

С В І Т

Ф І З И К И

№1
2013

науково-популярний журнал



VIII з'їзд Українського фізичного товариства

European Physical Society

The EPS secretariat is located in Mulhouse, on the campus of the Université de Haute-Alsace

6 rue des Frères Lumière
68060 Mulhouse
Cedex France

European Physical Society

Вітаємо з ювілеєм відомого астрофізика Івана Антоновича КЛИМИШИНА!



*Під час презентації книжки “Астрономічний енциклопедичний словник” у Львівському національному університеті імені Івана Франка (Львів, 2004).
1-й ряд (зліва направо): Шульман Л. М., Корсунь А. О., Климишин І. А.;
2-й ряд (зліва направо): Рикалюк Р. Є., Перетятко М. М., Крочук А. С.,
Костик Р. І., Олійник П. О., Довгий Я. О., Лукіянець Б. А.*



Кожна його книжка – наче гарна пісня

Редакційна колегія та читачі журналу “Світ фізики” щиро вітають з 80-річчям від дня народження відомого вченого-астрофізика, дійсного члена Наукового товариства імені Шевченка, члена редколегії журналу “Світ фізики”, професора

Івана КЛИМИШИНА.

Бажають йому міцного здоров'я, нових успішних здобутків у науковому та громадському житті.

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

Виходить 4 рази на рік

Засновники:

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

Головний редактор

Іван Вакарчук

заступники гол. редактора:

Олександр Гальчинський

Галина Шопя

Редакційна колегія:

Ігор Анісімов

Михайло Бродин

Петро Голод

Семен Гончаренко

Ярослав Довгий

Іван Климишин

Юрій Ключковський

Богдан Лукіянець

Олег Орлянський

Максим Стріха

Юрій Ранюк

Ярослав Яцків

Художник **Володимир Гавло**
Літературний редактор **Мирослава Прихода**
Комп'ютерне макетування та друк
СП "Євросвіт"

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

**Дослідження в ЦЕРНІ
продовжуються**

За інформацією з Інтернету відомо, що адронний колайдер відремонтовано й невдовзі дослідники розпочнуть нові експериментальні дослідження.

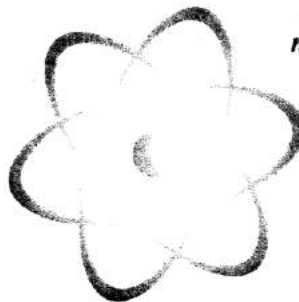
Як відомо, влітку 2012 року вчені Європейського центру ядерних досліджень (ЦЕРН) повідомили засобам масової інформації про відкриття елементарної частинки – бозона Гігса або "частинки Бога". Згодом через неполадки робота адронного колайдера була призупинена.

Нещодавно стало відомо, що фізикові Пітеру Гігсу, який першим ще 1964 року заявив про існування невідомої елементарної частинки, став кавалером Почесного Ордена Великої Британії, який присвоює королева Єлизавета II.

Отримання такого Почесного ордена – це свідчення про те, що наукові праці Гігса мають величезний вплив на майбутнє покоління фізиків.

Британський Почесний орден – це нагорода за видатні досягнення в галузі літератури, музики, науки, політики, промисловості та релігії.

На думку вчених, виявлення цієї частинки може стати величезним відкриттям у галузі знань про закони Всесвіту за останні десятиріччя.



*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

Литовченко Володимир, Стріха Максим. Фотовольтаїчні перетворювачі в Україні: наукові здобутки й позанаукові виклики

3

2. Фізика України

Довгий Ярослав, Новосядлий Богдан, Галина Шопя.
Змістом його життя є наука
(До 80-річчя від дня народження Івана Климишина)

16

3. Фізика світу

Визначна особистість людства – Ісаак Ньютон

19

4. Актуальні проблеми

Резолюція VIII з'їзду Українського фізичного товариства

22

5. Олімпіади, турніри...

Умови задач III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (Львів, 2013)

26

Розв'язки задач III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (Львів, 2013)

31

6. Інформація

Перший нанолазер, який здатний функціонувати за кімнатної температури

45

7. Реальність і фантастика

Паславський Роман. Про видатного англійця

47





ФОТОВОЛЬТАЇЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В УКРАЇНІ: наукові здобутки й позанаукові виклики

Володимир Литовченко,
*член-кореспондент НАН України,
президент Українського фізичного товариства,*

Максим Стріха,
*доктор фізико-математичних наук,
віце-президент АН вищої школи України*

1. Межі традиційної енергетики – де вихід?

Механізми загрозливих глобальних кліматичних змін і досі є предметом дискусії фахівців. Достовірним фактом однак вважають те, що упродовж минулих 100 років (відколи проводяться повсюдні надійні метеорологічні спостереження) середня температура земної поверхні зросла приблизно на градус Цельсія, до того ж половина цього підвищення припала на півтора останні десятиріччя [1].

Наслідком потепління і викликаного ним танення льодовиків стане підвищення рівня світового Океану. Експертні оцінки ІРСС (Міжурядової ради з кліматичних змін) щодо абсолютних показників цього підвищення до 2100 року коливаються від 18–59 см (“помірний” сценарій) до 80–200 см (“катастрофічний” сценарій, що призведе до затоплення значних площ суходолу і навіть зникнення цілих острівних держав, таких як Мальдіви чи Тувалу, і до радикальних змін клімату майже скрізь) [1]. У кожному разі, подальше підвищення температури може мати характер “ланцюгової реакції”: нагрівання океанічних вод призводитиме до викидання в атмосферу величезних мас розчиненого в них вуглекислого газу, а це в свою чергу викликати нове підвищення температури.

Зачепили ці негативні кліматичні зміни й Україну. Українськими реаліями вже стають зміни традиційних технологій землеробства, потреба переходу до поливного рільництва у віднині посушливих зонах, зміна районування багатьох сільськогосподарських культур, що саме по собі потребує великих і скоординованих зусиль на державному рівні. Ще одним тривожним “дзвіночком” є поява видів живих організмів, характерних раніше лише для Причорномор’я (зокрема й небезпечних каракуртів), на широті півночі лісостепу (Черкащина й південна Київщина).

Яка ж ймовірна причина цих екологічних змін? За думкою експертів, одна з головних – це енергетичні “перевитрати” людства. Головну провину несе теплова енергетика, що ґрунтується на спалюванні запасів органічних речовин (вугілля, нафта, газ, сланці), які природа накопичила за мільйони років існування на Земній кулі органічного життя. Саме вона насичує атмосферу вуглекислотою, сірководнем та іншими шкідливими викидами, що спричиняють парниковий ефект.

Протидії глобальним кліматичним змінам було присвячено вже декілька самітів світових лідерів. При цьому пошуки глобального розв’язання традиційно наражаються на



спротив країн з потужною тепловою енергетикою і металургією (США, Китай, Індія, Росія), для яких заходи з обмеження викидів можуть стати найвитратнішими і суттєво обмежать їхню економічну конкурентоспроможність.

Однак, попри перешкоди, механізм Кіотського протоколу набув чинності. Низка держав (не лише розвинутих, а дедалі частіше й так званого “третього світу”) здійснюють найсерйозніші кроки для заміни традиційної теплової енергетики альтернативною, зокрема й ґрунтованою на безпосередньому використанні сонячної енергії під час її перетворення в електричну (фотовольтаїка).

Паралельно домагаються повнішого використання тепла, що створює людина (зокрема за допомогою теплових насосів), впровад-

ження альтернативного палива (біогаз, солома, сміття, дизельне паливо з олійних культур тощо – хоч це має лише економічне значення для бідних на викопне паливо країн і не відсуває загрози глобального потепління).

Повсюдними стали суворі заходи з метою енергозаощадження, що здійснюються від гігантських виробництв і до окремих домогосподарств, а також запровадження нових технологій очищення. У деяких випадках це вже призвело до радикальної зміни структури енергоспоживання (рис. 1).

За прогнозами експертів, упродовж найближчих десятиріч достатньо інтенсивно розвиватиметься також атомна енергетика, реально найконкурентніша з сьогодишньою тепловою. Та з атомною енергетикою пов’язані очевидні ризики: небезпека масштабних



Рис. 1. Перспектива використання різних видів енергії до 2100 року



аварій (ми, українці, переживши наслідки катастрофи на Чорнобильській АЕС, відчуваємо її особливо гостро, а нещодавня трагедія на японській станції “Фукусіма-1” лише посилила тривогу в усьому світі), а також невирішеність питання довгострокового зберігання радіоактивних відходів.

Крім того, атомна енергетика також є невідтворювана, а запасів атомного палива вистачить на обмежений період часу. Вже сьогодні людство відчуває помітний дефіцит паливного урану. До того ж, не продукуючи шкідливого вуглекислого газу, атомні електростанції, однак, є джерелами великого “теплого” забруднення довкілля, а подальший розвиток атомної енергетики в Україні стримується зокрема й малими запасами водних ресурсів, які потрібні для ставків-охолоджувачів.

Очевидно, що розв’язання енергетичної проблеми майбутнього ґрунтуватиметься на комбінації всіх перелічених вище питань, до того ж конкретні сценарії в кожній країні варіюватимуться залежно від кліматичної зони, наявності тих або інших місцевих ресурсів та стану економіки. Проте енергетиці, що ґрунтується на прямому перетворенні сонячного випромінювання на електроенергію, належить унікальне та універсальне місце. Адже найпотужнішим джерелом енергії, доступним для Земної кулі, є випромінювання Сонця (це розуміли ще в давньому Єгипті, де Сонце мало статус Бога, рис. 2). За природою своєю ця енергія є термоядерною, але реактор-Сонце завбачливо розташовано самою Природою за 150 мільйонів кілометрів від Землі, а накопиченої в ньому енергії вистачить принаймні на 4 мільярди років. Причому, використовуючи цю енергію, людина не продукує не лише хемічного, а й теплового забруднення планети: відбувається лише перерозподіл тієї енергії, що й так падає на земну поверхню з космосу.



*Рис. 2. Фараон Ехнатон (XIV ст. до Р. Х.)
поклоняється Богу-Сонцю
(стела з Каїрського музею)*

Розвинені країни йдуть сьогодні шляхом форсованого розвитку різних форм використання сонячної енергії (зокрема, реалізуються масштабні програми побудови великої кількості вітроелектростанцій різної потужності). Високоперспективними у стратегічному переліку є однак використання напівпровідникових фотоелементів, які напряду перетворюють сонячну енергію на зручну для використання електричну.

Упродовж останніх десятиліть технологія сонячних перетворювачів інтенсивно розвивалася. Панелі сонячних батарей було встановлено ще на третьому радянському супутнику, який вивели на орбіту 15 травня 1958 року. Відтоді вони стали обов’язковим атрибутом усіх космічних апаратів. Сьогодні ці



батареї, образно кажучи, спустилися з космосу на Землю, надійно ввійшли у побут і стали ідеальними джерелами енергопостачання для окремих домогосподарств, а також надійно працюють у найрізноманітніших автономних пристроях побутової електроніки.

Достатньо добре розв'язано питання накопичення, виробленої упродовж світлового часу, "сонячної" електрики. Сонячні батареї "рухають" різноманітні транспортні агрегати, – причому вже не лише автомобілі й човни, а й експериментальні зразки літаків.

Так, 2010 року літак на сонячних батареях зумів протриматися в повітрі добу.

Швейцарські фахівці Б. Пікар та А. Боршверг створили літак "Сонячний імпульс" з розмахом крил 80 метрів, на яких змонтовано понад 10 тисяч кремнієвих сонячних елементів, що забезпечують швидкість польоту 100 км/год. Наявність чотирьох 100-кілограмових літєвих акумуляторів, закріплених під кожним із 4-х пропелерів, які накопичують генеровану вдень електроенергію, дала змогу здійснити перший довколаземний політ, не перериваючи його вночі (рис. 3).

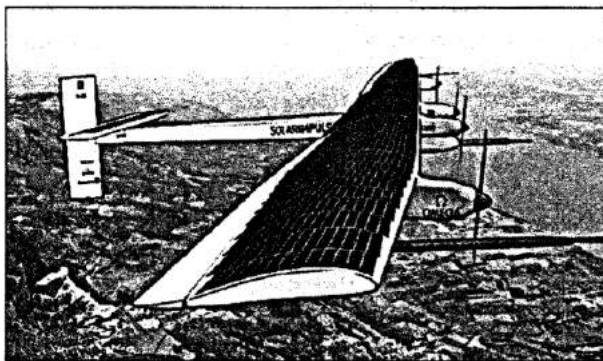


Рис. 3. Літак "Сонячний імпульс"

На черзі – "велика" сонячна енергетика, що працюватиме для промисловості та забезпечення життєдіяльності міст. Готуючись до цієї

перспективи, в США вже сьогодні планують будівництво нової системи електростанцій із встановленою потужністю в понад 100 мегават (встановлена потужність "Сонячного проекту Аква Калієнте" у штаті Арізона досягла в червні 2012 року 247 МВт, а в 2014 році її планують довести до 397 МВт. Вартість проекту становить 1,8 млрд доларів (рис. 4) та потужних енергомереж – від пустельних штатів Південного Заходу зі спекотним сонячним кліматом, де спорудження великих фотovoltaїчних станцій найбільше виправдано, до місць традиційного споживання цієї енергії (див. [2]).

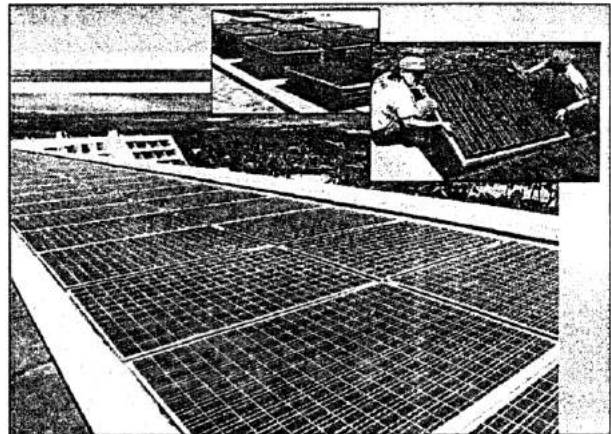


Рис. 4. Сучасна мегаватна сонячна електростанція на напівпровідникових перетворювачах (США)

Європейський союз (ЄС) також приділяє значну увагу розвитку альтернативних джерел енергії, зокрема фотоелектричному перетворенню енергії. У доповіді "Енергетична (р)еволюція: на шляху до постачання повністю відновлюваної енергії в ЄС" [3], підкреслено, що комплекс наявних технологій, а також широке впровадження електромобілів і ініціатив зі скорочення споживання уможливить різкі зміни енергетичних витрат.



Європейський Союз міг би отримати 92 % своєї енергії з поновлюваних джерел (таких, як вітрова та сонячна енергія) вже до 2050 року, водночас скоротивши викиди вуглекислого газу на 95 % порівняно з 1990 роком. Про це йдеться в доповіді організації "Грінпіс інтернешнл" та Європейської ради з відновлюваної енергетики під назвою "Сценарій енергетичної (р)еволюції ЄС від Грінпіс на 2050 рік" [4]. Для цього будуть потрібні додаткові 2 трильйони євро інвестицій, та ці витрати будуть перекриті 2,65 трильйонами євро економії витрат на паливо, стверджують автори доповіді.

Прикметно, що розвиток сонячної енергетики вже став у розвинених країнах предметом справжнього стратегічного змагання в науці і технологіях. Університети США щороку змагаються за найвищий досягнутий ККД фотоперетворювачів, а ралі на "сонячних" автомобілях через Австралію щороку приносить

новий рекорд швидкості (1982 року шлях у 4 тис км вперше подолали із середньою швидкістю на трасі в 30 км/год, нині ця швидкість перевищила 90 км/год).

2. Україна: потенціал і здобутки

Як свідчить аналіз, Україна за рівнем реального надходження сонячної енергії на одиницю площі (враховуючи відносно сухий і малохмарний клімат) є достатньо перспективною країною. Величина інсоляції в Україні в середньому відповідає рівню півдня Німеччини чи півночі Франції і перевищує рівень Великої Британії чи Скандинавських країн, де виробництво й використання "сонячної" електроенергії сьогодні в сотні разів вище, ніж в Україні. Загалом на рік один квадратний метр поверхні на широті півдня України отримує 1900 кВт енергії сонячного випромінювання (на екваторі – 2300 кВт), (рис. 5).

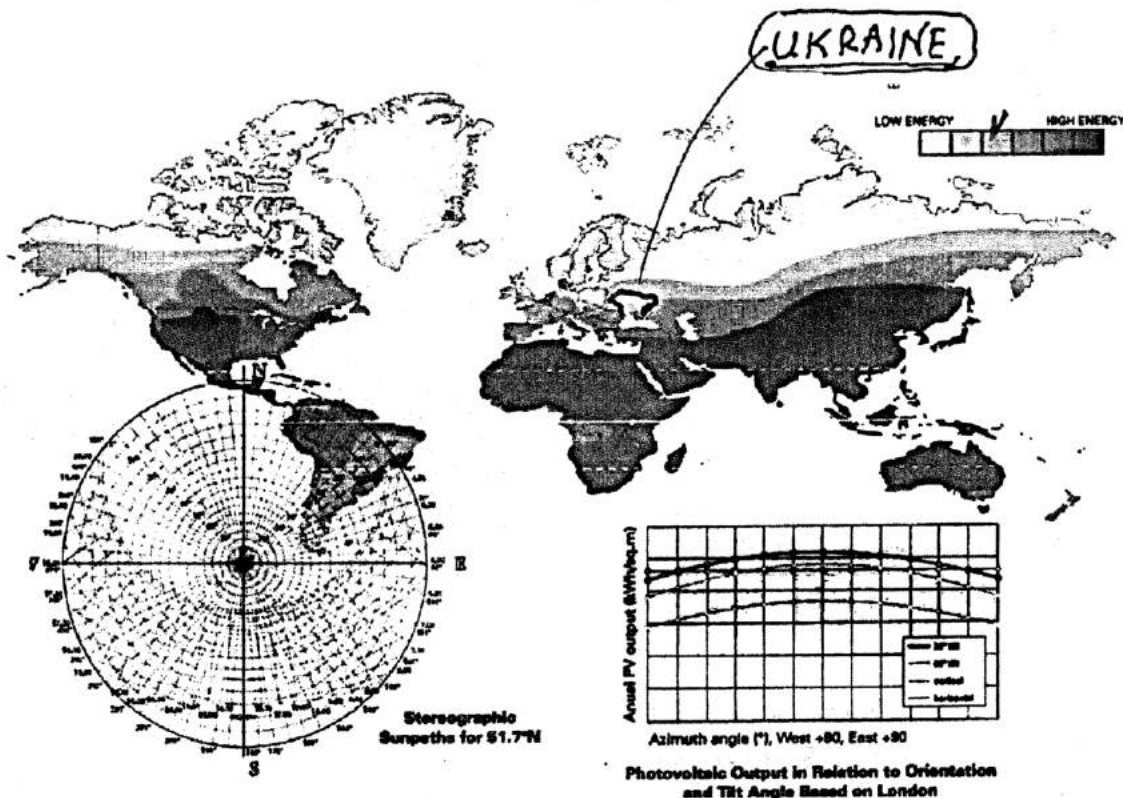


Рис. 5. Розподіл рівня інсоляції земної поверхні



Великі традиції має й українська напівпровідникова наука (саме ця галузь скрізь у світі перейнята конструюванням нових ефективніших перетворювачів).

Нагадаємо, що сам p - n -перехід між двома ділянками одного напівпровідника з різним типом провідності, а також явище вентильного фотоелекту на цьому переході (що лежить в основі роботи всіх фотоелементів) відкрив у Києві 1941 року український учений В. Є. Лашкар'юв, чиє ім'я носить сьогодні Інститут фізики напівпровідників НАН України [5]. На жаль, це "нобелівського" рівня відкриття пройшло тоді майже непоміченим – йшла Друга світова війна, а технологія основних напівпровідників – германію і кремнію – була ще зовсім нерозвинена.

З кінця 1970-х років над створенням ефективних фотовольтаїчних елементів на основі

контакту металу і дешевого аморфного кремнію активно працювала група дослідників на радіофізичному факультеті Київського університету ім. Т. Г. Шевченка, яку очолював учень академіка В. Є. Лашкар'юва професор В. І. Стріха [6–8]. У свій час під керуванням В. І. Стріхи було створено вельми ефективні кремнієві перетворювачі з ККД майже 20 %.

Проф. В. І. Стріха став і одним з перших популяризаторів фотовольтаїки в Україні [8, 9]. Ще до катастрофи на ЧАЕС він наголошував на небезпеках офіційно затвердженої тоді в СРСР орієнтації виключно на масштабний розвиток сонячної енергетики, і через це його перша в історії україномовна популярна брошура, що була присвячена перспективам розвитку сонячної енергетики [8] (рис. 6), мала великі проблеми з проходженням через тодішню цензуру.

Приблизно в той же час в АН УРСР та Київському політехнічному інституті були розпочаті роботи зі створення сонячних елементів на основі кристалічного кремнію з ви-



Рис. 6. Брошура В. І. Стріхи "Сонячна енергетика і проблеми її розвитку" (1983), у якій вперше комплексно обґрунтовано необхідність розвитку фотовольтаїки як стратегічної перспективи виживання людства

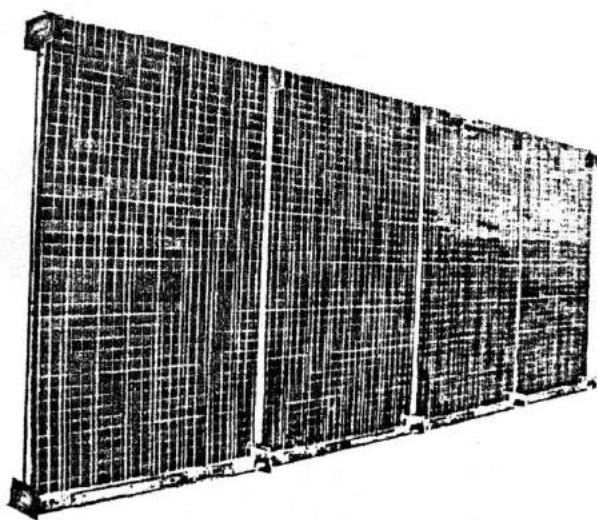


Рис. 7. Космічний апарат КС5МФ2 – "Мікрон" і комплект сонячних батарей до нього



готовленням p - n -переходів. Роботи виконували групи дослідників, які очолювали професори В. Г. Литовченко, А. П. Горбань та О. М. Шмирьов, і були зорієнтовані на виготовлення відповідно космічних та наземних сонячних батарей [10–13]. Також були отримані сонячні перетворювачі з параметрами, близькими до світових. Зокрема, в межах Національної космічної програми України, колективом, який очолював А. П. Горбань, були розроблені, виготовлені та поставлені комплекти космічних сонячних батарей (СБ) з високим ККД (майже 19 %), призначених для використання в системі енергопостачання космічних апаратів (КА) нового покоління. Зазначені батареї пройшли повний цикл автономних і комплексних випробувань та були встановлені на льотному зразку першого українського космічного апарату КС5МФ2 “Мікрон”, запуск якого відбувся в грудні 2004 році (рис. 7).

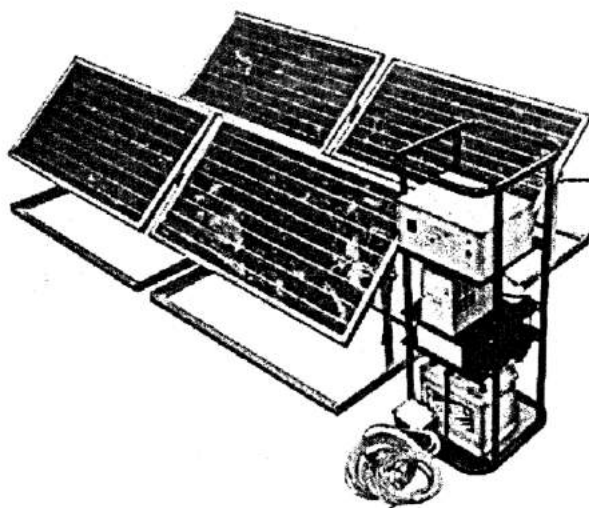


Рис. 8. Мобільна сонячна електростанція для електрозварювальних робіт (розробка ІФН НАН України)

На замовлення МНС України були розроблені кремнієві СБ підвищеної ефективності, призначені для використання в складі сонячно-акумуляторних блоків електроживлення професійної дозиметричної та радіометричної апаратури, що експлуатується в польових умовах, та освоєно малосерійне виробництво.

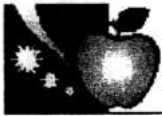
На рис. 8 зображена оригінальна спільна розробка Інституту фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України та Інституту електрозварювання ім. О. Є. Патона НАН України – мобільний геліозварювальний апарат широкого призначення (його можна застосовувати зокрема як автономний технологічний центр [14]).

Важливою розробкою також є перший та єдиний в Україні атестований Держспоживстандартом Центр випробувань фотоперетворювачів та фотоелектричних батарей (ЦВФФБ), яким користуються також іноземні організації.

3. Фотовольтаїчні перетворювачі: сучасний стан і перспективи

Принциповою проблемою є низька концентрація сонячної енергії, що передбачає потребу покриття фотовольтаїчними елементами значних площ, а отже й виробництво достатньої кількості кремнію для цих фотоелементів. Це, в свою чергу, зумовлює потребу розвитку потужної індустрії з виробництва чистого кремнію, понад половина світового виробництва якого 2010 року (54 тисячі з понад 100 тисяч тон) скеровується саме на потреби сонячної енергетики. Для виробництва сонячних фотоперетворювачів використовують й інші напівпровідники, проте в масовому виробництві відносно дешевий кремній з його майже невичерпними запасами сировини не має й в найближчій перспективі не матиме конкурентів.

Потужності з виробництва чистого кремнію у провідних країнах світу постійно нарощуються. Однак нині утворився дефіцит чис-



того кремнію, через що у кілька разів підвищилася ринкова ціна на нього. Світовий від'ємний баланс виробництва кремнію якості, потрібної для виробництва сонячних елементів, що склався після 2003 року, за прогнозними даними, зростатиме упродовж найближчих 10–15 років саме через різке зростання попиту та через стрімкий розвиток сонячної енергетики.

Високою все ще залишається вартість напівпровідникових фотоперетворювачів – генераторів енергії. Хоча впродовж минулих чотирьох десятиріч унаслідок інтенсивного розвитку технологій їх вдалося значно здешевити (квадратний метр перетворювачів на кристалічному кремнії коштує 400 євро, на аморфному – 80 євро, а починаючи з 1990 року вартість цього квадратного метра постійно знижувалася – щороку приблизно на 4 %). Вартість генерованої ними енергії з урахуванням ціни інсталяції потужностей становить сьогодні 2–3 євро/кВт·год (для енергії, що отримана шляхом спалення вугілля, газу чи нафти, цей показник становить 0,1 x 0,2 євро/кВт·год). І, хоча за спалюване органічне паливо треба платити весь час, а “сонячні” потужності потребують у подальшому лише порівняно невеликих експлуатаційних витрат, висока стартова ціна залишається суттєвою економічною й психологічною проблемою для традиційних споживачів.

Нарешті, принциповою проблемою є недостатньо високий коефіцієнт перетворення енергії випромінювання Сонця в електричну (15–25 % залежно від типу й матеріалу перетворювачів). Тут існує верхня теоретична межа, пов'язана з кількістю електрон-діркових пар, народжених у ділянці *p-n*-переходу (чи в ділянці просторового заряду гетеропереходу, контакту метал–напівпровідник, або структури метал–діелектрик–напівпровідник), які можуть бути “розведені” внутрішнім електричним полем і які беруть участь у створенні корисної напруги.

Коротко зупинимось на наукових принципах дії сонячних фотоперетворювачах променевої енергії на електричну, що є контактом металу з сильно легованим напівпровідником *n*- чи *p*-типу, де в приповерхневому бар'єрі народжені світлом носії “розводяться” полем у різні боки, створюючи цим напругу (в режимі розімкнутого кола) або струм (у режимі замкнутого кола, рис. 9).

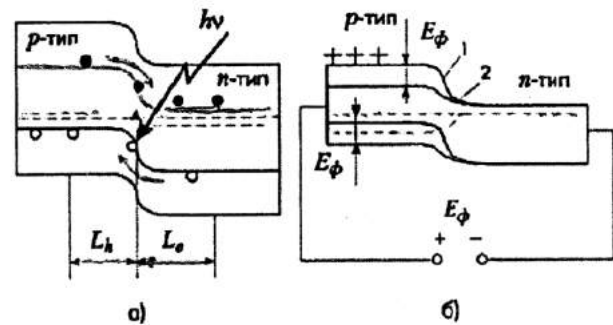


Рис. 9. Зонна діаграма сучасного фотоперетворювача

На рис. 10 зображено узагальнені дані розрахунку залежності ідеального ККД сонячних елементів від ширини забороненої зони напівпровідника E_g , для звичайного ($C = 1$) та концентрованого ($C = 10^3$) сонячного випромінювання.

Як відомо, спектр сонячного випромінювання відповідає спектрові випромінювання абсолютно чорного тіла з температурою 5785 К, його максимум припадає на оптичну ділянку з довжиною хвилі порядку півмікрона (рис. 11).

Якщо енергія кванта буде значно більша від ширини забороненої зони напівпровідника, то народжені ним електрон і дірка непродуктивно “трітимуть” кристалічну ґратку під час зіткнень з коливаннями її атомів (фононами). Водночас кванти з енергією, меншою від ширини забороненої зони напівпровідника, електрон-діркових пар взагалі не народжують, і тому середнє і далеке інфрачервоне сонячне випромінювання для кремнієвих фотоперет-

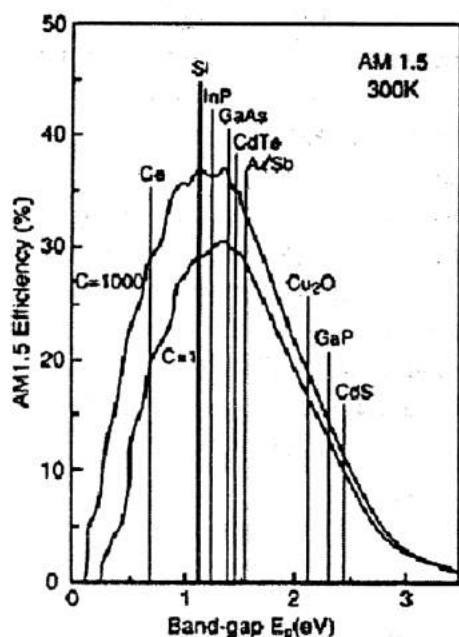


Рис. 10 Залежність ККД сонячних елементів від ширини забороненої зони напівпровідника для звичайного і концентрованого випромінювання

ворювачів ($E_g = 1,1$ eV) “пропадає” марно. До того ж, народжені електрон і дірка мають “встигнути” бути “розведеними” полем у різні боки (прорекомбінувавши в ділянці просторового заряду, вони корисної напруги теж не створюватимуть). Через те верхня межа ККД для звичайних кремнієвих перетворювачів становить приблизно 25–30 %. Про шляхи підвищення цієї величини йтиметься далі.

На шляху створення “великої” сонячної енергетики існує й низка суттєвих технічних проблем. Це – перетворення низької напруги, що її продукують фотоперетворювачі (порядку 1 В), на зручну для транспортування електромережами високу, і накопичення електроенергії для перекриття потреб нічного часу, коли фотоелементи не діють. Проте ці проблеми мають технологічний характер і потре-

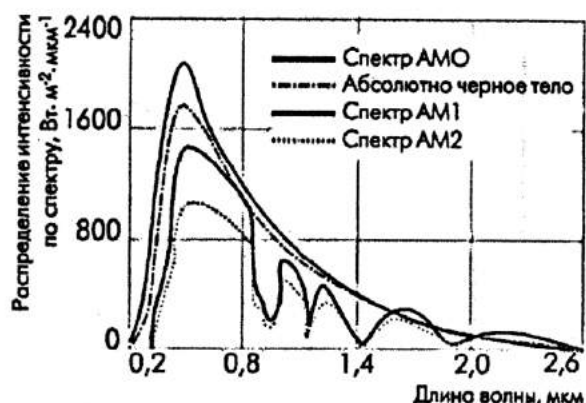


Рис. 11. Спектр сонячного випромінювання

бують радше виважених і масштабних логістичних рішень, а тому лишатимуться поза межами нашого подальшого розгляду.

Існують й апробовані світовою практикою шляхи розв’язання перелічених вище проблем. Насамперед, це державне фінансування промислового випуску сонячних перетворювачів. По-друге, це дотації за споживання екологічно чистої енергії (практикою країн Європи є запровадження спеціальних “зелених тарифів”. Особливо розвиненою ця система є в Німеччині та Скандинавських країнах). Нарешті, це розширення фінансування наукових розробок.

У межах амбітної Європрограми “Solar Energy”, починаючи з 2007 року, здійснюється масштабне фінансування перелічених вище заходів на рівні 5 мільярдів євро на рік.

Як наслідок, розвиток сонячної енергетики в Європі йде величезними темпами – 30–40 % на рік – і за цим показником сонячна енергетика є чи не найдинамічнішою галуззю сьогодношньої індустрії.

Загалом виробництво сонячних батарей у світі за перше десятиріччя XXI століття зросло приблизно у 25 разів (рис. 12), а загальна інсталювана потужність нових сонячних елементів 2011 року перетнула позначку в 25 ГВт.



в понад 10 разів (таке виробництво інтенсивно розвивається, починаючи з 2007 року);

- використання багатошарових структур напівпровідників з градієнтом ширини забороненої зони E_g (у бік від “оптичного вікна” до значень, характерних для вузькощілинних матеріалів типу сполук кадмій–ртуть–телур), виготовлених і методами молекулярно-променевої епітаксії, і керованої самоорганізації; що дає змогу використати для генерування напруги й довгохвильові кванти ІЧ-діапазону і тим підвищити ККД перетворювача;

- використання органічних напівпровідників, на яких уже зараз отримано ефективність перетворювачів до 7–10 %.

Нарешті, можливе й використання цілком нових принципів роботи сонячних батарей.

До цієї групи слід віднести:

- батареї на основі квантових надграток (ефективні, бо використовуються кванти майже всього спектрального діапазону сонячного випромінювання, та поки ще надто дорогі, хоч їх вже нині застосовують у космічних апаратах);

- використання квантових точок, вбудованих у напівдіелектричні матриці (цей напрям може виявитися ефективним разом із загальним розвитком нанотехнологій);

- використання багатодолинних напівпровідників для генерації гарячих фотоелектронів.

Нещодавно в [19] зроблено успішну спробу використати графен, який уперше було отримано 2004 року, як технологічний прозорий електрод для можливих застосувань у фотовольтаїці, органічних світлодіодах, сенсорних екранах, дисплеях тощо.

Основним завданням під час розв’язання такої проблеми є досягнути найкращої комбінації прозорості (97,3 % для монотомного шару графену в оптичному та близькому ІЧ діапазоні) і питомого 2D опору, який, щоб ці

системи стали конкурентоспроможними з наявними покриттями, має бути меншим від 100 Ом.

У [19] цього досягнули, використавши енергонезалежне “легування” графену полем диполів релаксора полівініліден флюорид трифлуороетилен (PVDF-TrFE). Це дало змогу отримати високі концентрації носіїв порядку $3 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$, які забезпечили питомий 2D опір майже 120 Ом за кімнатної температури. При цьому система “релаксор–графен” демонструвала високу прозорість (понад 95 %), чудову механічну гнучкість, хемічну інертність, а технологія її виготовлення виявилася простою, що дало змогу авторам [19] говорити про наявність прориву в створенні графенових прозорих електродів і оптоелектронних пристроїв нового покоління.

Загальну динаміку підвищення ККД сонячних батарей зображено на рис. 10.

Як видно, ефективність каскадних батарей з концентраторами вже становить майже 45 %.

Сьогодні українські вчені працюють у більшості з напрямків, що перелічені. Такі роботи проводять в Інституті фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України, Київському національному університеті імені Тараса Шевченка, інших провідних академічних інститутах та вищих навчальних закладах України.

Серед досягнень відзначимо такі [10, 17]:

1. Розроблена загальна теорія фотовольтаїчних перетворювачів, що працюють у режимі концентрованого опромінення.

2. Запропоновані нові принципи створення економічних фотоперетворювачів з фасеточними концентраторами.

3. Запропоновані економічні перетворювачі з квантовими кластерами, що вбудовані в прозору провідну матрицю (полімерну, та на основі легованого індієм окису олова).



5. Яке майбутнє в української фотовольтаїки?

Як уже зазначалося, основою сонячної енергетики є (і в осяжній перспективі лишиться) промисловість з виробництва чистого кремнію. У колишньому СРСР основні виробники полі- та монокристалічного кремнію для потреб електроніки були розташовані саме на території України. На жаль, на початку 1990-х років цей потенціал було втрачено, і нині йдеться про його відновлення. Цьому завданню було підпорядковано Державну цільову науково-технічну програму “Створення хеміко-металургійної галузі виробництва чистого кремнію упродовж 2009–2012 років”, ухвалену Постановою Кабінету Міністрів України № 1173 від 28 жовтня 2009 року. Програма ставила завданням створити сучасну хеміко-металургійну галузь виробництва чистого кремнію для потреб українських підприємств – виробників високотехнологічних виробів, забезпечення розвитку наноелектроніки та нанофотоніки, виробництва сонячних елементів, сонячних модулів і виробів електронної техніки, звільнення від імпортової залежності та одночасного створення потужного експортного потенціалу. Передбачалося, що програма стимулюватиме подальший розвиток сучасної сонячної енергетики, наноелектроніки, нанофотоніки і мікроелектроніки в Україні. Важливим мав бути і соціальний результат: від залучення додаткових трудових ресурсів та створення нових робочих місць.

Однак 2010 року новий уряд скасував цю програму, і фінансування українських наукових досліджень, які нею передбачалися, було згорнуто. Натомість у 2010–2012 роках в Україні ударними темпами було споруджено дві великі СЕС у Криму: Перово (інстальована потужність 100 МВт) та Охотніково (80 МВт), які у липні 2012 року за цим показником посідали 4-те і 12-те місце в світі, відповідно.

На жаль, австрійська компанія Activ Solar (її фактичним власником ЗМІ називають першого віце-прем'єр-міністра, а згодом секретаря РНБОУ України А. Ключова) виконала інсталяцію цих СЕС фактично без використання напрацьованих українських науковців, з кремнієвих батарей, закуплених у Китаї.

Як наслідок, у пресі розпочалася кампанія звинувачень у тому, що люди, які стоять за українськими СЕС, отримують надприбутки за рахунок штучно завищеного “зеленого тарифу” (держава закуповує енергію ГЕС за ціною 15 коп. за кВт год., АЕС – 22 коп., ТЕС – 68 коп., вітрових ЕС – 1,2 грн. і СЕС – 5 грн.; вся ця електроенергія переміщується в єдиній мережі й доходить до споживача за середньозваженою ціною в 48 коп., див. [20]).

На жаль, це значною мірою погіршило ставлення широкої громадськості до перспектив розвитку фотовольтаїки в Україні.

6. Висновки

Очевидно, що, претендуючи на роль великої європейської держави, Україна не може стояти осторонь пошуку відповідей на глобальні виклики, які постали сьогодні перед людством (і які стосуються не лише дальшої якості життя людини, а і його прямого фізичного виживання, що може бути поставлене під загрозу неконтрольованими кліматичними змінами).

Україна з її науковим та промисловим потенціалом може посісти гідне місце в розвитку сонячної енергетики, що ґрунтується на фотоелектричних перетворювачах (що є однією з найреальніших альтернатив сьогоденній енергетиці).

Та потрібна постійна увага держави до цього без перебільшення доленосного з погляду майбутнього напрямку. Потрібна послідовність у виконанні раніше ухвалених рішень (не фінансовані належно державні програми не мають шансів досягнути мети; а про-



грами, згорнуті на півдорозі, деморалізують виконавців і позбавляють їх віри в те, що на вищому державному рівні є розуміння стратегічних напрямів розвитку держави).

Література

1. *Making Sense of Trends* // Scientific American, 2010. – Vol. 303, N. 5, November. – P. 61.
2. Matthew L. Wald. *How to Build the Supergrid* / Scientific American, 2010. – Vol. 303, N. 5, November. – P. 36–41.
3. <http://ua-energy.org/post/1525>
4. <http://www.erec.org/newssingleview/article/greenpeace-eu-energy-revolution-scenario-2050.html>
5. Лашкарев В. Е. *Исследование запорного слоя методом термозонда* // Известия АН СССР, серия “Физика”, 1941. – Т. 5, № 4–5. – С. 442–456.
6. Кильчицкая С. С., Стриха В. И. *Свойства солнечных элементов с барьером Шоттки (обзор)* // Оптоэлектроника и полупроводниковая техника, 1986. – вып. 10. – С. 3–10.
7. Стриха В. И., Кильчицкая С. С. *Солнечные элементы на основе контакта металл-полупроводник* // Санкт-Петербург: “Энергоатомиздат”, 1992. – 136 с.
8. Стриха В. І. *Сонячна енергетика і проблеми її розвитку* // Київ: Товариство “Знання” УРСР, 1983. – 16 с.
9. Стриха В. І. *СЕС чи АЕС?* // Прапор. – 1988. – № 1. – С. 148–153.
10. Саченко А. В., Горбань А. П., Костылев В. П., Серба А. А., Соколовский И. О. *Сравнительный анализ эффективности фотопреобразования в кремниевых солнечных элементах при концентрированном освещении для стандартной и тыловой геометрий расположения контактов* // ФТП, 2007. – Т. 41, вып. 10. – С. 1231–1240.
11. Gorban A. P., Kostilyov V. P., Sachenko A. V., Chernenko V. V. *Generalized Analytical Model for Calculation of Conversion Efficiency in Silicon Solar Cells* // Proceedings of 17 European Photovoltaic Solar Energy Conf. and Exhibition. (Munich, Germany, 22–26 October, 2001). – Munich, 2001. – P. 234–237.
12. Горбань А. П., Костылев В. П., Саченко А. В. [и др.] *Разработка физико-технических основ создания высокоэффективных кремниевых фотопреобразователей и солнечных батарей космического и наземного применения* // Авиационно-космическая техника и технология, 1999. – Вып. 8. – С. 83–87.
13. Gorban’ A. P., Kostylev V. P., Borschev V. N., Listratenko A. M. *State and prospects of a development of silicon photoconverters and batteries for the space use* // Telecommunications and Radio Engineering, 2001. – Vol. 55, No 9. – P. 94–100.
14. Litovchenko V. G., Makarov A. V., Paton B. E., Korotynsky A. E. *Mobile Photovoltaic Electro-welding System* // In: Proc. 19-th European PV-solar energy Conference, 2–11 June 2004, Paris. – 2004. – P. 2364–2366.
15. Зи С. *Физика полупроводниковых приборов*. Т. 2. – Москва: Мир, 1984.
16. Литовченко В. Г. *Разработка полупроводниковых солнечных батарей* // В кн.: “Надёжность микроэлектронных систем и элементов”. – Киев: “Наукова думка”, 1983. – С. 3–40.
17. Litovchenko V., Klyui N. *Solar cells based on DLC film-Si structures for space applications* // Solar Energy Materials and Solar Cells, 2011. – Vol. 65. – P. 55–70.
18. Стриха М. В. *Фізика графену: стан і перспективи* // Сенсорна електроніка і мікросистемні технології, 2010. – Т. 1(7), вип. 3. – С. 3–14.
19. Guang-Xin Ni, Yi Zheng, Sukang Bae, Chin Yaw Tan, Orhan Kahya, Jing Wu, Byung Hee Hong, Kui Yao, and Barbaros Ozyilmaz. *Graphene Ferroelectric Hybrid Structure for Flexible Transparent Electrodes* // ACS NANO. – 2012. – Vol. 6, N. 5. – P. 3935–3942.
20. Дем’янчук І. *Погріти руки на Сонці* // Україна молода. – 2013. – 16 січня. – С. 6.



ЗМІСТОМ ЙОГО ЖИТТЯ Є НАУКА

17 січня 2013 року виповнилося 80 років від дня народження відомого вченого-астрофізика, дійсного члена Наукового товариства імені Шевченка, члена редколегії журналу “Світ фізики”, професора Івана Климишина.

*“Очерет мені був за колиску;
В болотах я родився і зріс.
Я люблю свою хату поліську...
Я люблю свій зажурений ліс...”*

– такими поетичними рядками Дмитра Фальківського любить згадувати своє дитинство Іван Антонович.

Шлях до науки в Івана Климишина був нелегкий. Закінчивши вісім класів Лановецької школи, він фактично змушений був тікати до Львова від політичних переслідувань через родинні зв’язки із так званими “ворогами” радянської влади.

Екстерном склавши іспити за IX–X класи, І. Климишин закінчив Львівську середню школу № 8. Окрилений успіхом, 1950 року вступив до Львівського державного (нині національного) університету імені Івана Франка на фізико-математичний факультет.

Неординарні математичні здібності студента, високий рівень здобутих знань, непересічну працелюбність, уміння самостійно мислити оцінив один із відомих астрофізиків того часу, пізніше його науковий керівник, професор С. Каплан (1921–1978).

Відтоді творче життя Івана Климишина увійшло в більш-менш спокійне річище, і упродовж наступних років його наукові праці друкувалися щорічно у провідних фахових журналах. Він став співробітником Астрономічної обсерваторії Львівського університету імені Івана Франка.

Цей період життя Івана Климишина позначений блискучими творчими перемогами. Він отримав фундаментальні результати в галузі космічної газодинаміки, а саме в її важливому розділі – теорії ударних хвиль, що вивчає закономірності руху речовини в неоднорідних атмосферах планет, зір і в міжпланетному просторі. У ті роки дослідження можливої ролі ударних хвиль як вельми ефективного механізму перенесення енергії з глибоких надр зорі назовні при спалахах Нових зір лише започатковувались. Поступово теорію ударних хвиль дедалі впевненіше використовують для пояснення особливостей спектрів пульсуючих змінних зір, під час обговорення проблем нагріву сонячної хромосфери і корони, інтерпретації явищ у Наднових зорях тощо.

У 28 років І. Климишин успішно захистив кандидатську дисертацію “Ударні хвилі і надзвукові течії в оболонках зір”, за 10 років – докторську (“Ударні хвилі в зорях”).

Його призначили заступником директора обсерваторії з наукової роботи. Водночас Іван Климишин читав лекційні курси з астрономії,



керував курсовими й дипломними роботами, виховав чимало аспірантів. Серед них – відомий учений Богдан Гнатик.

У науковій творчості Івана Климишина виділяються два періоди.

Перший – львівський період творчості, коли розпочався цикл досліджень, у яких він дає оригінальні розв’язки основних рівнянь внутрішньої будови зір і газової динаміки. Він розглянув загальні співвідношення, що виконуються під час проходження ударної хвилі, вивів вирази ударної адіабати і стрибків параметрів на фронті ударної хвилі з урахуванням тиску і густини енергії випромінювання, виклав складну і все ще далеку від розв’язання проблему розрахунку структури ударних хвиль, задачу про ефективну температуру ударної хвилі, що рухається у неоднорідному середовищі, узагальнив аналітичні методи розрахунку параметрів нестационарних ударних хвиль на випадок релятивістських ударних хвиль.

Наукові виднокола вченого розширюються: його дослідження лягають в основу монографії “Ударні хвилі в неоднорідних середовищах”, яку в ті “застійні” 1970-ті роки було написано українською мовою.

Показово, що в житті і творчості Івана Климишина грань між точною наукою та її популяризацією серед широкого загалу, насправді, стерлася. Іван Антонович володіє рідкісним і цінним даром доступно викладати найскладніші питання сучасної астрономічної науки. Саме у Львові він дебютував своєю науково-популярною книжкою “Поговоримо про літочислення” (1965), згодом (1972–1976) вийшли з друку: “Цікава астрономія” (у співавторстві з Б. Козаренком та П. Олійником), “Календар природи і людини”, “Астрономія вчора і сьогодні”.

Широка ерудиція, невтомні пошуки свого стилю, талант і натхнення відчуваються у кожній праці проф. Климишина. Недарма він любить згадувати вислів Анрі Пуанкаре: “Важко повірити, яку велику економію думки може здійснити одне добре підібране слово. Часто досить винайти нове слово, і це слово стає творцем...”

У 1973 році Івана Антоновича запросили на викладацьку роботу до Івано-Франківського педагогічного інституту (нині Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника).

Розпочався і триває другий – івано-франківський період діяльності. Професор Климишин веде такі фундаментальні дисципліни, як теоретична астрофізика, астрономія, зоряна астрономія, газодинаміка міжзоряного середовища та інші. Його лекції захоплюють студентів і слухачів глибиною і яскравістю думки, багатством ерудиції, високим науковим рівнем, інтелігентністю.

Змістом його життя є наука. Він любить поезію, світову літературу, музику, мистецтво, глибокий знавець історії, зокрема історії релігії, але все своє творче обдарування, талант ученого, незвичайну працелюбність віддає науковій праці.

Унаслідок подальших досліджень у царині зоряної газодинаміки Іван Климишин довів, що поряд із механізмом променевої теплопровідності найефективнішим механізмом перенесення енергії вибуху із внутрішніх шарів зорі до її поверхні є нестационарні ударні хвилі. Ці праці є вагомим внеском у вивчення фізики нестационарних процесів.

Узагальнюючи отримані результати, 1984 року Іван Климишин видав нову монографію “Ударные волны в оболочках звезд”. Виходять книги “Астрономія вчора і сьогодні”, “Астрономія



наших днів”, “Релятивістська астрономія”, “Календар і хронологія”, “Перлини зоряного неба”, “Астрономія”. Більшість з них перекладали російською, французькою, англійською мовами та видавали по декілька разів.

Захоплення професора І. Климишина популяризацією астрономічної науки є великим і глибоким. Крім особистого тяжіння до цього роду творчості, воно зумовлене ще й усвідомленням надзвичайної важливості розповсюдження наукових знань для духовного розвитку рідного народу.

У 1990-ті роки з-під пера автора вийшли підручники з астрономії для вищих навчальних закладів, а також школи: “Шкільний астрономічний довідник” (у співавторстві з В. Тельнюком), “Атлас зоряного неба”, “Нариси з історії астрономії”, “Небо нашої планети”, “Основи космології”, згодом – доповнені “Основи космології” (спільно з І. Дубицьким).

Помітним явищем стало видання 2003 року “Астрономічного енциклопедичного словника” (за загальною редакцією І. Климишина та А. Корсунь).

Водночас професор Климишин викладає в Івано-Франківській Теологічній академії УГКЦ. Іван Антонович сповідує ідею неподільної гармонійної єдності людини і Бога, людини і Природи, людини і Космосу. Він прагне пізнати і відтворити рух незнищенної матерії у безкінечній змінності її форм і виявів.

Учений залучає інших, особливо молодь, до того, аби збагнути світ і себе в ньому. Цим

спричинена така лавина науково-популярних та науково-методичних посібників, як “Наука і релігія: протистояння чи взаємодоповнення?”, “Календар і пасхалія”, “Вчені знаходять Бога”, “Основи християнської віри”.

Силове поле його книжок набуває дедалі більшої притягальної напруги. На зламі століть (2000) вийшла “Історія астрономії”, що охопила широченні пласти матеріалу з використанням різних джерел, багатьох першоджерел.

Наукова діяльність Івана Климишина має загальне визнання – його обрано членом Міжнародного Астрономічного Союзу (від 1964 року), заслуженим працівником Вищої школи України (1988), дійсним членом Наукового товариства імені Шевченка (1992), академіком Академії наук Вищої школи України (від 1993 року), нагороджений орденом “За заслуги” III ступеня (2000), медаллю “Ветеран праці” (1985), нагороджений премією ім. В. Вернадського (2004). А ще Іван Антонович – “Відмінник освіти України” (2000), почесний член “Просвіти” (від 1995 року), почесний член Української астрономічної асоціації (2000).

Двічі (1994 і 1995 роках) американський Біографічний інститут визнавав Івана Климишина “Людиною року” за досягнення в астрономії. У 1993 році ім’я “Климишин” присвоєно малій планеті ч. 3653 (обертається між Марсом та Юпітером), яку 1979 року відкрив співпрацівник Кримської астрофізичної обсерваторії М. Черних.

*Бажаємо Вам, вельмишановний ювіляре, щоб Бог беріг Ваш талант
для наукової праці й давав здоров'я на довгі літа.*

**Я. Довгий,
Б. Новосядлий, Г. Шопя**



ВИЗНАЧНА ОСОБИСТІСТЬ ЛЮДСТВА – ІСААК НЬЮТОН

На світі живе багато людей – вони здобувають освіту, працюють, виховують дітей, відходять у вічність. А є особистості, які по собі залишають майбутнім поколінням величезний спадок матеріальних та духовних цінностей. Зокрема це стосується великих учених, які своїми відкриттями зробили неоціненний внесок у розвиток людства. Що далі плине час, то більше людей усвідомлюють вагомість їхнього внеску. Такою особистістю є видатний англійський фізик Ісаак Ньютон.

Людей, якими ми захоплюємося і яких поважаємо, можна приблизно поділити на три типи.¹

Перший тип – це вольові та рішучі люди.

Саме про них розповідають у школі на уроках історії... Більшість людей цього типу були б забуті за декілька поколінь, якби вони не були об'єктами історії і драматичного мистецтва.

Другий тип – це люди, чия духовна діяльність забезпечила, поліпшила або збагатила життя цілих поколінь людей.

До цього типу належать насамперед винахідники і цілителі, чия діяльність протікає в галузі медицини, техніки, соціальної та економічної організації.

Третій (вищий) тип охоплює людей, які сприяли піднесенню людства загалом на новий щабель переживань, споглядання, морального буття і свідомості, а відтак вказали сенс життя.

До них належать великі художники, творці етичних канонів і мислителі. Для людства вони означають те саме, що органічне життя – для матерії: вони є носіями вищої свідомості. Генієм саме цього останнього і вищого типу був Ньютон.

Неважко охарактеризувати наукові здобутки Ньютона, які назавжди забезпечили йому особливе місце в історії духовного розвитку людства. Ньютон був першим, хто спробував сформулювати елементарні закони, що визначають часовий хід великого класу процесів у природі з високим ступенем повноти і точності. Його законам руху разом із законом тяжіння підпорядковується рух усіх небесних тіл, що відбувається під дією сил взаємного тяжіння. Відтак Ньютон здійснив мрії давніх філософів-матеріалістів – Демокріта та Епікура, які вважали, що має існувати причинний взаємозв'язок усіх без винятку фізичних явищ.

Після цих успіхів навряд чи залишилися які-небудь сумніви в тому, що розвиток загалом усіх матеріальних явищ відбувається з потрібною закономірністю, яку можна було б порівняти з ходом годинника. Крім того, стало очевидно, що процеси мислення мають бути нерозривно пов'язані з матеріальними процесами, що протікають у мозку, і тому виникла ідея про те, що і в основі мислення і бажань людини мають лежати ті ж строго причинні закономірності. Отже, Ньютон зробив своїми працями глибокий і сильний вплив на весь світогляд загалом.

Тепер ми знаємо, що тяжіння не є єдиною силою, що діє в природі. Тяжіння не може пояснити сили зчеплення в тілах, електричні сили, світло. Проте теорія руху Ньютона, мабуть, може бути достатнім фундаментом для розу-

¹Із статті, що була надрукована ще 1927 року до 200-річчя від дня народження Ньютона (Zu Isaak Newton 200. Todestage. Nord und Süd, 1927, 50, 36–40).



від точки S новий відрізок, довжина якого більше від довжини відрізка $S-T$ у стільки разів, у скільки одиниця часу більша від τ , то ми отримуємо зміну швидкості за одиницю часу, тобто пришвидшення. Пришвидшення також буде зображуватися стрілкою або вектором. У цьому випадку нам також буде потрібно граничний перехід. Це визначення буде тим точніше, чим менший обраний проміжок часу τ .

За Ньютоном, пришвидшення, визначення якого було щойно сформульоване, можна виміряти безпосередньо за силами, що діють на матеріальну точку. Це не означає, однак, що вектор сили збігається з вектором пришвидшення, бо зрозуміло, що для того, щоб привести в рух масу в 2 кг, потрібно вдвічі більша сила, ніж для того, щоб привести в рух масу в 1 кг. Так Ньютон прийшов до потреби введення маси тіла і до встановлення знаменитого закону руху:

$$\text{Вектор пришвидшення} \times \text{Масу} = \\ = \text{Векторові сили.}$$

Це – фундамент всієї механіки і, мабуть, всієї теоретичної фізики. Якщо припустити, що сила, що діє на матеріальну точку, задана для будь-якого моменту часу, то пришвидшення цієї точки в будь-який момент часу буде відомо. Після цього знаходження її швидкості та положення для будь-якого моменту часу буде вже не фізичною, а чисто математичною задачею.

Та як Ньютон міг знайти сили, що діють на небесні тіла? Очевидно, що правильний вираз для цих сил він не міг вгадати. Йому нічого не залишалося, як діяти в зворотному порядку і знайти ці сили за відомими рухами планет і Місяця. Знаючи ці рухи, він обчислив пришвидшення, а знаючи їх, зміг знайти сили. Ці обчислення він зробив ще 23-річним юнаком, коли мешкав у селі.

До нас дійшло небагато відомостей про творчу лабораторію Ньютона. Однак правдоподібно, що він вчинив саме так, як ми описали. Рух Місяця довкола Землі було відомо, а, отже, було відомо й пришвидшення, що надає Місяцю Земля. Щоб траєкторія руху Місяця довкола Землі була такою, як ми її бачимо, треба, щоб пришвидшення було направлено до центра Землі. Було відомо також і пришвидшення, що надає Земля тілам, які падають поблизу її поверхні. Шляхом порівняння Ньютон виявив, що ці пришвидшення відносяться як обернені величини квадратів радіуса Землі і відстань від Землі до Місяця, відповідно. Відтак, виникло припущення, що сила тяжіння Землі змінюється обернено пропорційно до квадрата відстані. Чи не буде будь-яка маса вести себе так само, як Земля?

Це припущення підтвердилося: гіпотеза, застосована до сили тяжіння Сонця, дала змогу повністю пояснити закони руху планет, встановлені Кеплером на підставі спостережень за їхнім рухом, які здійснив Тихо Браге. Зробити це було не просто, бо для того, щоб із закону, за яким змінюється сила і пришвидшення, отримати закон зміни положення, потрібні тонкі математичні міркування.

Закон, за яким змінюється сила тяжіння від відстані, що запропонував Ньютон, справдився, бо завдяки аналізів Кеплера закони руху планет були відомі з високою точністю. Єдиною проблемою Ньютона було те, що зв'язок між відстанню до Місяця та її траєкторією, про яку йшлося вище, лише наближено, але не точно, задовольняла законам тяжіння Ньютона. Однак за шість років Жан Пікар, який вимірював довжини меридіана, показав, що причиною цієї розбіжності була неточність у визначенні радіуса Землі, і тоді теорія Ньютона стала на таку міцну основу, як жодна теорія до неї.



Резолюція VIII з'їзду Українського фізичного товариства

15 березня 2013 року відбувся VIII з'їзд всеукраїнської громадської організації "Українське фізичне товариство" (УФТ).

На з'їзді були присутні 39 делегатів з правом вирішального голосу, гості від місцевих осередків та регіональних організацій УФТ, а також гості від Європейського та Румунського фізичних товариств.

Серед делегатів та гостей було 7 академіків і 5 членів-кореспондентів НАН України, 23 професори та доктори наук, 12 кандидатів наук.

З вітальними словами до учасників з'їзду звернулися президент УФТ, завідувач відділення Інституту фізики напівпровідників НАН України, член-кореспондент НАН України В. Г. Литовченко, перший президент УФТ, директор Інституту магнетизму НАН України, академік НАН України В. Г. Бар'яхтар, голова Комітету Верховної Ради України з питань науки і освіти Л. М. Гриневич, віце-президент НАН України, академік НАН України А. Г. Наумоєць, заступник директора Радіоастрономічного інституту НАН України, академік НАН України В. М. Шульга, декан радіофізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка І. О. Анісімов, декан фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка М. В. Макарець, колишній декан радіофізичного факультету, академік НАН України М. Г. Находкін, колишній декан фізичного факультету, академік НАН України Л. А. Булавін, віце-президент Європейського фізичного товариства Мачей Колваш (Польща).

З доповідями про актуальні напрями розвитку фізичної науки та освіти, виступили:

Бар'яхтар В. Г. "Досягнення та перспективи ядерної енергетики в Україні";

член Координаційної ради Румунського фізичного товариства *Ката-Даніл Георге* "Румунське фізичне товариство";

Рябченко С. М. "Спінтроніка: огляд вибраних питань";

Шульга В. М. "Цільова комплексна програма наукових досліджень НАН України "Дослідження структури та складу Всесвіту, прихованої маси і темної матерії. Астрофізичні і космологічні проблеми прихованої маси і темної енергії Всесвіту";

директор Інституту фізики НАН України *Яценко Л. П.* "Про Нобелівську премію з фізики за 2012 рік";

професор Київського національного університету імені Тараса Шевченка *Стрїха М. В.* "Явища гістерезису в графені";

Шульга М. Ф. "Співпраця ННЦ ХФТІ з ЦЕРНОм у галузі фізики високих енергій";

Дмитрук І. М. "Фемтосекундна спектроскопія та плазмонні ефекти";

професор Чернівецького національного університету *Ткач М. В.* "Прилади з квантовими ямами: ККЛ і ККД";

Давиденко М. О. "Органічні матеріали для сонячної енергетики";

Гончаров О. А. "Сильнострумові пучки заряджених частинок у плазмо-динамічних системах".

Делегати з'їзду обговорили стан розвитку фізичної науки в Україні та її перспективи на майбутнє та прийняли Ухвалу, де зазначили, що упродовж звітного періоду 2008–2012 рр. наша громадська організація, утворена на хвилі демократичних змін початку 1990-х років, провела важливу роботу задля виконання своїх статутних завдань – поширення фізичних знань та розвитку фізичних досліджень в Україні.

За ініціативи та участі УФТ було проведено низку авторитетних міжнародних та українських наукових форумів, зокрема й представницьку Ювілейну конференцію УФТ-2011, присвячену 20-річчю Українського фізичного товариства, 40-річчю Європейського фізичного товариства та 100-річчю відкриття явища надпровідності.

Діяльність УФТ зі зміцнення міжнародного авторитету української фізики сприяла визнанню Європейським фізичним товариством (ЄФТ) провідних національних наукових видань фізичного профілю: “Українського фізичного журналу”, “Condensed Matter Physics” та “Журналу фізичних досліджень”.

УФТ через мережу своїх первинних осередків сприяє поширенню бюлетеня ЄФТ “Europhysics News”, який інформує наукову спільноту про пріоритетні роботи і досягнення провідних фізиків континенту.

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

УФТ розвивало плідні контакти з іншими науковими організаціями, насамперед з Націо-

нальною академією наук України, громадськими організаціями – Академією наук вищої школи України, Українською астрономічною асоціацією тощо. УФТ і надалі ставить собі за мету підвищення рівня наукових досліджень у вищих навчальних закладах та залучення студентської молоді до наукової роботи, зокрема, через налагодження тісних зв'язків з установами НАН України і виконання спільних наукових проектів за участю студентів, а також широку популяризацію фізичних знань.

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

Зокрема непродуманий перехід від так і нереалізованої 12-річної середньої освіти, прийнятої в більшості країн Європи, до 11-річної, поставив українських випускників шкіл у відверто неконкурентне становище порівняно з їхніми європейськими однолітками. Особливо очевидно це на прикладі фізики, де вже було випущено якісний підручник академічного рівня з механіки для 10 класу, одним з авторів якого є визначний український фізик, перший президент УФТ академік В. Г. Бар'яхтар. Однак всю подальшу програму вивчення фізики, що охоплює основи молекулярної фізики, оптики, електрики та атомної фізики, було стиснуто до рамок одного 11 класу (замість передбачених раніше 2-х: 11 і 12-го), що виключає якісне вивчення матеріалу. Фактично це означає, що слід відмовитися від усіх апробованих підручників і докорінно переглянути всю схему вивчення фізики (а також усіх інших дисциплін) упродовж 7–11 класів, що потребуватиме величезних зусиль, матеріальних ресурсів і неминучого кількарічного перехідного періоду, впродовж якого школярі не зможуть отримувати по-справжньому системних знань.

Водночас зменшення обсягів і зниження рівня фізико-математичної підготовки у зага-

льноосвітніх школах ставить під загрозу формування наукового світогляду у майбутніх активних громадян України. На цьому тлі особливу тривогу викликають пропозиції взагалі ліквідувати в середній школі окремі курси фізики, хемії та біології, об'єднавши їх в інтегрований курс "природознавства".

Ми переконані: наслідки такої реформи були б катастрофічними, оскільки школярі будуть позбавлені елементарних знань, а тисячі кваліфікованих учителів утратять роботу.

УФТ констатує, що, попри зусилля фізичної громади, далі занепадає вивчення фізики в більшості вищих навчальних закладах. Ми вважаємо абсолютно неприйнятним зведення курсу загальної фізики у технічних і технологічних університетах до двох, чи навіть одного семестру. За такого знання базової дисципліни майбутні інженери не зможуть задовольняти потребам сучасного виробництва. Нас хвилює те, що здійснення серйозних інноваційних проєктів вже оголило проблему підготовки сучасних кадрів, здатних забезпечувати високотехнологічні процеси. Ми рішуче заперечуємо проти розроблюваних сьогодні планів довести співвідношення кількості викладачів і студентів до 1 до 18, оскільки це призведе до скорочення тисяч викладачів вищої школи і до подальшого зниження рівня університетської підготовки з усіх без винятку дисциплін.

Ми звертаємо увагу на те, що запроваджуваний варіант модульної системи з її орієнтацією на тестові запитання відучує студента від творчого осмислення явищ та процесів, вміння формулювати думку, а положення, за яким за результатами двох чи трьох модулів можна отримати остаточну оцінку, не складаючи підсумкового заліку чи іспиту, не сприяє створенню у студента цілісної картини предмета.

Передача МОН функцій колишнього ВАК призвела до негативних тенденцій у системі атестації наукових кадрів вищої кваліфікації. Бюрократичні необґрунтовані вимоги щодо

визначення спеціальності членів рад із захисту виключно за дипломом доктора чи кандидата наук, без урахування тематики робіт останніх років, стає на перешкоді академічній мобільності і розвитку міждисциплінарних досліджень, у галузі яких здійснюються сьогодні найяскравіші наукові відкриття. Додаткового удару по розвитку міждисциплінарних досліджень завдає міністерська норма про можливість вступу на магістратуру виключно в межах напрямку, за яким закінчено бакалаврат. Такі дії МОН ідуть у розріз із загальносвітовою практикою.

Водночас ми рішуче заперечуємо проти запроваджуваної практики, за якої витрати на підготовку й захист дисертацій дедалі частіше покладають сьогодні на аспірантів і пошукачів, а контролюючі органи висловлюють претензії до наукових установ, які не запроваджують такого фінансування.

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

УФТ хвилює брак уваги з боку сьогоднішнього державного керівництва до Національної академії наук України, що ставить під загрозу перспективи розвитку науки загалом та фізичних досліджень світового рівня зокрема.

Ще в трагічнішому становищі опинилася університетська фізична наука, оскільки в 2013 році видатки за статтею "фундаментальні і прикладні дослідження у ВНЗ" було скорочено в абсолютних цифрах на 11 %. Не виділяються кошти на формування в Україні конкурентоздатного на міжнародному рівні науково-інформаційного середовища, відсутня програма підтримки наявних українських фізичних журналів та періодичних збірників для індексації у міжнародних наукометричних базах да-

них. При цьому наказом МОНМС № 1112 від 17.10.12 вже вимагається наявність публікацій у виданнях, включених до таких баз, при захисті дисертацій.

Ми також звертаємо увагу на неприпустимість такої практики, коли результативність наукових досліджень беруться оцінювати некомпетентні представники контролюючих і фіскальних органів, а єдиним мірилом ефективності досліджень, зокрема й фундаментальних, оголошується впровадження (при тому, що відсутні реальні механізми фінансування витратної частини дослідно-конструкторських робіт).

Нарешті, ми констатуємо, що в стані стагнації перебувають міжнародні наукові контакти України. Не поновлено дії угоди про науково-технічне співробітництво України та ЄС, не використовуються можливості, які дає Україні її повноправне членство в Європейській науково-інноваційній програмі EUREKA, досі не вирішено питання про поновлення асоційованого членства України в ЦЕРН.

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

Занепокоєння викликає й загальна ситуація в гуманітарній сфері. Ухвалення нового мовного законодавства, проти якого заперечували провідні науковці НАН України та

університетів, вже призвело до суттєвого скорочення сфери використання української мови в сфері науки та освіти. За таких умов УФТ вважає своїм завданням сприяння розвиткові сучасної української наукової термінології, збереженню української мови як робочого інструмента наукової праці, викладання фізичних дисциплін і популяризації наукових знань.

УФТ закликає фізичну спільноту України згуртуватися задля захисту системи національної освіти й науки. Ми вимагаємо від Верховної Ради України ухвалити сучасне законодавство про вищу освіту, яке б гарантувало університетську автономію і розвиток наукових досліджень у ВНЗ. Ми підтримуємо підготовку нового законодавства про наукову і науково-технічну діяльність, яке б гарантувало достатній рівень фінансування науки, збереження сформованих наукових шкіл, встановило б ефективні й гнучкі механізми підтримки досліджень за пріоритетними напрямками, дієво протидіяло б ганебній практиці наукового плагіату, яка набуває останнім часом дедалі більшого поширення.

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

Президентом Українського фізичного товариства на новий термін обрали головного наукового співробітника Інституту фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова НАН України, професора Київського національного університету імені Тараса Шевченка Максима Стріху.

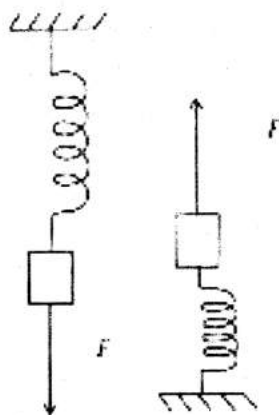
*За матеріалами VIII з'їзду
Українського фізичного товариства*

УМОВИ ЗАДАЧ ІІІ ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Львів, 2013)

8 клас

Задача 1.

До пружини підвішений вантаж, який тягнуть за нитку донизу із силою F (рис. 1). Якщо ж прикріплений до пружини вантаж перебуває над нею і його тягнуть догори з тією ж силою F , видовження пружини буде утричі меншим. У скільки разів сила F більша від сили тяжіння, що діє на вантаж?



Задача 2.

На рисунку зображено положення оптичної осі точкового джерела A та його зображення A_1 , що отримано за допомогою лінзи.

Яке це зображення – дійсне чи уявне? Яка це лінза – збирна чи розсіювальна? Поясніть. Знайдіть побудовою положення лінзи та одного з її фокусів.



Задача 3.

На березі річки хлопчик побачив закритий глечик, який плив, повністю занурений у воду. Виловивши його, він побачив усередині глечика 10 однакових монет. Хлопчик витягнув монети, закрив глечик і кинув його назад у річку. Глечик поплив у вертикальному положенні, на чверть виступаючи з води.

Вважаючи, що форма глечика циліндрична, а його об'єм $V = 1$ л, оцініть масу однієї монети.

Густина води становить 1000 кг/м^3 .

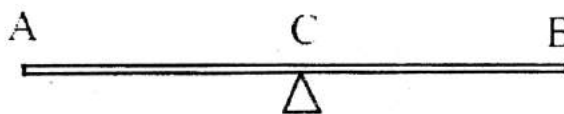
Задача 4.

Тонкий однорідний стрижень AB масою M зрівноважений на опорі C (див. рис.).

$$AC = CB.$$

Третину ділянки AC зігнули донизу під прямим кутом.

Який вантаж m додатково треба підвісити у точці A , щоб рівновага збереглася?



Задача 5.

Людина на санях, запряжених п'ятьма собаками, вирушила з пункту A в пункт B . Упродовж першої доби упряжка рухалась із запланованою швидкістю V . Наприкінці доби дві собаки втекли.

Далі сани рухалися зі швидкістю, що становила $3/5$ від запланованої. Через це мандрівник прибув у пункт B на 2 доби пізніше від запланованого терміну t .

Подорожувальник підрахував, що якби собаки-втікачі пробігли в упряжці ще 120 км, запізнення становило б одну добу від запланованого терміну.

Яка відстань між пунктами A і B ?

9 клас**Задача 1.**

З пункту A у пункт B , відстань між якими становить 4 км, одночасно вирушають два пішоходи, що рухаються назустріч зі швидкостями 3 та 5 км/год. У момент початку руху з плеча одного пішохода злітає папуга і зі швидкістю 12 км/год летить назустріч іншому. Зустрівшись з другим пішоходом папуга летить назад до господаря і т. д.

Яку відстань пролетить папуга, літаючи між пішоходами, доки вони не зустрінуться?

Задача 2.

До послідовно з'єднаних 77-ми опорів під'єднали джерело постійної напруги 5 В (див. рис.).

Опори резисторів становлять $\pi, \pi^2, \pi^3, \dots, \pi^{77}$.

Скільки різних напруг є в колі?

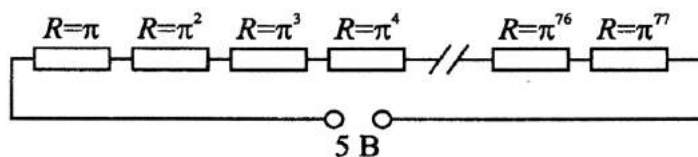


Рисунок до задачі 2

Задача 3.

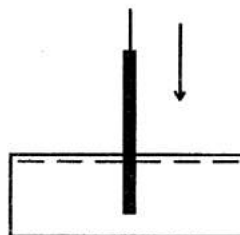
У безвітряну, дощову погоду водій легкового автомобіля, рухаючись по рівнині, зауважив, що досягнувши швидкості 50 км/год, на заднє скло, нахилене під кутом 60° до горизонту, перестали падати краплі дощу.

Ігноруючи усі процеси обтікання повітрям автомобіля, знайдіть швидкість, з якою краплі падають на землю.

Задача 4.

Тонкий олівець, підвішений на нитці за один із кінців, починають занурювати в воду, повільно опускаючи точку підвісу (див. рис.).

Визначте густину олівця, якщо максимальна глибина занурення олівця становила третину його довжини.

**Задача 5.**

Металеву каструлю з льодом, маса якого дорівнює $m_n = 1$ кг, поставили нагріватись на електроплиту. З цього моменту часу почали вимірювати температуру стінки каструлі. Вимірювання тривало упродовж $t = 58$ хв. За деякий час частину експериментальних даних було втрачено.

Відновіть увесь графік залежності температури від часу за його частиною, що збереглася (див. рис.).

Питома теплоємність льоду становить:

$$C_{\text{л}} = 2200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}),$$

питома теплота плавлення льоду:

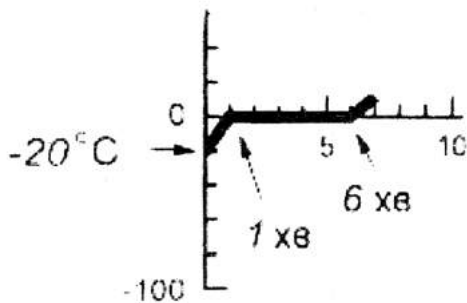
$$l = 300 \text{ кДж}/\text{кг},$$

питома теплоємність води:

$$C_{\text{в}} = 4300 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К}),$$

питома теплота пароутворення:

$$r = 2400 \text{ кДж}/\text{кг}.$$



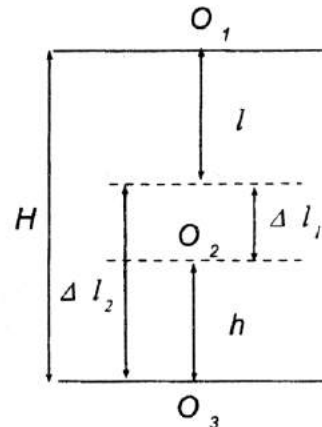
10 клас

Задача 1.

Каскадер падає з висоти $H = 50$ м. До нього прищеплений гумовий шнур, другий кінець якого прикріплений у місці старту. Довжина і жорсткість шнура підібрані так, що біля землі швидкість гаситься до нуля. Коли коливання згасли, каскадер зависає над землею на висоті $h = 10$ м.

Яка була максимальна швидкість каскадера під час падіння?

Опір повітря не враховуйте.



Задача 2.

Космічний ліфт – це система, яка складається із троса, одним кінцем закріпленого до поверхні Землі поблизу до екватора, а другим до масивного тіла (“противаги”) масою M , що розміщене над нерухомою географічною точкою вище геостационарної орбіти.

Вважаючи, що будь-яке тіло, що вільно відпущене (трошки підштовхнуте) з поверхні “противаги” у східному напрямку, залишає довколаземний простір назавжди, а у західному – залишиться на довколаземній орбіті.

Знайдіть максимальну масу вантажу, яку можна повільно підняти на геостационарну орбіту за допомогою такого ліфта.

Трос є невагомим, його межа міцності σ , а площа перерізу s .

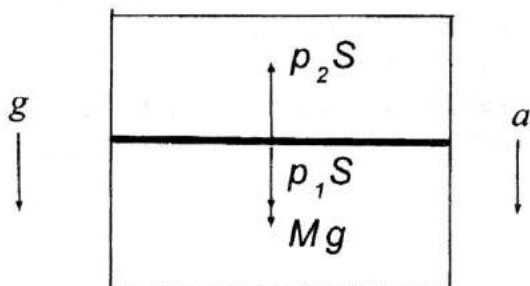
Задача 3.

Закрита посудина, що наповнена газом, розділена на дві частини непроникним горизонтальним поршнем. Маса посудини m , маса поршня M . Спочатку посудина стоїть на підставці. Далі підставку поштовхом вибивають з під посудини.

II клас

З яким пришвидшенням почне рухатися посудина?

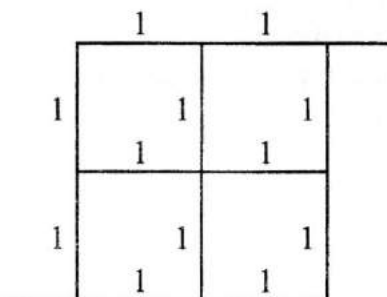
Тертя між стінками посудини і поршнем знехтуйте.



Задача 4.

Визначте повний опір кола, який зображено на рисунку.

Опір кожної ділянки 1 Ом.



Задача 5.

Точка рухається зі швидкістю 0,2 м/с перпендикулярно до головної оптичної осі лінзи.

З якою швидкістю (у м/с) рухається її зображення, якщо відстань точки до лінзи становить 0,15 м, а фокусна відстань лінзи дорівнює 0,1 м?

Задача 1.

Конденсатор ємності C зарядили зарядом величини q і від'єднали від джерела.

Відстань між обкладками конденсатора збільшили удвічі.

Знайдіть напругу між обкладками конденсатора.

Задача 2.

Два балони об'ємами V_1 та V_2 , містять гази за однакової температури і тисках p_1 та p_2 , відповідно. Балони з'єднано краном.

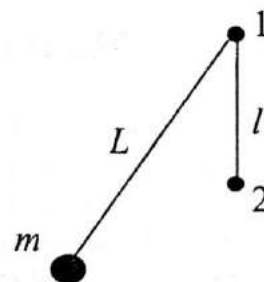
Який тиск p встановиться у балонах, якщо відкрити кран?

Температура газів залишається постійною. Гази в хемічну реакцію не вступають.

Задача 3.

На нитці довжиною L , один кінець якої прив'язаний до вбитого в стіну цвяха 1, висить кулька масою m . На відстані $l < L$ вбито в стіну цвях 2. Цвяхи 1 і 2 розташовані на одній вертикальній прямій. Кульку відводять уздовж стіни так, щоб нитка стала горизонтальною і відпускають її без початкової швидкості.

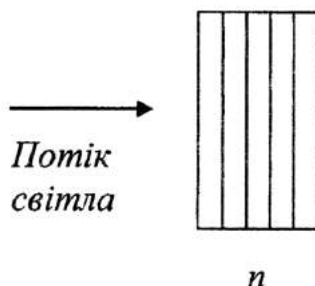
Знайдіть найменшу відстань l , за якої кулька перелетить через цвях 2.



Задача 4.

Промінь світла падає перпендикулярно на пласку скляну пластину. Коефіцієнт пропускання світла крізь пластину дорівнює T (тут враховано проходження крізь дві поверхні пластини).

Знайдіть коефіцієнт пропускання системи, яка складається із n однакових пластин (див. рис.).



Примітка: Коефіцієнтом пропускання променя світла крізь пластину називають відношення інтенсивності світла, яке пройшло крізь пластину, до інтенсивності падаючого потоку світла.

Співвідношення між коефіцієнтами відбивання R (тут враховано відбивання від двох поверхонь пластин) і пропускання світла є таким:

$$R + T = 1.$$

Задача 5.

На тороїдальному осерді симетрично розташовано три однакові обмотки.

До першої обмотки під'єднали джерело змінного струму. Другу обмотку залишили розімкненою, а до третьої під'єднали вольтметр (див. рис.). При цьому вольтметр показує напругу $U_1/2$.

Знайдіть покази вольтметра, якщо другу обмотку замкнути (замкнути без опору).

В обох випадках на обмотці I підтримується напруга U_1 . Опором обмоток знехтуйте, а вольтметр вважайте ідеальним.

Коефіцієнт магнетної проникливості осердя сталій.

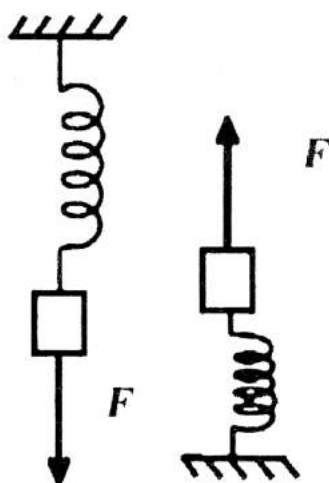
ЩЕ ОДНА ПРЕМІЯ ДЛЯ ФІЗИКІВ

Успішний бізнесмен, мільярдер Юрій Мільнер, колишній фізик, який закінчив фізичний факультет Московського університету, започаткував велику наукову премію за досягнення у фундаментальній фізиці. Минулого, 2012, року премію отримали дев'ять лавреатів. Розмір премії становила три мільйони доларів кожному. Це утричі більша сума, ніж сума Нобелівської премії. Премію будуть присуджувати за відносно недавні досягнення в галузі фундаментальних досліджень з фізики здебільшого молодим науковцям, які працюють.

РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ ІІІ ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Львів, 2013)

8 клас

Задача 1.



Позначивши жорсткість пружини через k , можна написати формулу для видовження пружини у першому та другому випадках:

$$k\Delta l_1 = F_{\text{тяж.}} + F,$$

$$k\Delta l_2 = F - F_{\text{тяж.}},$$

звідси, врахувавши, що

$$\Delta l_1 = \Delta 3l_2,$$

отримуємо:

$$F_{\text{тяж.}} + F = 3(F - F_{\text{тяж.}}).$$

Звідси випливає, що

$$F = 2F_{\text{тяж.}}.$$

тобто сила F удвічі більша від сили тяжіння вантажа.

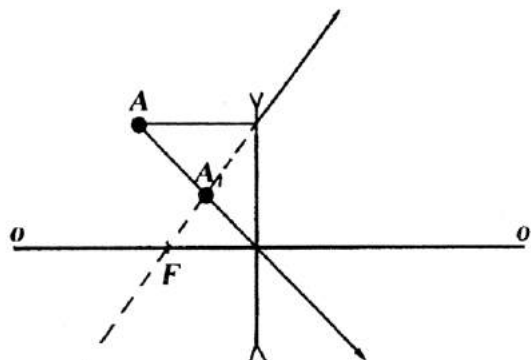
Задача 2.

З рисунка видно, що зображення пряме і зменшене.



Зображення з такими характеристиками можна отримати лише у розсіювальній лінзі, і до того ж воно завжди уявне.

Положення лінзи на оптичній осі визначається променем, що проходить через центр лінзи і не зазнає заломлення. Цей промінь (або його продовження) з'єднує джерело та його зображення. Подальша побудова зрозуміла з рисунка:



Задача 3.

Умова плавання глечика масою M з монетами масою m у воді буде:

$$(M + 10m)g = \rho_0 g V. \quad (1)$$

Без монет умова плавання глечика буде:

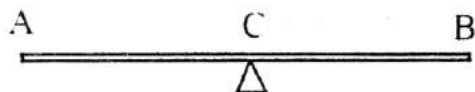
$$Mg = \frac{\rho_0 g \cdot 3V}{4}. \quad (2)$$

Віднявши рівняння (1) і (2), отримаємо:

$$10m = \frac{\rho_0 V}{4}.$$

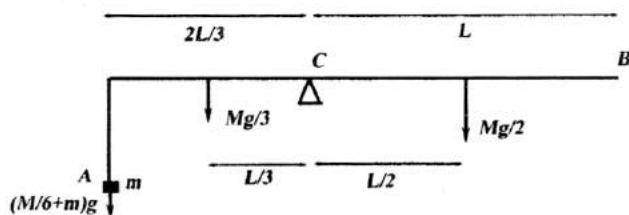
Звідси,

$$m = \frac{\rho_0 V}{40} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{40} = 0,025 \text{ кг} = 25 \text{ г}.$$

Задача 4.


Для зручності позначимо довжину стрижня $2L$.

Врахувавши, що сили тяжіння, що діють на ділянки стрижня, прикладені у центрах цих ділянок, запишімо рівність моментів сил (за підвішеного вантажу у т. A) відносно т. C (див. рис.)



$$\left(\frac{M}{6} + m\right) \frac{g \cdot 2L}{3} + \frac{M}{3} \cdot \frac{g L}{3} = \frac{M}{2} \cdot \frac{g L}{2}.$$

Звідси, після скорочень та спрощень, отримаємо:

$$m = \frac{1}{24M}.$$

Задача 5.

Щоб знайти відстань між A і B , достатньо знати заплановану швидкість і запланований час подорожі.

Маємо три ситуації: запланований рух, реальний рух та уявний рух.

У всіх ситуаціях сумарна відстань, яку пробігли собаки, однакова. Тому прирівняємо шляхи при запланованому і реальному рухах:

$$V \cdot t = V \cdot 1 + \frac{3V}{5}(t + 2 - 1).$$

Звідси отримаємо, що запланований час t становить 4 доби.

Час, за який собаки пробігли відстань 120 км при реальному та уявному рухах, відрізняється на одну добу:

$$\frac{120}{(3V/5)} - \frac{120}{V} = 1.$$

Звідси,

$$V = 80 \text{ км/добу}.$$

Отже, відстань між пунктами A і B становить:

$$V \cdot t = 320 \text{ км}.$$

9 клас
Задача 1.

Час руху пішоходів до зустрічі становитиме:

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

$$t = \frac{4 \text{ км}}{(3 + 5) \text{ км/год}} = 0,5 \text{ год},$$

де v – сумарна швидкість двох пішоходів; S – відстань між пунктами A і B ; t – час руху пішоходів до зустрічі.

За цей час папуга пролетить відстань:

$$S_1 = t \cdot v_1,$$

де v_1 – швидкість папуги; S_1 – відстань, яку пролетить папуга, літаючи між пішоходами, поки ті не зустрінуться.

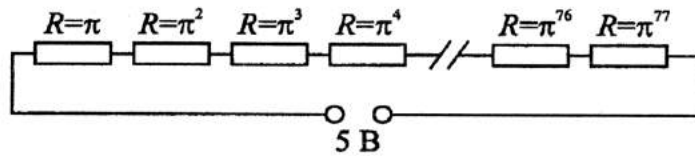


Рисунок до задачі 2

$$S_1 = 0,5 \text{ год} \cdot 12 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 6 \text{ км}.$$

Отже папуга пролетить 6 км.

Задача 2.

Нехай опорів у колі буде N . На кожному з них буде різна напруга. Таких напруг буде N . Різні напруги будуть також на кожній парі сусідніх резисторів (тобто їх буде $(N - 1)$).

На кожній трійці сусідніх резисторів (їх буде $(N - 2)$) і т. д.

Відсутність збігів напруг між будь-якими точками кола впливає із величин опорів резисторів.

Тоді всього різних напруг буде:

$$N + (N - 1) + (N - 2) + (N - 3) + \dots + 2 + 1.$$

Ця сума є сумою арифметичної прогресії та дорівнює:

$$N \cdot \frac{N + 1}{2} = 77 \cdot \frac{77 + 1}{2} = 3003$$

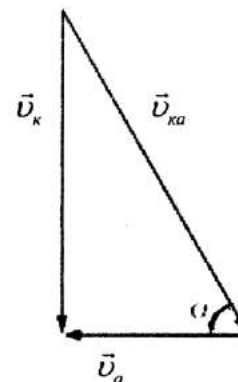
Отже, у колі буде 3003 різних напруг.

Задача 3.

За умовою задачі, краплі падають під прямим кутом до горизонту. Досягнувши певної швидкості автомобіля, вони перестають залишати слід на склі.

Щоб виконати таку умову, краплі дощу мають рухатися, як мінімум, паралельно до скла автомобіля.

Нехай \vec{v}_a – швидкість автомобіля відносно землі; \vec{v}_k – швидкість краплі дощу відносно землі; \vec{v}_{ka} – її швидкість відносно автомобіля.



З відносності руху (див. рис.) маємо:

$$\vec{v}_{ka} = \vec{v}_k - \vec{v}_a.$$

Тоді

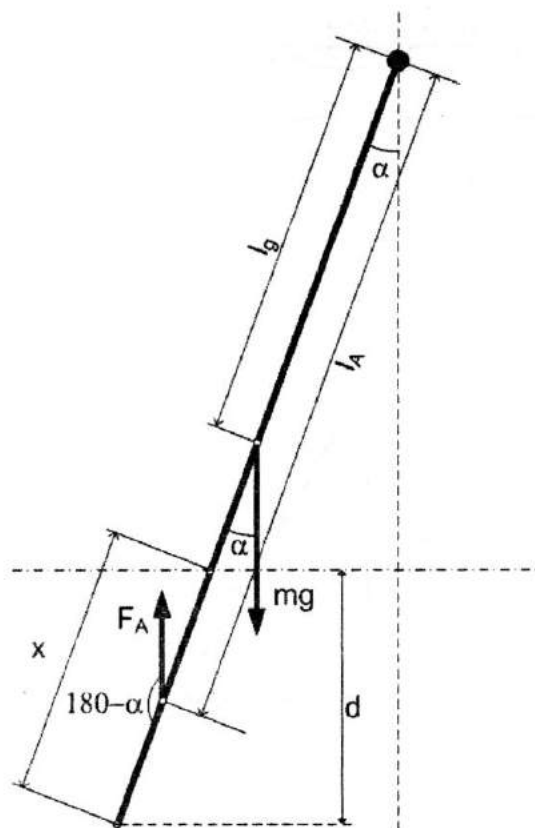
$$v_k = v_a \cdot \text{tg} \alpha = 50 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot \sqrt{3} = 86,6 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

Отже, швидкість краплі дощу поблизу землі становить 86,6 км/год.

Задача 4.

Олівець опускатиметься у воду вертикально доти, поки момент сили Архімеда відносно верхнього кінця олівця не досягне величини моменту сили тяжіння.

Розгляньмо рівноважне положення олівця, коли він буде під деяким кутом β відносно вертикального положення (див. рис.).



У рівноважному положенні моменти сил Архімеда і тяжіння рівні:

$$\rho_s g V l_A \sin(180^\circ - \alpha) = m g l_g \sin \alpha$$

де l – довжина олівця; l_A – довжина плеча сили Архімеда; $l_g = \frac{l}{2}$ – довжина плеча сили тяжіння; ρ_s – густина води; m – маса олівця.

Оскільки

$$\sin(180^\circ - \alpha) = \sin \alpha,$$

то маємо:

$$\rho_s V l_A = m \frac{l}{2}.$$

Нехай довжина зануреної частини становить x , тоді

$$l_A = l - \frac{x}{2}; \quad V = S x,$$

де S – площа поперечного перерізу олівця.

Маса олівця

$$m = \rho_o S l,$$

де ρ_o – середня густина олівця.

Маємо:

$$\rho_s S x \left(l - \frac{x}{2} \right) = \rho_o S l \frac{l}{2}. \quad (1)$$

Як бачимо, x не залежить від кута α . Тоді глибина занурення

$$d = x \cos \alpha$$

буде максимальною, якщо $\alpha = 0$.

Якщо

$$\cos \alpha = 1,$$

то, відповідно,

$$d = x.$$

Підставимо в (1) замість x величину d ,

яка за умовою задачі становить $\frac{l}{3}$:

$$\rho_s \frac{l}{3} \left(l - \frac{l}{6} \right) = \rho_o \frac{l^2}{2}.$$

Тоді

$$\rho_o = \frac{10}{18} \rho_s. \quad (2)$$

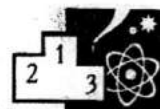
Підставивши значення густини води

$$\rho_s = 1000 \text{ кг/м}^3$$

у формулу (2), отримаємо значення густини олівця

$$\rho_o \approx 556 \text{ кг/м}^3.$$

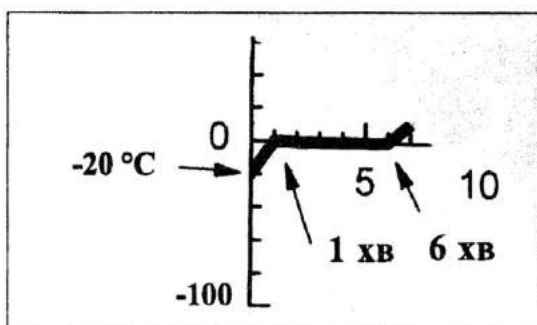
Отже, середня густина олівця становить 556 кг/м^3 .



Задача 5.

Із умови задачі відомо, що маса металевієї каструлі з льодом $m_{\text{л}} = 1$ кг, питома теплоємність льоду $C_{\text{л}} = 2200$ Дж/(кг·К), питома теплота плавлення льоду $\lambda = 300$ кДж/кг, питома теплоємність води $C_{\text{в}} = 4300$ Дж/(кг·К), питома теплота пароутворення

$$r = 2,4 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}, t = 58 \text{ хв.}$$



Нехай $m_{\text{к}}$ – маса каструлі; $C_{\text{к}}$ – питома теплоємність каструлі; Q_0 – кількість теплоти яку отримує каструля за 1 с.

Як видно з графіка за першу хвилину вимірювання відбувалося нагрівання каструлі з льодом до температури плавлення льоду (0°C), при цьому було затрачено кількість теплоти Q_1 ,

$$Q_1 = Q_0 \cdot t_1$$

$$C_{\text{л}} \cdot m_{\text{л}} \cdot \Delta T_1 + C_{\text{к}} \cdot m_{\text{к}} \cdot \Delta T_1 = Q_0 \cdot t_1 \quad (1)$$

де $C_{\text{л}} \cdot m_{\text{л}} \cdot \Delta T_1$ – кількість теплоти, що затрачена на нагрівання льоду; $C_{\text{к}} \cdot m_{\text{к}} \cdot \Delta T_1$ – кількість теплоти, що затрачена на нагрівання каструлі.

Із графіка видно, що

$$\Delta T_1 = 20^\circ\text{C}, t_1 = 1 \text{ хв.}$$

Наступних 5 хв температура була сталою і дорівнювала 0°C . Це означає, що упродовж 5 хв у каструлі плавився лід.

$$\lambda \cdot m_{\text{л}} = Q_0 \cdot t_2, \quad (2)$$

де $t_2 = 5$ хв – час плавлення льоду; $Q_0 \cdot t_2$ – кількість теплоти, що витрачена на плавлення льоду.

Із рівняння (2) знаходимо Q_0 :

$$Q_0 = \frac{\lambda \cdot m_{\text{л}}}{t_2} \quad (4)$$

Після того як весь лід розтопився, нагрівається каструля разом з водою:

$$C_{\text{в}} \cdot m_{\text{в}} \cdot \Delta T_2 + C_{\text{к}} \cdot m_{\text{к}} \cdot \Delta T_2 = Q_0 \cdot t_3, \quad (5)$$

де $m_{\text{в}}$ – маса води, очевидно, що $m_{\text{в}} = m_{\text{л}}$.

Із рівняння (5) знаходимо час нагрівання t_3 , беручи до уваги те, що $\Delta T_2 = 100^\circ\text{C}$, оскільки за 100°C вода почне кипіти.

$$t_3 = \frac{(C_{\text{в}} \cdot m_{\text{в}} + C_{\text{к}} \cdot m_{\text{к}}) \cdot \Delta T_2}{Q_0} \quad (6)$$

Підставивши у (6) вираз $C_{\text{к}} \cdot m_{\text{к}}$, отриманий з формули (1), і врахувавши формулу (4), отримаємо:

$$t_3 = \left(\frac{C_{\text{в}}}{\lambda} \cdot t_2 + \frac{t_1}{\Delta T_1} - \frac{C_{\text{л}}}{\lambda} \cdot t_2 \right) \cdot \Delta T_2 \quad (7)$$

Підставивши значення, матимемо:

$$t_3 = 8,5 \text{ хв.}$$

Оскільки час нагріву становив 58 хв, тобто $t > t_1 + t_2$, то вода закипіла.

З подальшим нагріванням вода закипіла. Кількість теплоти, що потрібна на пароутворення води, дорівнює:

$$Q_3 = r \cdot m_{\text{в}} = Q_0 \cdot t_4, \quad (8)$$

де t_4 – час, упродовж якого вся вода википить.

Із формул (4) і (8) знаходимо t_4 :

$$t_4 = \frac{r \cdot m_B \cdot t_2}{\lambda \cdot m_L} = \frac{r}{\lambda} \cdot t_2. \quad (9)$$

Підставивши у (9) числові значення, отримаємо:

$$t_4 = 40 \text{ хв.}$$

Оскільки

$$t > t_1 + t_2 + t_3,$$

вода встигла википіти.

Після википання води, йде нагрівання каструлі:

$$Q_0 \cdot t_5 = C_K m_K \Delta T_3, \quad (10)$$

де t_5 – час нагрівання каструлі.

Оскільки

$$t_5 = t - t_1 - t_2 - t_3 - t_4,$$

то

$$t_5 = 3,5 \text{ хв.}$$

При цьому температура каструлі збільшилася на ΔT_3 .

Із рівняння (10) знаходимо ΔT_3 :

$$\Delta T_3 = \frac{Q_0 \cdot t_5}{C_K \cdot m_K}. \quad (11)$$

Підставивши у рівняння (11) вираз $C_K \cdot m_K$, що отримано із формули (1) та Q_0 з формули (4), одержимо:

$$\Delta T_3 = \frac{\lambda \cdot \Delta T_1 \cdot t_5}{\lambda \cdot t_1 - C_L \cdot t_2 \cdot \Delta T_1}. \quad (12)$$

Підставивши у (12) числові значення, отримаємо:

$$\Delta T_3 = 262,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Далі побудуємо графік залежності температури від часу (див. рис.).

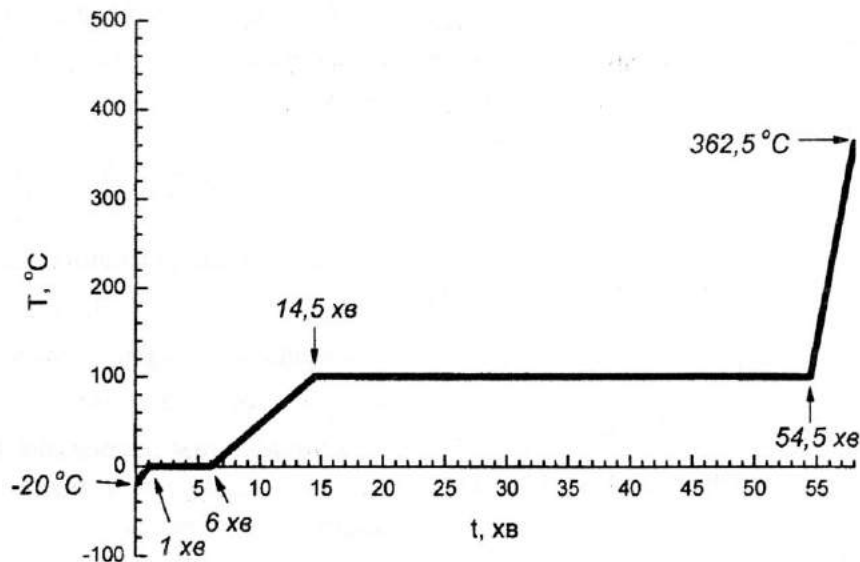
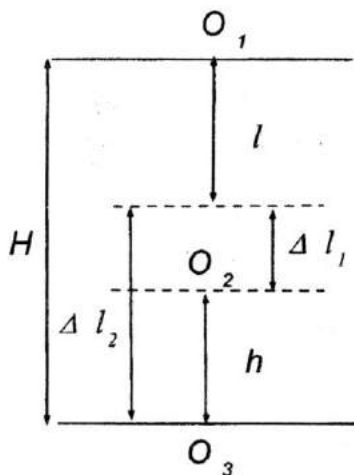


Рисунок до задачі 5

10 клас

Задача 1.



Максимальна швидкість каскадера досягається в положенні рівноваги (точка O_2), де сила тяжіння дорівнює силі пружної деформації шнура.

Умову рівноваги можна записати так:

$$mg = k\Delta l_1 = k(H - l - h), \quad (1)$$

де k – коефіцієнт жорсткості шнура; Δl_1 – деформація шнура в положенні рівноваги; l – довжина шнура в недеформованому стані.

Щоб визначити максимальну швидкість, застосуємо закон збереження енергії.

Для положень O_1 та O_2 закон збереження енергії має вигляд:

$$mgH = mgh + \frac{1}{2}k\Delta l_1^2 + \frac{1}{2}mV_{\max}^2. \quad (2)$$

Оскільки

$$\Delta l_1 = (H - l - h),$$

отримаємо:

$$mgH = mgh + \frac{1}{2}k(H - l - h)^2 + \frac{1}{2}mV_{\max}^2. \quad (3)$$

На поверхні землі потенціальна енергія каскадера повністю переходить в енергію деформації шнура.

Отже, для положень O_1 та O_3 закон збереження енергії можна записати так:

$$mgH = \frac{1}{2}k\Delta l_2^2 = \frac{1}{2}k(H - l)^2. \quad (4)$$

Розділивши вирази (1) та (4), знаходимо довжину недеформованого шнура:

$$l = \sqrt{H(H - 2h)}. \quad (5)$$

З урахуванням формули (1) вираз (3) можна переписати у вигляді:

$$mgH = mgh + \frac{1}{2}mg(H - l - h) + \frac{1}{2}mV_{\max}^2. \quad (6)$$

У результаті, отримаємо:

$$V_{\max} = \sqrt{g(H - h) + g\sqrt{H(H - 2h)}} \approx 28 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Задача 2.

Враховуючи, що “проти вага” постійно розташована над нерухомою точкою екватора, зв’яжемо неінерціальну систему координат із центром Землі, а вісь спрямуємо до екваторіальної площини вздовж тросу.

Тоді запишемо рівняння, що зв’язує усі сили, які діють на вантаж (третій закон Ньютона для неінерціальних систем):

$$\frac{m v_{\oplus}^2}{R_{\oplus}} = \frac{\gamma m M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} + N_{\oplus} - N,$$

де m – маса вантажу, що збираються підняти за допомогою космічного ліфта; v_{\oplus} – швидкість, з якою обертається нерухома точка, розташована на земному екваторі відносно центра Землі; R_{\oplus} – радіус Землі; γ – універсальна гравітаційна стала; M_{\oplus} – маса Землі; N_{\oplus} – сила натягу троса між Землею та вантажем; N – сила натягу троса між вантажем та “проти вагою”.

Відповідно, для сил, що діють на “проти- вагу” космічного ліфта, можна записати:

$$\frac{Mv^2}{R} = \frac{\gamma MM_{\oplus}}{R^2} + N, \quad (1)$$

де M – маса “проти ваги” космічного ліфта; v – швидкість “проти ваги” космічного ліфта відносно центра Землі; R – радіус орбіти “проти ваги” космічного ліфта.

Розгляньмо два випадки:

1. Недостатність підіймальної сили “проти ваги”.

2. Розрив троса.

Випадок 1.

У випадку 1 маса вантажу має бути такою, що повністю компенсує силу натягу троса між ним та “проти вагою”.

Тоді

$$N_{\oplus} = 0,$$

а, отже, можна записати:

$$\frac{Mv^2}{R} - \frac{\gamma MM_{\oplus}}{R^2} = \frac{\gamma mM_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} - \frac{mv_{\oplus}^2}{R_{\oplus}}. \quad (2)$$

Тоді масу вантажу можна визначити так:

$$m = M \frac{\frac{v^2}{R} - \frac{\gamma M_{\oplus}}{R^2}}{\frac{\gamma M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} - \frac{v_{\oplus}^2}{R_{\oplus}}}. \quad (3)$$

Залишаються невідомі v , R та v_{\oplus} .

Визначмо швидкість v_{\oplus} з її означення (швидкість, з якою обертається нерухома точка, розташована на земному екваторі відносно центра Землі), а саме:

$$v_{\oplus} = \frac{2\pi R_{\oplus}}{T_{\oplus}}. \quad (4)$$

Невідомі v , R шукатимемо з умов, що “проти вага” завжди перебуває над однією точкою на поверхні Землі та з поведінки тіла, відпущеного з його поверхні. Земля обертається із заходу на схід.

Із факту, що тіло, відпущене зі швидкістю дещо меншою (на схід), залишається в межах навколосемного простору (швидкість менша від другої космічної), а на захід – покидає систему (швидкість більша від другої космічної), випливає, що “проти вага” рухається з другою космічною швидкістю для відповідної висоти.

Тоді її швидкість буде:

$$\frac{Mv^2}{2} = \frac{\gamma MM_{\oplus}}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2\gamma M_{\oplus}}{R}}. \quad (5)$$

З того, що “проти вага” перебуває над тією ж точкою Землі, випливає, що період обертання “проти ваги” дорівнює добі (періоду обертання Землі).

Тоді:

$$\begin{aligned} v &= \frac{2\pi R}{T_{\oplus}} \Rightarrow \frac{2\gamma M_{\oplus}}{R} = \\ &= \left[\frac{2\pi R}{T_{\oplus}} \right]^2 \Rightarrow R = \left[\frac{\gamma M_{\oplus} T_{\oplus}^2}{2\pi^2} \right]^{1/3}. \quad (6) \end{aligned}$$

Знайдімо швидкість “проти ваги”:

$$v = \sqrt{\frac{2\gamma M_{\oplus}}{\left[\frac{\gamma M_{\oplus} T_{\oplus}^2}{2\pi^2} \right]^{1/3}}} = \left[\frac{4\pi\gamma M_{\oplus}}{T_{\oplus}} \right]^{1/3}. \quad (7)$$

Отже, з рівнянь (3), (6), (7) отримаємо:

$$m = M \frac{\left[\frac{4\pi\gamma M_{\oplus}}{T_{\oplus}} \right]^{2/3} - \frac{\gamma M_{\oplus}}{\left[\frac{\gamma M_{\oplus} T_{\oplus}^2}{2\pi^2} \right]^{1/3}}}{\frac{\gamma M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} - \left[\frac{2\pi R_{\oplus}}{T_{\oplus}} \right]^2} \quad (8)$$

$$m = M \left[\frac{2\pi^2 R_{\oplus}^3}{\gamma M_{\oplus} T_{\oplus}^2} \right]^{2/3} \frac{1}{1 - \frac{4\pi^2 R_{\oplus}^3}{\gamma M_{\oplus} T_{\oplus}^2}} \quad (9)$$

або

$$m = M \left[\frac{2\pi^2 R_{\oplus}}{g T_{\oplus}^2} \right]^{2/3} \frac{1}{1 - \frac{4\pi^2 R_{\oplus}}{g T_{\oplus}^2}}$$

Випадок 2.

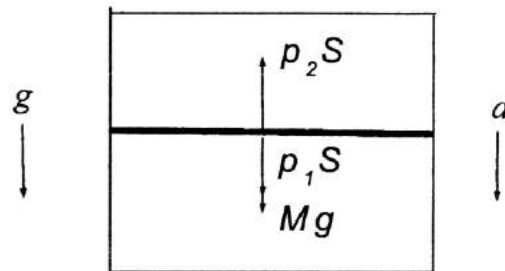
У випадку 2 маса вантажу має бути такою, що навантаження на трос перевищить максимально допустиму величину. Під час піднімання трос обірватись не зможе, внаслідок того факту, він мав би обірватись без наявності вантажу. Трос може обірватись лише у випадку руху вантажу над геостационарною орбітою.

Задача 3.

Поршень перебуває в положенні рівноваги за умови:

$$p_2 S = p_1 S + Mg,$$

де p_1 та p_2 – тиск газу у верхній та нижній частині посудини, відповідно; S – площа основи посудини.



Якщо забрати підставку, рух посудини буде визначатися дією сили тяжіння $m\vec{g}$ та сил тиску газу на верхню ($p_2 S$) і нижню ($p_1 S$) основи посудини.

Відповідно до другого закону Ньютона:

$$ma = mg + p_2 S - p_1 S.$$

Враховуючи, що

$$Mg = (p_2 - p_1)S,$$

отримаємо:

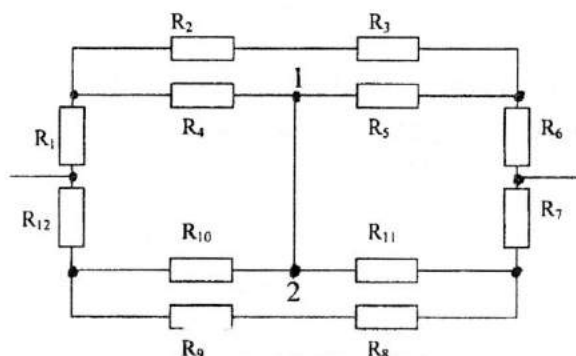
$$ma = mg + Mg.$$

Пришвидшення, з яким рухатиметься посудина, буде:

$$a = \frac{m + M}{m} g.$$

Задача 4.

Побудуємо еквівалентну схему з'єднання:



Зрозуміло, що струм від вузла 1 до 2 не тече і це з'єднання можна вилучити.

 Опори R_2, R_3, R_4, R_5 з'єднані паралельно, тому опір цієї ділянки дорівнює:

$$\frac{1}{R_{2,3,4,5}} = \frac{1}{R_2 + R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$$

$$R_{2,3,4,5} = 1.$$

Аналогічно, опір ділянки буде:

$$R_8 \cdot R_9 \cdot R_{10} \cdot R_{11} \cdot R_{8,9,10,11} = 1.$$

 Опори $R_1, R_{2,3,4,5}$ та R_6 з'єднані послідовно, тому опір цієї ділянки буде:

$$R_I = 3 \text{ Ом}.$$

 Аналогічно опір ділянки $R_7, R_{8,9,10,11}$ та R_{12} дорівнюватиме:

$$R_{II} = 3 \text{ Ом}.$$

 Ділянки з опорами R_I та R_{II} з'єднані паралельно, тому опір кола дорівнюватиме:

$$R = \frac{R_I R_{II}}{R_I + R_{II}} = \frac{9}{6} = 1,5 \text{ Ом}.$$

Задача 5.

 Траєкторію руху точки перпендикулярно до оптичної осі лінзи можна розглядати як предмет, розміри якого збільшуються зі швидкістю $0,2 \text{ м/с}$. Відповідно розмір зображення також змінюватиметься з часом.

Залежність розміру предмета від часу:

$$l_1 = v_2 t, \quad (1)$$

а його зображення

$$l_2 = v_1 t. \quad (2)$$

Збільшення лінзи визначимо зі співвідношення

$$\Gamma = \frac{F}{F - d_1},$$

 де F – фокусна відстань лінзи; d_1 – відстань від лінзи до предмета.

$$\Gamma = \frac{0,1}{0,1 - 0,15} = -2.$$

Знак “-” означає, що зображення є оберненим.

Знаючи збільшення, можна пов'язати розмір предмета та його зображення:

$$l_2 = 2l_1.$$

Зі співвідношень (1) та (2) отримаємо:

$$\frac{l_1}{v_1} = \frac{2l_1}{v_2},$$

звідси знайдемо швидкість руху зображення точки:

$$v_2 = 2v_1 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$



II клас

Задача 1.

Оскільки конденсатор від'єднали від джерела, то його заряд зберігається.

У першому випадку заряд конденсатора можна записати так:

$$q = CU_1,$$

у другому:

$$q = C_2U_2.$$

Ємність плаского конденсатора можна визначити за формулою:

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d_1}.$$

У другому випадку відстань між пластинами дорівнює:

$$d_2 = 2d_1.$$

Отже,

$$C_2 = \frac{C}{2},$$

а напруга між обкладками конденсатора дорівнюватиме:

$$U_2 = \frac{2q}{C},$$

тобто вона зросла удвічі.

Задача 2.

Запишімо рівняння Менделєєва-Клапейрона для кожного із балонів:

$$p_1V_1 = \nu_1RT,$$

$$p_2V_2 = \nu_2RT. \quad (1)$$

Тут ν_1, ν_2 – кількість молів газу в першому та другому балонах, відповідно.

Якщо відкрити кран, то кількість молів газу буде:

$$\nu = \nu_1 + \nu_2.$$

У цьому випадку кінцевий тиск газу можна визначити з рівняння Менделєєва-Клапейрона:

$$p(V_1 + V_2) = (\nu_1 + \nu_2)RT.$$

Врахувавши систему рівнянь (1), остаточно запишемо:

$$p = \frac{p_1V_1 + p_2V_2}{V_1 + V_2}.$$

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...

Цього року виповнилося 540 років від дня народження відомого астронома **Миколи Коперника** (1473–1543). Його праці про геліоцентричну систему деякий час церква не забороняла. За часів Папи Римського Павла V (1616) церква офіційно заборонила теорію Коперника про геліоцентричну систему світу, оскільки таке тлумачення на її думку суперечило Святому Письму. Лише 1993 року Папа Римський Іван Павло II визнав провину церкви перед Коперником за заперечення його теорії.

Джордано Бруно 17 лютого 1600 року спалили на вогнищі на площі в Римі. Відтоді минуло 400 років, а церква й надалі вважає кару вченого виправданою й відмовляється від її реабілітації.

Будучи у 70-річному віці, **Галілео Галілей**, аби не повторити трагічну долю Джордано Бруно, був змушений відмовитися від геліоцентричної системи, прихильником якої залишався усе життя. Великого Галілео Галілея за рішенням Папи Римського Івана Павла II реабілітували лише 1992 року.

Задача 3.

Розташуймо початок прямокутної системи координат у точку, де вбито цвях 2.

Якщо відпустити кульку, вона починає рухатися по дузі кола радіусом L з центром розміщеним у точці, де знаходиться цвях 1.

Коли нитка доторкається до цвяха 2, кулька починає рухатись по дузі кола радіусом $(L - l)$ з центром у точці 2 (див. рис.).

За деякий час від початку руху кульки, сила натягу нитки стає дорівнювати нулеві, і вона починає рухатись по параболі.

У момент часу, коли кулька починає рухатись по параболі, кут між віссю OX і ниткою, дорівнює α .

Рівняння руху кульки в цей момент часу є таким:

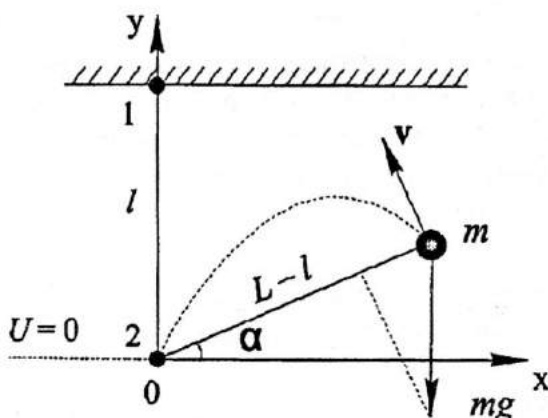
$$\frac{mv^2}{L-l} = mg \sin \alpha. \quad (1)$$

Запишімо закон збереження енергії:

$$mgl = \frac{mv^2}{2} + mg(L-l) \sin \alpha. \quad (2)$$

Із (1) і (2) рівнянь маємо:

$$\sin \alpha = \frac{2l}{3(L-l)}, \quad v = \sqrt{2gl/3}. \quad (3)$$



Далі запишемо закони руху кульки вздовж осей OX та OY , враховуючи, що в початковий момент руху по параболі кут $\alpha = 90^\circ$:

$$x = (L-l) \cos \alpha - vt \sin \alpha, \quad (4)$$

$$y = (L-l) \sin \alpha + vt \cos \alpha - \frac{gt^2}{2}. \quad (5)$$

Мінімальну відстань l визначаємо з умови

$$y > 0, \quad x = 0 \quad (6)$$

Далі з рівняння (4) знаходимо час і підставляємо в рівняння (5), враховуючи умову (6):

$$4l^2 \sin \alpha > 3(L-l) \cos^2 \alpha.$$

Звідси, з врахуванням (3) для кута α , остаточно отримуємо:

$$l > (2\sqrt{3} - 3)L.$$

Задача 4.

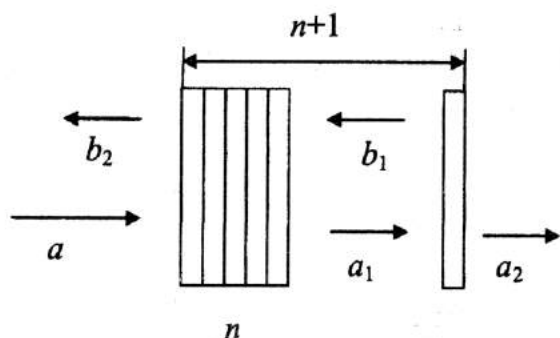
Складність цієї задачі в тому, що промінь світла безліч разів відбивається від поверхонь пластин цієї системи.

Щоб знайти коефіцієнт пропускання системи пластин, потрібно знайти спочатку рекурентну формулу, яка показує, як змінюється коефіцієнт пропускання при додаванні до системи однієї пластини.

Нехай коефіцієнт пропускання системи n пластин дорівнює T_n . Додамо до цієї системи ще одну пластину і розглянемо потік світла інтенсивністю a , який падає на систему пластин (див. рис.).

Співвідношення між коефіцієнтами пропускання і відбивання системи пластин

$$T_n + R_n = 1.$$



Із рисунка можна записати систему рівнянь:

$$a_2 = T a_1, \quad b_1 = (1 - T) a_1$$

$$a_1 = T_n a + b_1 (1 - T_n), \quad b_2 = a (1 - T_n) + b_1 T_n.$$

Розв'язавши таку систему рівнянь, отримаємо рекурентну формулу:

$$\frac{a_2}{a} = T_{n+1},$$

$$\frac{1}{T_{n+1}} = \frac{1}{T_n} + \frac{1 - T}{T}.$$

Далі методом послідовних наближень знайдемо залежність коефіцієнта пропускання від кількості пластин:

$$n = 1, \quad \frac{1}{T_2} = \frac{1}{T} + \frac{1 - T}{T},$$

$$n = 2, \quad \frac{1}{T_3} = \frac{1}{T} + 2 \frac{1 - T}{T},$$

$$n = 3, \quad \frac{1}{T_4} = \frac{1}{T} + 3 \frac{1 - T}{T}.$$

Отже,

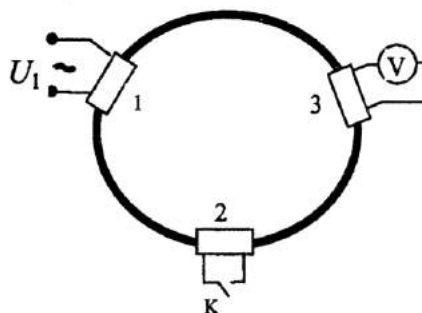
$$\frac{1}{T_n} = \frac{1}{T} + (n - 1) \frac{1 - T}{T}$$

або

$$T_n = \frac{T}{T + n(1 - T)}.$$

Задача 5.

При розімкненій другій обмотці, магнетне поле створюється тільки обмоткою 1.



Через третю обмотку струм не протікає (вольтметр за умовою задачі – ідеальний, тобто крізь нього струм не протікає).

Отже, магнетний потік у першій обмотці дорівнює

$$\Phi_1 = L I_1,$$

де L – індуктивність обмотки.

Магнетний потік крізь третю обмотку дорівнює

$$\Phi_3 = M I_1,$$

де M – коефіцієнт взаємодукції 1 та 3 обмоток.

Використовуючи закон електромагнетної індукції Фарадея, можна записати:

$$U_1 = - \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t},$$

$$U_3 = - \frac{\Delta \Phi_3}{\Delta t}.$$

Тут враховано, що у випадку малого опору обмоток, електрорушійна сила на них дорівнює напрузі.

Враховуючи умову задачі, отримаємо

$$\frac{U_3}{U_1} = - \frac{M \Delta I_1}{L \Delta I_1} = \frac{M}{L} = \frac{1}{2}.$$



Далі розглянемо випадок закороченої другої обмотки. У цьому випадку індукційні струми протікають і в першій, і другій обмотках.

Запишемо сумарні потоки крізь обмотки:

$$\Phi_1^* = LI_1^* + MI_2^*,$$

$$\Phi_2^* = LI_2^* + MI_1^*,$$

$$\Phi_3^* = LI_1^* + MI_2^*.$$

Тут I_1^* , I_2^* – струми, які протікають в 1 та 2 обмотках, відповідно.

Коефіцієнт взаємодуції M обмоток є однаковий. Оскільки опором обмоток за умовою задачі можна знехтувати, то сумарний потік у закороченій обмотці дорівнює нулеві,

$$\Phi_2^* = 0.$$

Звідси знайдемо:

$$I_2^* = -\frac{M}{L}I_1^*.$$

Відношення напруг на 1 та 3 обмотках, після закорочення 2 обмотки, можна записати так:

$$\frac{U_3^*}{U_1^*} = \frac{-\Delta\Phi_3^*/\Delta t}{-\Delta\Phi_1^*/\Delta t} = \frac{\Delta\Phi_3^*}{\Delta\Phi_1^*} =$$

$$= \frac{MI_1^* + MI_2^*}{LI_1^* + MI_2^*} = \frac{M}{L} \frac{1 - M/L}{1 - (M/L)^2} = \frac{1}{3}.$$

У початковий момент часу сила струму

$$I_1^* = 0, I_2^* = 0.$$

Оскільки, на першій обмотці підтримується напруга, то

$$U_1^* = U_1.$$

Отже,

$$U_3^* = \frac{U_1}{3}.$$

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...

Відомий аргентинський письменник *Ернесто Сабато* був фізиком.

Ернесто Сабато закінчив Фізико-математичний факультет Національного університету Ла-Плати, 1938 року отримав ступінь доктора наук з фізики. Згодом поїхав до Парижа, де проводив радіаційні дослідження у Лабораторії Марії Склодовської-Кюрі.

Коли почалася Друга світова війна, Е. Сабато залишив Париж і переїхав до США. Там він почав працювати у Массачусетському технологічному інституті. Фізик 1940 року повернувся до Аргентини й обійняв посаду професора Національного університету Ла-Плати, а 1943 року Е. Сабато вирішив покинути науку й присвятити себе літературі та мистецтву. Ще у Парижі Е. Сабато познайомився з багатьма письменниками-сюрреалістами, які вплинули на його подальшу літературну творчість.

Перша його книжка “Дехто і Всесвіт” про мораль у науці була надрукована 1945 року. Перший роман “Тунель”, що був надрукований 1948 року, приніс авторові світову популярність. За цим романом 1952 року був знятий фільм.

Другий його роман “Про героїв і могили” (1961) визнано одним з найкращих творів аргентинської літератури ХХ сторіччя. Ернесто Сабато тричі висували на Нобелівську премію з літератури.



Перший нанолазер, який здатний функціонувати за кімнатної температури

Дослідникам із Університету Арізони (США) під керуванням професора Кун-Чжен Нінга (Cun-Zheng Ning) вдалося створити електричний нанолазер, здатний працювати за кімнатної температури. Цьому передувала тривала, наполеглива праця усього колективу дослідників.

Вони використали складну структуру, де чергувалися шари фосфіду індію, арсеніду індію-галію і знову фосфіду індію (InP/InGaAs/InP), сформовану у вигляді паралелепіпеда із стороною 1591 нм. Як ізолятор використовували нітрид кремнію (SiN), що відділяв внутрішню структуру нанолазерів від зовнішньої оболонки з шару срібла, яка водночас виконувала роль тепловідводу.

Таку структуру мікроскопічного електричного лазера було розроблено вже давно, але

попередні зразки таких лазерів перегрівалися і могли працювати лише під час охолодження до надзвичайно низьких температур. На цей раз дослідникам вдалося підібрати товщину ізоляційного шару SiN (30 нм), що дає змогу резонатору, з одного боку, мати добрі оптичні властивості, а з іншого – не перешкоджати відводу від нього тепла.

Таке досягнення відкриває перспективи до масового виробництва нанолазерів, які можуть влаштувати невеличку революцію у галузі мікроелектроніки. Наноласери можуть значно пришвидшити процесори майбутніх комп'ютерів, розширити смугу оптичних комунікаційних каналів, їх можна буде використовувати у чипах різних сенсорів та багатьох інших пристроях, які можуть повністю змінити електроніку майбутнього.

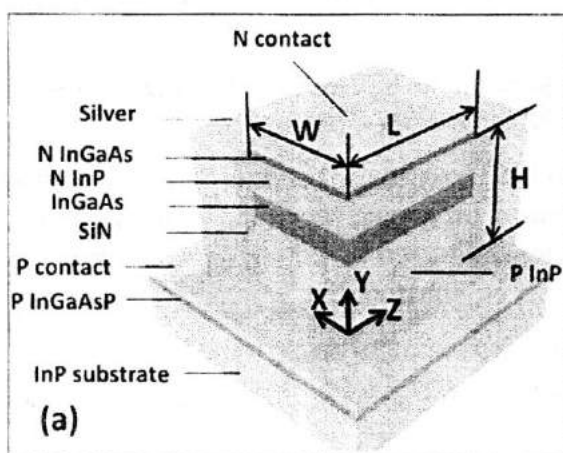
“Попри відносну зовнішню простоту нашого досягнення, навіть важко собі уявити, наскільки складно було все це виконати у нанометровому масштабі. У такому маленькому масштабі будь-яка дрібна проблема стає великою і будь-яка помилка призводить до повної непрацездатності кінцевого пристрою.” – зазначив професор Кун-Чжен Нінг.

За матеріалами:

K. Ding et al. Optics Express, 21 4728 (2013).

Optics & Photonics News (OPN)

<http://www.osa-opn.org/home/newsroom/2013/march/>





Польща будуватиме найбільший у Європі радіотелескоп

Польща офіційно вступила до Європейського космічного агентства (ЄКА). Відповідну угоду підписав президент Польщі Броніслав Коморовскі. ЄКА – це одне з найбільших світових космічних агентств. Участь Польщі в цьому відомстві дасть змогу країні брати активну участь у європейських науково-дослідницьких проектах.

Консорціум дев'яти польських університетів за сприяння дослідницьких центрів країни хочуть вести роботи зі створення найбільшого у Європі радіотелескопа, який побудують у Тухолі на півночі Польщі.

Діаметр нового радіотелескопу матиме 120 метрів, що за масштабністю зробить його третім у світі. Таке рішення було прийнято у Гданську під керівництвом професора астрономії і космічних наук Андрія Куса з університету Миколи Коперника в Торуні. Вартість реалізації проекту, який планують ввести в експлуатацію 2017 року, досягне 100 мільйонів євро. Нині найбільший телескоп Польщі діаметром 32 метри розташований у Торуні.

Історичні місця Європейського фізичного товариства

У лютому 2013 року Меморіальний кабінет одного з найвидатніших фізиків ХХ сторіччя академіка Бруно Понтекорво, який зберігається в Лабораторії ядерних проблем Об'єднаного інституту ядерних досліджень (ОІЯД) у Дубні (Росія), отримав статус історичного місця Європейського фізичного товариства (ЄФТ). У церемонії відкриття пам'ятної таблиці в рік 100-річчя великого вченого брала участь президент ЄФТ доктор Луїза Чіфареллі (Італія) та директор ОІЯД академік РАН Віктор Матвеев.

За ініціативи нинішнього президента Луїзи Чіфареллі 2010 року було покладено початок новій традиції – встановлення історичних місць ЄФТ.

“Європейське фізичне товариство було створено 1968 року, ще до падіння Берлінської стіни, щоб об'єднати всіх учених незалежно від політичних інтересів, географії та інших умов, – зазначила доктор Чіфареллі й додала. – Ідея створювати історичні місця або сайти ЄФТ зумовлена бажанням підкреслити прагнення вчених співпрацювати.”

Історичне місце ЄФТ у Дубні стало четвертим в Європі.

Як розповіла Луїза Чіфареллі, перша пам'ятна табличка встановлена у Римі, в Інституті ядерних досліджень імені Енріко Фермі.

Друга – на вершині Монблану, в лабораторії для вивчення космічних променів.

Третя – у Варшаві, на історичному будинку, який нині входить до Інституту експериментальної фізики та Інституту теоретичної фізики Варшавського університету.



ПРО ВИДАТНОГО АНГЛІЙЦЯ

Ісаак Ньютон народився 4 червня 1643 року в родині фермера у Вулсторпі, поблизу Грантема в Англії. Батько Ньютон помер ще до його народження, мати згодом повторно вийшла заміж, а сина, якому було три роки, залишила на піклування бабусі.

Хлопець спочатку навчався в Грантемській школі, а 1661 року вступив до Трінті-коледжу Кембріджського університету. Його прийняли на правах бідного студента, якому виділили гуртожиток і харчування, за що він мав прислужувати бакалаврам, магістрам і студентам старших курсів.

Закінчивши коледж 1665 року, І. Ньютон одержав ступінь бакалавра.

Під час епідемії чуми, у 1665–1667 роках Ньютон мешкав у своєму рідному селі Вулсторп, на фермі у матері.

Саме ці роки були найпродуктивнішими в його науковій творчості. Там у Ньютон виникли ідеї щодо створення диференціального й інтегрального числень, винайшов і сам виготовив дзеркальний телескоп (1668), відкрив закон всесвітнього тяжіння. Там він проводив досліди із дисперсії світла.

І. Ньютон не поспішав публікувати свої праці. Багато з них довго залишалися лежати у шухлядах письмового столу. Основні математичні відкриття були систематично викладені восени 1666 року. Мемуар “Міркування про квадратури кривих” був надрукований лише 1704 року, а працю “Наступні твердження достатні, щоб розв’язати задачі за допомогою руху”, було знайдено та опубліковано лише за 300 років.

У 1668 році Ньютон здобув ступінь магістра, а 1669 року очолив фізико-математичну кафедру в Кембріджському університеті. Цю посаду учений обіймав до 1701 року.



*Ісаак Ньютон (Sir Isaac Newton),
1643–1727)*

І. Ньютон 1671 року побудував свій другий дзеркальний телескоп – більшого (2 м) розміру та кращої якості, ніж перший, і відправив його королю. У січні 1672 року його обрали членом Лондонського королівського товариства.

У 1677 році Ньютон знову почав працювати над механікою. Свою знамениту працю “Математичні засади натуральної філософії” він опублікував 1687 року, де перелічив три універсальні закони руху.

Ісаак Ньютон зумів із численних, розрізнених відкриттів багатьох математиків, астрономів, фізиків і філософів виділити найзагальніші закони земної і небесної механіки і серед них знаменитий закон тяжіння, якому підпорядковане падіння славнозвісного ньютонівського яблука, обертання планет довкола



Сонця, рух далеких зір і галактик, нашого Всесвіту.

Учений так сам пояснив джерела своїх наукових триумфів, які були результатами безперервного пошуку істини: “Якщо я побачив більше за інших, то тільки тому, що стояв на плечах гігантів”.

Секретар Ньютона так згадував про роки цього неперервного пошуку наукової істини: “Він був зайнятий роботою постійно. Не дозволяв собі ані відпочинку, ані спорту, ані прогулянок. Ніколи не їздив верхи, вважав втраченою кожен годину, якщо та не була присвячена науковим заняттям. Рідко виходив із своєї кімнати, де день за днем робив математичні розрахунки і теоретичні викладки. Він так захоплювався роботою, що забував обідати. Коли ж йому кілька разів нагадували про це, стоячи, з’їдав кілька кусків і мовчки повертався до перерваних обчислень. Восени і весною він багато часу проводив у хемічній лабораторії. На сон йому лишалося лише 4–5 годин на добу”.

У 1690-х роках Ньютон написав декілька релігійних трактатів. Учений також був членом парламенту Англії (1689–1690 і в 1701 році).

Учений переїхав до Лондона, і 1695 року його призначили на посаду доглядача Монетного двору. Ньютонові доручили керувати перекарбуванням усіх англійських монет. Він удосконалив монетну справу Англії, за це одержав 1699 року довічне високооплачуване звання директора Монетного двору. Ньютон став, мабуть, найвідомішим майстром монетного двору після смерті Лукаса 1699 року. Там він працював до самої смерті.

Ісаак Ньютон був Президентом Лондонського королівського товариства від 1703 року, а також членом Паризької Академії наук. У 1705 році за наукові здобутки видатний учений отримав дворянський титул.

Ісаак Ньютон помер 31 березня 1727 року у Кенсінгтоні. Його поховали в національному пантеоні Англії – Вестмінстерському абатстві.

На пам’ятник, як і на друкування його праці “Начал”, ані Наукове лондонське товариство, ані уряд Англії коштів не знайшли.

На надгробку його родичі написали:

“Тут спочиває сер Ісаак Ньютон, який майже божественною силою свого розуму уперше пояснив за допомогою математичного методу руху і форми планет, шляхи комет, припливи і відливи океану.

Він перший досліджував розмаїтість світлових променів і особливості кольорів, що звідси виникають, про які до того часу ніхто навіть не підозрював.

Старанний, проникливий і вірний тлумач Природи, стародавностей і Священного Писання, він прославив у своєму навчанні Всемогутнього Творця. Необхідну Євангелієм простоту він довів своїм життям.

Нехай поздоровлять себе смертні тим, що колись існувала така краса людського роду.

Народився 25 грудня 1642 року

Помер 20 березня 1727 року.”

Наукові здобутки Ньютона відіграли винятково важливу роль в історії розвитку фізики.

Як зазначив А. Айнштайн “Ньютон своїми науковими працями зробив глибокий і сильний вплив на розвиток світогляду загалом”.

Його іменем названо одиницю сили у Міжнародній системі одиниць – ньютон.

Роман Паславський,

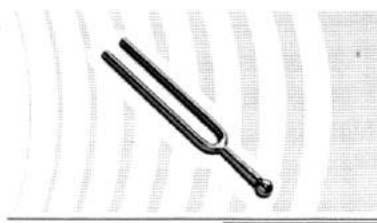
*Технічний коледж Національного університету
“Львівська політехніка”*



РЕЗОНАНСИ

Асоціації та афоризми

з колекції
проф. Ярослава Довгого



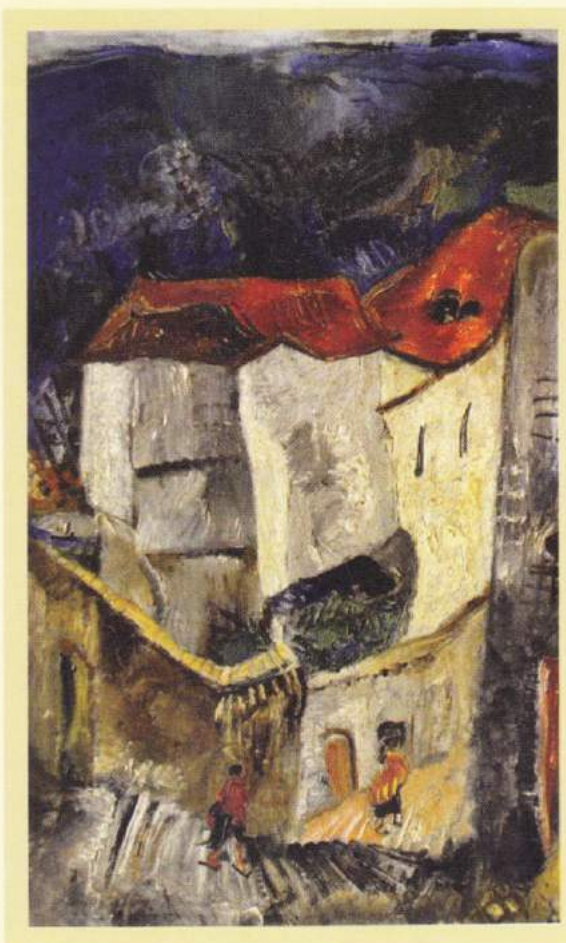
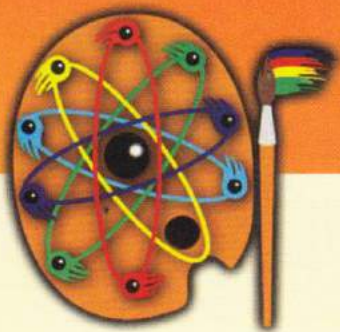
1. **Найвищий патріотизм**))))))) ■
Наука має бути найвищим втіленням патріотизму, бо серед народів першим завжди буде той, хто випередить інших у галузі думки та розумової діяльності.
Луї Пастер
2. **Презенти з вакууму**))))))) ■
Прощаючись з родиною перед відльотом у космос, він запитав дітей:
– Що вам привезти з вакууму?..
3. **Військовий статут і здоровий глузд**
Колись акад. Борис Гнеденко розповідав, як він складав залік з військового статуту, навіть не зазирнувши в нього. Допоміг здоровий глузд. На запитання, де у військовій частині сушать білизну, він чітко відповів: “У спеціально відведених місцях”. З’ясувалось, що так і в статуті написано.
4. **Хронолог чи історик?**))))))) ■
Тільки ідеї роблять експериментатора фізиком, а хронолога – істориком.
Макс Планк
5. **Дотепність львівського професора**
Я фізик і маю право на збереження енергії.
Гуго Штайнгаус
6. **Порада молодим науковцям**))))))) ■
Цілеспрямована зосередженість – це ключ до успіху. А для того, щоб зосередитись, ви маєте визначити свої пріоритети.
Джеймс Максвелл
7. **Теорія і життя**))))))) ■
– Виявивши помилку у своїх теоретичних розрахунках, професор знепритомнів.
– І хто привів його до тями?
Маленький онук, який защебетав:
– Дідусю, а чому ти спиш?..
8. **Людина – вінець Природи**))))))) ■
Люди для мене дуже, дуже цікаві, ще більше, як Природа.
Ольга Кобилянська. “Царівна”
9. **“Випадковий” син**))))))) ■
– Скажіть, ви, випадково, не син пана професора?
– Так. Але про те, що “випадково”, чую вперше.
10. **Що найважливіше**))))))) ■
Немає нічого кращого, як добре виховання.
Григорій Сковорода



ШАНОВНІ ЧИТАЧІ!

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

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



Олекса Васильович Грищенко
(1883–1977)
Вулиця, картон, олія. 1920

Олекса Грищенко – визначний український художник, письменник, мистецтвознавець. Своїми творами здобув визнання в мистецьких колах Європи та Америки. Народився у м. Кролевіч Чернігівської губернії. Навчався в Київському, Московському університетах, московській Мистецькій школі К. Юона. Вивчав біологію та філологію у Києві, Санкт-Петербурзі та Москві. Закінчив Академію у Петербурзі. Був учнем знаменитого київського пейзажиста С. Святославського. Після двох років роботи у Києві (1906–1908) він виїхав до Москви у пошуках справжнього «художнього життя», проте особливого успіху там не добився. Художник у 1909–1910 рр. працював у Московській школі мистецтв, із 1922 року – у Франції.

Першим звернув увагу на творчість О. Грищенка у Франції Фернан Леже. З 1931 р. – український художник став членом Осіннього салону у Парижі. Його твори експонували в Мадриді, Стокгольмі, Гетеборзі, Страсбурзі, Москві...

Живописні твори Грищенка зберігаються в найзнаменитіших колекціях світу, зокрема Паризькому Музеї національного сучасного мистецтва, Фундації Бернеса у Філадельфії (США), колекції Керрігана в Нью-Йорку, Королівських музеях Брюсселя та Копенгагена, Третьяковській галереї в Москві, Монреальському музеї Канади тощо.

О. Грищенко – автор мистецтвознавчих досліджень «Про зв'язки руського живопису з Візантією та Заходом», «Руська ікона як мистецтво живопису», книг спогадів «Україна моїх блакитних днів», «Два роки в Константинополі», «Мої зустрічі з французькими митцями», «Роки бурі і натиску».

Олекса Грищенко помер 28 січня 1977 р. у м. Венс (Франція).