теоретична основа – оборотність механічних процесів (аналогія – оборотність світлових променів).

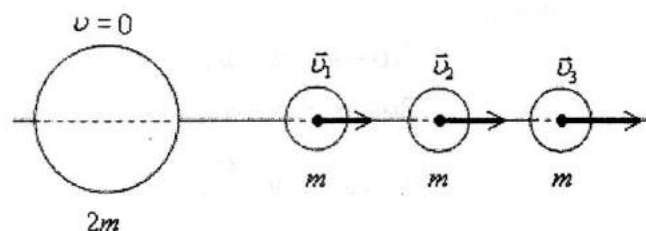
2. Вважатимемо, що на початку відліку “зворотного” часу всі легкі кульки були у стані спокою, а важка кулька масою $2m$ налітає на них зі швидкістю v .

3. Після абсолютно пружного удару важка кулька (масою $2m$) передає частину своєї енергії і вони почнуть (з однією кулькою масою m) рухатись уздовж стрижня зі швидкостями, які мають співпадати за значенням з вихідними, або ж початковими швидкостями кульок під час “прямого” відліку часу.

4. Малюнок до ситуації оберненої задачі

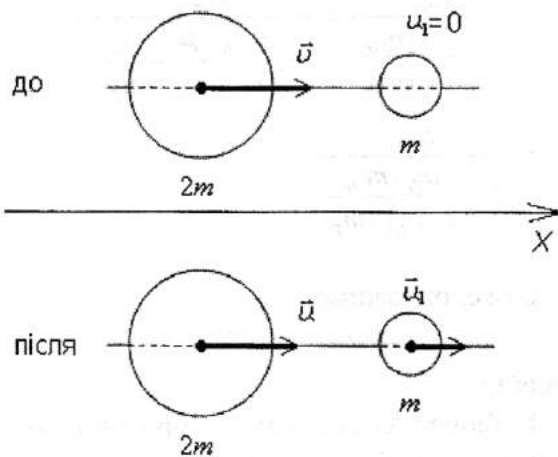


До взаємодії



Після взаємодії

5. Розглянемо удар кульок $2m$ і m .



Закон збереження імпульса

$$2m\bar{v} = 2m\bar{u} + m\bar{u}_1.$$

в проєкціях

$$2mv = 2mu + mu_1.$$

Закон збереження кінетичної енергії

$$\frac{2mv^2}{2} = \frac{2mu^2}{2} + \frac{mu_1^2}{2}.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 2mv = 2mu + mu_1 \\ \frac{2mv^2}{2} = \frac{2mu^2}{2} + \frac{mu_1^2}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2m(v - u) = mu_1 \\ 2m(v^2 - u^2) = mu_1^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v + u = u_1 \\ 2(v - u) = u_1 \end{cases}$$

Звідси,

$$2(v - u) = v + u,$$

$$2v - v = 2u + u,$$

$$v = 3u \Rightarrow u = \frac{v}{3}.$$

З такою швидкістю після взаємодії рухатиметься велика кулька. Мала (масою m) набуде швидкості

$$u_1 = v + \frac{v}{3} = \frac{4v}{3}.$$

Отже, після зіткнення з великою кулькою мала кулька набуде швидкості

$$u_1 = \frac{4v}{3}.$$

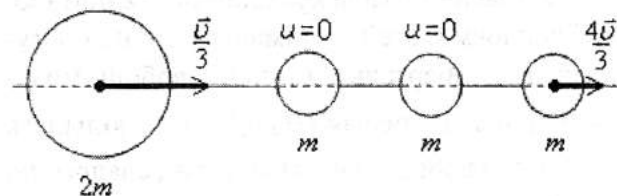
6. Решта – дві кульки, мають таку ж масу, як і перша. Тому після удару першої та другої остання набуде швидкості

$$u_2 = \frac{4v}{3},$$

а перша зупиниться. Аналогічно буде в результаті взаємодії другої і третьої кульок – друга зупиниться, а третя набуде швидкості

$$u_3 = \frac{4v}{3}.$$

За результатами таких зіткнень матимемо таку картину



Швидкість третьої кульки вже не зміниться і цю кульку не наздожене решта.

Отже, швидкість третьої кульки буде

$$v_3 = \frac{4v}{3}.$$

7. Далі кулька масою $2m$ наздожене кульку № 1, яка нерухома.

Велика кулька мала швидкість $u = v/3$ – утричі меншу, ніж до першого удару. Це означає, що для цієї взаємодії її кінцева швидкість зміниться утричі. Тому кулька масою $2m$ набуде швидкість

$$u' = \frac{1}{3} \cdot \frac{v}{3} = \frac{v}{9},$$

а кулька масою m –

$$u'_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{4v}{3} = \frac{4v}{9}.$$

У результаті подальшої взаємодії кульок першої і другої – остання матиме швидкість

$$v_2 = \frac{4v}{9}.$$

8. Третє зіткнення кульки $2m$, яка тепер має швидкість $v/9$ з кулькою масою m призведе до такого результату:

– швидкість великої кульки зменшиться втричі:

$$u'' = \frac{1}{3} \cdot \frac{v}{9} = \frac{v}{27},$$

– швидкість малої буде:

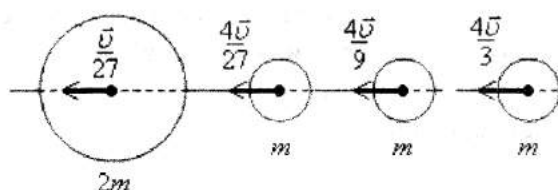
$$v_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{4v}{9} = \frac{4v}{27}.$$

Отже,

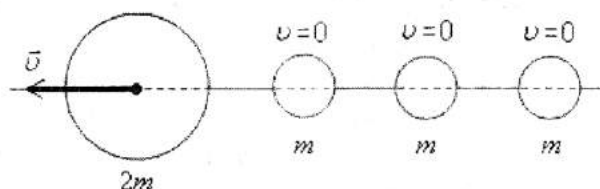
$$v_1 = \frac{4v}{27}; \quad v_2 = \frac{4v}{9}; \quad v_3 = \frac{4v}{3}.$$

Картина у “прямому” вимірі часу мала б вигляд:

а) при $t = 0$



б) остаточний вигляд



Чи існує частинка, що рухається швидше від світла?

Дослідники із ЦЕРНу та італійської лабораторії Гран Сассо виявили частинку, що рухається швидше від швидкості світла.

Учені заявили, що нейтрино¹ від синхротрона з ЦЕРНу до італійського детектора летять швидше від світла. Один із таких детекторів (OPERA) у підземній лабораторії Гран Сассо в Італії зареєстрував нейтрино, якими в нього стріляв протонний суперсинхротрон ЦЕРНу у районі Женеви, один із елементів Великого адронного колайдера. Відстань між двома об'єктами становить майже 730 км.

За три роки роботи дослідники, які працюють із OPERA, “зареєстрували” майже 16 тисяч нейтрино. Вони підраховали, що в середньому частинки проходили шлях між ЦЕРНом і Гран Сассо за 2,43 мілісекунди. Це майже на 60 наносекунд швидше, ніж припускали обчислення. Невизначеність вимірювань оцінюється у 10 наносекунд.

Фіксування частинки, що рухається швидше від швидкості світла, ставить під сумнів теорію відносності Айнштайна. Однак деякі відомі фізики скептично ставляться до цих результатів, вважаючи їхній результат наслідком якоїсь системної похибки.

Дослідження продовжуються... Великі сподівання учені покладають на експериментальні дослідження в ЦЕРНі.

¹ Нейтрино – нейтральна фундаментальна частинка з напівцілим спіном. Відноситься до класу лептонів.



Фізики хочуть змінити означення основних одиниць вимірювань

Учені вирішили переозначити основні одиниці вимірювань: ампер, моль, кельвін і кілограм. Відповідну пропозицію було затверджено на Генеральній конференції з мір і ваги, що відбулася в Парижі. Остаточні нові визначення планують затвердити 2014 року.

Відомо, що всі одиниці в системі СІ зводяться до семи основних – ампер (сила струму), моль (кількість речовини), кілограм (маса), кельвін (температура), секунда (час), метр (відстань) і кандела (сила світла). Три з них – секунда, метр і кандела – до того ж зв'язані з фундаментальними константами.

Наприклад, остаточно затверджене 1997 року визначення секунди – інтервал часу, що дорівнює 9192631770 періодам випромінювання атома цезію-133 під час переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома у стані спокою і за абсолютного нуля. Попри громіздкість цього визначення, воно зручне для використання у фізиці.

Досі чотири величини – ампер, моль, кельвін і кілограм – визначали, виходячи з інших міркувань. Наприклад, кельвін зв'язаний з потрійною точкою води (за певного співвідношення тиску і температури вода може існувати одночасно у трьох станах), а кілограм визначали за допомогою еталону з платино-іридієвого циліндра, який виготовлено ще 1889 року і зберігається в палаті мір і ваги. Копії циліндра зберігаються як національні еталони. Попри спеціальні умови зберігання, еталон постійно змінює масу, хоча незначно (мікрограми). Недавні перевірки підтвердили, що маса еталону зменшилась на 50 мікрограм. Це може приводити до розбіжностей з національними еталонами маси.

За прийнятою пропозицією, ампер – це сила струму, за якого елементарний електричний заряд дорівнює $1,60217653 \times 10^{-19}$ кулона (кулон визначають як заряд, який пройшов крізь провідник за сили струму в один ампер за одну секунду).

Кельвін пропонують визначати так, щоб стала Больцмана дорівнювала $1,3806505 \times 10^{-23}$ джоулів на кельвін, моль – щоб стала Авогадро була точно $6,0221415 \times 10^{23}$ на моль, а кілограм – щоб стала Планка дорівнювала $6,6260693 \times 10^{-34}$ джоулів на секунду.

Наприкінці вересня 2011 року у журналі *New Journal of Physics* була опублікована стаття, в якій фізики запропонували чергове підтвердження фундаментальності квантового ефекту Холла – дискретності холлівського опору у двовірному провіднику за наявності сильного магнетного поля перпендикулярного до площини провідника і низької температури. Як наслідок, учені запропонували використовувати цей ефект для визначення ампера і кілограма через їхній зв'язок зі сталою Планка.

Із розвитком фізичної науки з'являються точніші методи визначення різних одиниць вимірювань, тому учені пропонують також перевизначати по-новому й інші одиниці.

За матеріалами
www.newscientist.com



Перша інтегральна схема на графені

Дослідники з компанії ІВМ виготовили першу інтегральну схему на основі графену¹. Це перший крок до майбутнього покоління мікропроцесорів, де підкладкою буде не кремній, а графен. Графенові технології дадуть змогу електронним пристроям працювати на високих частотах.

Схему змішувача частоти зібрано на підкладці з карбіду кремнію і складено із графенових польових транзисторів. Нещодавно в цій же компанії було продемонстровано перші графенові транзистори, що здатні працювати на тактовій частоті в 100 ГГц. Далі вони об'єднали такі транзистори в повністю функціональну схему.

Це широкопasmовий змішувач частоти, який є одним з найважливіших компонентів високочастотних радіо-пристроїв. За його допомогою створюються радіосигнали, що є сумою або різницею двох незалежних вхідних сигналів. Такий змішувач виконав операції на тактовій частоті в 10 ГГц, пристрій працював за температури 125 градусів Цельсія.

Дослідники стверджують, що подібна схема може функціонувати ще швидше. Це дасть змогу реалізувати поліпшені чіпи прийомопередатчиків мобільних телефонів, за допомогою яких телефони зможуть працювати в зонах, недоступних для роботи звичайних мобільних телефонів.

Декілька груп дослідників працювали паралельно над графеновими транзисторами і пристроями на їхній основі. З'ясувалось, що інтеграція вуглецевого листа, завтовшки лише один атом, з металами і сплавами, які використовують у електронній промисловості, є дуже складним завданням. Тому в новій схемі використали нетрадиційні для електроніки матеріали, такі як алюміній, золото, паладій, за допомогою яких забезпечували добрий електричний контакт схеми із графеновими листами. Складністю було ще й те, що під час травлення схеми можна було легко пошкодити листи графена.

Щоб подолати ці труднощі, дослідники з дослідницького центра ІВМ імені Томаса Дж. Вотсона розробили зовсім новий технологічний процес. Графенові листи виростили на підкладці з карбіда кремнію. Далі графен покрили захисним полімерним покриттям. Після травлення полімерне покриття видалили за допомогою спеціального розчину. Отримані таким способом транзистори мали розмір 550 нанометрів, а увесь кристал чіпа мав розмір маленького кристала солі.

До появи комп'ютерних чіпів ще далеко, однак дослідники налаштовані оптимістично і впевнені в ефективному застосуванні графена.

*За матеріалами
Інтернету*

¹За відкриття графена англійські фізики російського походження Андрій Гейм і Константин Новосьолов отримали 2010 року Нобелівську премію з фізики.

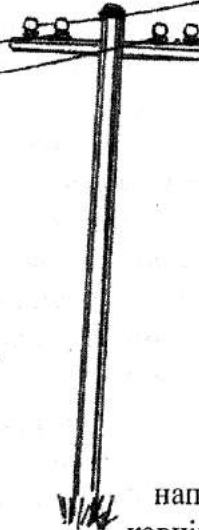
Англійська королева Єлизавета II присвоїла Андрію Гейму та Константину Новосьолову рицарські звання. У королівському указі зазначено, що почесні звання рицарів-бакалаврів фізики вони отримали "за заслуги перед наукою".



У наукових публікаціях ведуться дискусії щодо того, чи відчувають корови магнетне поле. Ще три роки тому з'явилась публікація про те, що корови чутливі до магнетного поля. Чутливість до магнетного поля властива багатьом тваринам, зокрема й коровам.



“Магнетні” корови



тне
сприй-
няття.

Водно-
час чеські
дослідники
заперечили такі
висновки. Вони
спробували повто-
рити експеримент, та
в них нічого не вийшло.
Дослідники у публікації
написали, що дві групи нау-
ковців провели експеримент і

дійшли до одного й того ж висновку: ніякого “вишиковування” корів уздовж магнетних ліній не виявлено. Почалася жорстка дискусія.

Першовідкривачі “магнетних корів” проаналізували повторні результати експеримента і заявили, що їх було проведено погано. По-перше, вони стверджують, що половину даних треба вилучити, оскільки корови або перебували недалеко від високовольтних ліній, або світлини із супутника були настільки нерозбірливі, що неможливо зрозуміти, чи це корови, чи вівці, чи просто копиці з сіном. По-друге, чеський експеримент не можна назвати повторенням німецького, оскільки німці досліджували стадо як єдине ціле і обчислювали орієнтацію корів, як середнє арифметичне по всьому стаду, тоді як чехи розглядали кожну корову окремо, суб'єктивно відбираючи із стада приблизно половину тварин.

Чеська група дослідників відразу відповіла, що вони не розглядали стадо корів поблизу від високовольтних ліній і не досліджували овець і копиці з сіном. Дискусія продовжується...

Історія Астрономічної обсерваторії Львівського національного університету імені Івана Франка / за ред. Б. Новосядлого.
– Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 240 с.

Подано нариси з історії Астрономічної обсерваторії Львівського національного університету імені Івана Франка – одного з найстаріших астрономічних закладів Східної Європи, від заснування обсерваторії у XVIII сторіччі до сучасності. Висвітлено біографії відомих науковців, які працювали в Астрономічній обсерваторії у різні часи.

Для фахівців у галузі історії науки, астрономії, студентів, аспірантів та усіх, хто цікавиться історією науки.



Започатковуємо нову рубрику

РЕЗОНАНСИ

*Асоціації та афоризми
з колекції проф. Ярослава Довгого*



1. Простір і час

– Панове вояки, – звернувся чотар до підлеглих, – сьогодні копаємо окопи від цього туну до ... полудня.

2. Швидкість звуку

У домашніх умовах спостерігається аномалія щодо швидкості звуку: те, що каже батько своєму школярику, доходить до нього аж у сорок років.

3. Хвалько

– Цей хвалько договорився до того, що може вбити не лише вовка, а навіть... море!
– Щось схоже на правду, адже ж є Мертве море...

4.

Логісно пояснити щось нелогічне важко.
Харукі Муракамі

5. Притча про здібного та хитрого

Змагалися здібний і хитрун. Виграв здібний, про що й сказав на пресовій конференції.
Хитрий же цей факт сформулював по-своєму:
– Я посів почесне друге місце, а мій суперник – передостаннє.

6.

“І це минеться” – такий був напис на перстні Цезаря.

7. Збіги

Композитор Станіслав Людкевич і німецький фізик Макс Планк були вельми схожими на вигляд. Якщо С. Людкевич казав, що “на те нема ради”, то М. Планк висловився про німецький тоталіаризм так: “Це як буря, яка проноситься нашою землею. Ми не в змозі зробити щось інше, як зігнути, подібно до дерев, що стоять проти вітру”.

8.

– Скільки коштує ця чарівна рибка? – запитує покупець у зоомагазині.
– Вона не продається, бо ми її зловити не можемо...

9.

За тоталітарного режиму Павло Тичина змушений був писати замість “панно Інно” – “ніжна Інно”.

10. Притча про мовчання

– Кажуть, що мовчання краще, ніж балаканина.
– Але ж слово вимовити треба як вислід мовчазних роздумів.
– Це нагадує механізм лазерної генерації: електромагнетне поле “формується” всередині резонатора, та нагріває пороговий момент, коли когерентне випромінювання виходить назовні...



Вітольд Манастирський
(1915–1992)
Верховинка, олія. 1960

Вітольд Манастирський народився у Львові в родині українського художника Антона Манастирського, народного художника України. Початкову художню освіту здобув у Львівській художній школі (1929–1934), а завершував навчання у Варшавській Академії мистецтв (1935–1939).

Він був учасником багатьох обласних, республіканських та міжнародних виставок. Митець поєднував активну творчу працю з громадською та педагогічною діяльністю. Його неодноразово обирали членом республіканського правління Спілки художників України. У 1939–1948 рр. викладав рисунок і живопис у Львівському художньо-промисловому училищі (нині Училище прикладного мистецтва імені Івана Труша). З дня відкриття Львівського інституту прикладного та декоративного мистецтва (1947) Манастирський обіймає посаду викладача кафедри рисунка, з 1954 р. – доцента, а від 1968 р. – професора. З 1974 р. він завідував кафедрою живопису. Митець 1975 р. одержав почесне звання “Заслужений діяч мистецтв Української РСР”.

В. Манастирський однаково плідно працює в побутовій картині, портреті, пейзажі, натюрморті. У своїх творах він оспіває красу рідного Прикарпаття.

До числа найвідоміших творів художника належать: «Гурток гуцульських народних музик» (1951), «Портрет народного художника УРСР А. І. Манастирського» (1949), «Легінь» (1949), «Верховинка» (1960), «Пейзаж з Криворівні» (1956), «Долина Білої Тиси» (1961), «Весна на околиці Львова» (1962), «Гуцульський натюрморт» (1957), «Майстерня художника» (1956) та інші. Багато творів Манастирського експонуються в музеях і картинних галереях України.