

С В І Т

Фізики

№2
2014

науково-популярний журнал

2014 – Міжнародний рік
кристалографії



Пізнання починається з подиву
Аристотель





Вітаємо ювіляра!

ЛУКІЯНЕЦЬ Богдан Антонович – доктор фізико-математичних наук, професор Львівського національного університету «Львівська політехніка», відомий український фізик-теоретик і педагог.

Богдан Лукіянець народився 18 квітня 1944 року в селі Іванків Борщівського району (Тернопільщина). Він 1962 року закінчив середню школу № 15 м. Чорткова.

Далі навчався на фізико-математичному факультеті Чернівецького державного університету (1963–1968). Продовжив навчання в аспірантурі Львівського державного університету імені Івана Франка на кафедрі теорії твердого тіла. Закінчивши аспірантуру, працював у Чернівецькому університеті. Там, 1975 року, він захистив кандидатську дисертацію на тему: “Питання теорії протяжних дефектів і адсорбції на кристалічній поверхні”, докторську “Теорія електронного спектру і електрон-фононної взаємодії в шаруватих напівпровідниках” захистив 1991 року. Наступного року (1992) Б. Лукіянца перевели на посаду професора Львівського політехнічного інституту. Він підготував спецкурси “Статистична термодинаміка”, “Спеціальні розділи фізики”, “Фізика напівпровідників”, у яких відображено такі, зокрема, найновіші наукові відкриття та науково-технічні досягнення як тунельна спектроскопія, квантовий ефект Голла, високотемпературні надпровідники, фулерени тощо.

Наукові зацікавлення науковця: теорія твердого тіла, багаточастинкові ефекти, низькорозмірні та геометрично обмежені кристалічні структури, шаруваті та інтеркальовані кристали. Опублікував 180 наукових праць.

Б. Лукіянець – член Українського фізичного товариства, член бюро Західно-українського фізичного товариства і вчений секретар його наукового семінару, член редколегії “Вісника Львівської політехніки. Електроніка”, “Наукового збірника НТШ”, “Світу фізики”. Його залучають до рецензування праць у наукових виданнях “Журнал фізичних досліджень”, “Condensed Matter Physics”, “Sensors and Actuators” та ін.

Підготовці молодих науковців сприяє участь Б. Лукіянца впродовж тривалого часу в спеціалізованих учених радах із захисту докторських та кандидатських дисертацій при Львівській політехніці, Львівському національному університеті імені Івана Франка, Інституті фізики конденсованих систем НАН України. Він часто виступає опонентом на захистах докторських та кандидатських дисертацій за спеціальностями “Фізика напівпровідників і діелектриків”, “Теоретична фізика”, “Фізика твердого тіла”. Б. Лукіянець – член науково-експертної ради за фаховим напрямом “Фізика”, секція “Теоретична фізика” при Міністерстві освіти і науки України.

Б. Лукіянець вміє слухати, дати пораду, допомогти, не терпить фальші. Любить природу, класичну музику, розуміє жарт.

*Редакційна колегія та читачі журналу “Світ фізики”
щиро вітають з 70-річчям від дня народження
доктора фізико-математичних наук, професора,
відомого українського фізика-теоретика і педагога*

Богдана Антоновича ЛУКІЯНЦЯ

*Бажають йому міцного здоров’я, наукових здобутків
і творчого натхнення*

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

Виходить 4 рази на рік

Засновники:

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

Головний редактор

Іван Вакарчук

заступники гол. редактора:

Олександр Гальчинський

Галина Шопа

Редакційна колегія:

Ігор Анісімов

Михайло Бродин

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

Верховна Рада України прийняла дуже важливий закон "Про вищу освіту", який підписав Президент України.

Там, зокрема, зазначено, що:

– Буде створено Національне агентство із забезпечення якості вищої освіти;

– Створюватимуть новий механізм виборів ректорів вищих навчальних закладів за участю всього викладацького складу та збільшено відсоток студентів, які братимуть участь у голосуванні;

– Для ректорів, деканів і завідувачів кафедр введено обмеження перебування на посаді – не більше двох строків;

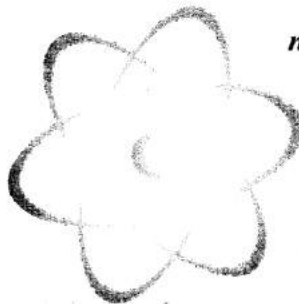
– Усі вищі навчальні заклади отримають право остаточного присвоєння наукових ступенів;

– Зменшено навантаження на викладачів і студентів;

– Створюватимуть умови для збільшення мобільності студентів і викладачів тощо.

Закон про освіту розширює автономію університетів та надає громадськості більше важелів для контролю за його діяльністю. Університети впроваджуватимуть внутрішній публічний моніторинг якості, його результати розмічатимуть на сайтах вищих навчальних закладів.

*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 з фізики

Корсак К. В., Корсак Ю. К. Фізика і нооенергетика XXI століття – шанси здійснення і гальмівні явища

3

2. Фізика світу

Паславський Роман. Галілео Галілей – чотири з половиною століття тому

10

3. Нобелівські лавреати

Шопа Галина. Фізика, футбол і Бразилія
Фізика досліджують: який м'яч найкращий

13

20

4. Олімпіади, турніри...

Умови задач IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (Суми, 2014)

21

Орлянський Олег. Гусениці швидко повзають...

28

Кваркові – 50 років

36

5. Фізика в житті

Хрептак Олександр. Втікаючий звук

38

6. Фізика для наймолодших

44

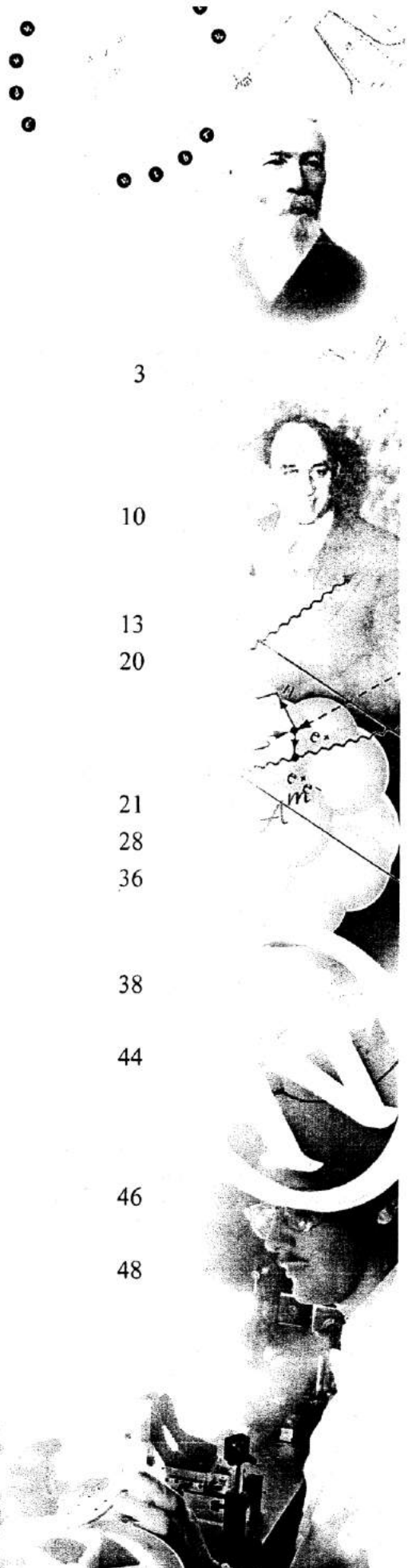
7. Фізика світу

Шопа Галина. Німецький учений, який пізнав українських фізиків

46

8. Гумор

48





ФІЗИКА І НООЕНЕРГЕТИКА ХХІ СТОЛІТТЯ – ШАНСИ ЗДІЙСНЕННЯ І ГАЛЬМІВНІ ЯВИЩА

К. В. Корсак,

доктор філософських наук,

Ю. К. Корсак,

кандидат філософських наук,

Інститут вищої освіти НАПН України

Утримаємося від зайвих витрат тексту на перелік усіх екологічних та інших загроз існуванню людства, які наводять серйозні футурологи з одночасними рекомендаціями негайно розпочати підготовку до останнього хаосу тотальної війни усіх проти всіх за рештки джерел енергії, їжі й питної води [7].

Ці люди, як і організатори трьох світових екологічних форумів Ріо–1992, Ріо+10 і Ріо+20, засвідчують не тільки зневіру в ментальних спроможностях людства щодо самопорятунку, а й тривіальну необізнаність у реальних досягненнях фізики, інших природничих наук і надвисоких технологій.

Наприклад, науковці з групи Денніса Медоуза цілковито переконані у “вічності” екологічно шкідливих індустріальних виробництв, що й спричинило наростання песимістичних передбачень в їх загальновідомій серії з трьох великих кількісних прогнозів 1972, 1992 і 2002 років [8].

Не тільки невелика за складом група Д. Медоуза, а й організатори червневого 2012 року світового екологічного форуму Ріо+20 у Бразилії так і не помітили виразних ознак сповільнення “демографічного вибуху” та появи серед нанотехнологій перших і по-справжньому мудрих засобів людського життєзабезпечення, що не шкодять ні біосфері, ні людині.

Факт появи подібних надвисоких технологій був усвідомлений першим автором майже одразу ж після 2000-го року, але тільки зго-

дом пощастило запропонувати для них достатньо вдалу назву “**ноотехнології**” [3], підхоплену Інтернетом і прихильно сприйняту багатьма колегами.

Нижче ми не повторюватимемо ті публікації, які аналізували це нове поняття і детализували інформацію про перші чотири ноотехнології:

1. Фотокаталізаційне перетворення тривіального поглинання світла в ефективний процес біологічного обеззараження;
2. Виробництво спроможних до порівняно швидкого розпаду біопластиків з довільних органічних відходів;
3. Вирощування наноплівки для дисплеїв і багатьох інших пристроїв;
4. Консолідація піску в моноліт і самозагоювання тріщин у бетонах й інших матеріалах унаслідок життєдіяльності особливих бактерій ([4; 5] та ін.).

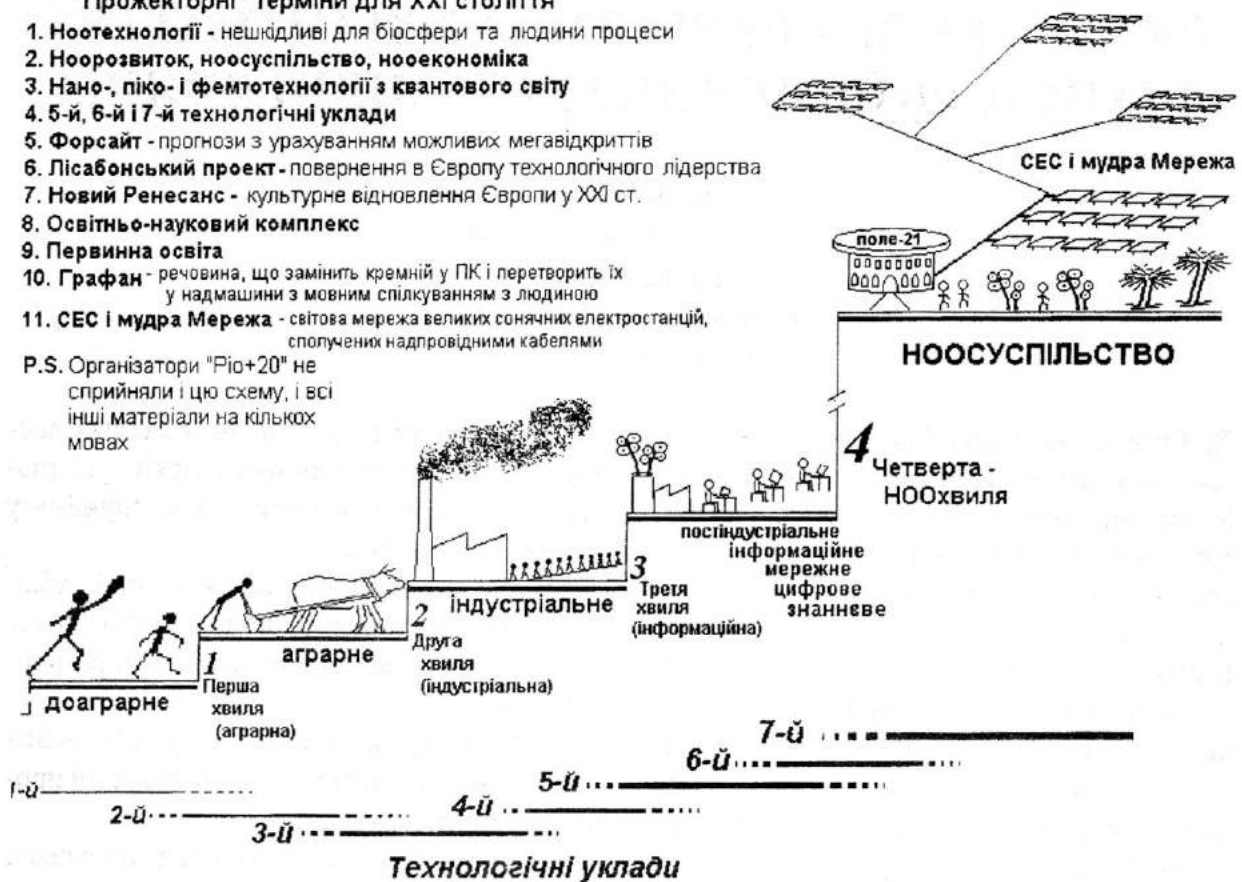
Однак, ми вважаємо дуже важливим спершу коротко нагадати про існування групи нових термінів і понять, які дають змогу точно і на тривалий період передбачати еволюцію виробництв, а пізніше сконцентруємо увагу на аналізі сучасного стану вирішення енергетичного забезпечення потреб людства, що невпинно зростають не тільки внаслідок збільшення населення планети, а й через виправдане бажання громадян держав третього світу наблизитися до стандартів життя у “золотому мільярді”.



"Прожекторні" терміни для XXI століття

1. Ноотехнології - нешкідливі для біосфери та людини процеси
2. Ноорозвиток, ноосуспільство, нооекономіка
3. Нано-, піко- і фемтотехнології з квантового світу
4. 5-й, 6-й і 7-й технологічні уклади
5. Форсайт - прогнози з урахуванням можливих мегавідкриттів
6. Лісабонський проєкт - повернення в Європу технологічного лідерства
7. Новий Ренесанс - культурне відновлення Європи у XXI ст.
8. Освітньо-науковий комплекс
9. Первинна освіта
10. Графан - речовина, що замінить кремній у ПК і перетворить їх у надмашини з мовним спілкуванням з людиною
11. СЕС і мудра Мережа - світова мережа великих сонячних електростанцій, сполучених надпровідними кабелями

P.S. Організатори "Ріо+20" не сприйняли і цю схему, і всі інші матеріали на кількох мовах



Мал. 1. Уточнена "хвильова" схема минулої та майбутньої еволюції людства

Нові терміни і приклад їхнього застосування продемонструємо авторським малюнком (мал. 1) зі значно поліпшеною "хвильовою" (американця Е. Тоффлера) моделлю соціально-економічної еволюції людства. На ньому акцентовано надходження високої 4-ї "ноохвилі", у лівій верхній частині запропоновано велику групу "прожекторних" термінів, а знизу зображено періоди домінування у життєзабезпеченні людей різних технологічних укладів.

Центральний термін – "ноотехнології" (грецькому "ноо-" у нас відповідає "мудрий").

З ним логічно пов'язані три такі нові поняття: **ноорозвиток** – рух людства до досягнення стадії сталого розвитку і подолання всіх екологічних загроз [6]; **ноосуспільство** –

аналог поняття "ноосфера" (серед авторів – наш Володимир Вернадський), в якому будуть заборонені індустріальні та інші шкідливі для людини і біосфери способи виробництва; **нооекономіка** – економіка, що спиратиметься тільки на ноотехнології й гарантуватиме всьому населенню Землі таке ж комфортне і безпечне життя, яке зараз мають громадяни держав-лідерів;

нано-, піко- і фемтотехнології – об'єднують науки і технології, що стосуються вивчення об'єктів у межах 10^{-9} – 10^{-15} м з метою використання отриманих знань для життєзабезпечення людства. Їхнім еквівалентом є авторське поняття "квантові технології", але воно має мізерні шанси на швидке поширення;



5-й, 6-й і 7-й технологічні уклади – різноманітні рівні способів виробництва. 5-й рівень частіше називають “високими технологіями” (high-tech), 6-й – надвисокими. На нашу думку, настав час доповнити світову стандартизацію ще й 7-им укладом, включивши у нього тільки ноотехнології [5]. Зауважимо, що цю авторську пропозицію без зволікань підтримали українські економісти;

термін **форсайт** означає різноманітні передбачення (найчастіше – щодо технологій), які враховують багато чинників і намагаються здійснити прогноз впливів тих технологій, яких ще немає, але вони можуть з’явитися невдовзі.

Лісабонський проект – намір Європейського Союзу повернути собі світове лідерство у технологіях шляхом великого і концентрованого фінансування точних наук та сучасної інженерії;

Новий Ренесанс – сподівання керівників ЄС поєднати культурний розквіт Європи зі “стрибком” у технологіях;

освітньо-науковий комплекс – аналог створеного в СРСР “науково-промислового комплексу”, завдання якого, однак, полягатиме не у масовому виробництві зброї, а у винайденні та використанні ноотехнологій разом з підготовкою потрібних для нооекономіки кадрів;

первинна освіта (Initial Education) – міжнародне позначення всіх видів навчання і підготовки дітей та молоді від моменту народження до початку активного трудового життя (тривалість – майже 20 років у державах-лідерах);

графен – водне-вуглецевий матеріал і подібні до нього планарні структури, які нині засекречені так само, як уран-235 у 1940-х роках і пізніше. Причина у тому, що графен може за кілька років замінити в електроніці кремній, у сотні разів підвищивши швидкодію процесорів і незрівнянно більше розширивши пам’ять;

СЕС і мудра Мережа – поєднані надпровідними кабелями великі сонячні електростанції, спроможні назавжди забезпечити базові енергетичні потреби всього людства без порушення теплового балансу всієї планети.

Немає жодних сумнівів, що впродовж наступних років безперервно створюватимуть нові ноотехнології:

I. Буде удосконалений до стадії масового застосування уже здійснений варіант штучного фотосинтезу і людство перестане залежати від браку ґрунтів і води, виготовляючи мільярди тонн “первинної їжі” майже “з повітря” (як зображено на малюнку, нові поля краще розташовувати не в пустелях, а на дахах будинків та інших спорудах);

II. Будуть синтезовані органічні матеріали, які матимуть властивості надпровідності за температур земного довкілля (зауважимо – є певні сподівання на те, що згаданий вище графен чи його похідні можуть виявитися подібним надпровідником, що значно полегшить створення і використання мудрої Мережі).

Наблизимося до фізики й проведемо короткий “енергетичний” аналіз.

Як відомо з історії, разом з плином цивілізаційного прогресу відбувалося залучення людьми усе нових і нових джерел енергії: спершу це було спалювання гілок і стовбурів дерев, згодом – різних видів викопного палива.

До можливостей отримання енергії хемічних реакцій (електронних оболонок атомів і молекул) у XX ст. додали у мільйони разів потужнішу енергію ядер. Виконуючи державно-стратегічне завдання щодо ядерної і термоядерної зброї, науковці та інженери порівняно успішно навчилися керувати реакціями розпаду нестійких ізотопів надважких ядер (переважно – урану-235), яких у літосфері Землі надто мало для безпечного і довготривалого енергозабезпечення людства у майбутньому.



Сповільнення ядерних перегонів наприкінці існування СРСР і очевидна небезпечність продуктів ядерного розпаду зупинили на півдорозі програми енергетичного використання стійкішого ізотопу урану (урану-238) і торію. У разі їхнього успішного завершення головним джерелом енергії на мільйони років стали б ці елементи з гігантської гранітної частини земної літосфери.

Фізики, піклуючись про зменшення кількості небезпечних вторинних відходів, небезпідставно вважали набагато екологічнішими реакції синтезу легких елементів (ізотопів водню і гелію) у важчі. Це складне завдання успішно розв'язали ще 1992 року науковці Великобританії, досягнувши енергетично вигідного стану реакції (виділення енергії перевищило її витрати на нагрівання плазми). Але цей успіх мав несподівані наслідки – серію замовних критичних статей тих науковців, які погодились скласти великий список недоліків наявного устаткування. На цій підставі уряд Великобританії, як і керівники інших держав “великої вісімки”, відмовилися розглядати термоядерний енергетичний шлях пріоритетним і майже припинили фінансування.

Найлогічніше пояснення цих дій – вплив на уряди керівників нафтогазових компаній, які в потужних і екологічно безпечних термоядерних реакторах слушно вбачали загрозу можливості постійно збільшувати ціну нафти.

Терпець урядів урвався 2004 року, коли вартість бареля (бочки) нафти перевищила 50 доларів США. Розпочалися справжні перемовини щодо спільної побудови експериментального міжнародного термоядерного реактора (ITER), а наприкінці червня 2005 року конгломерат країн на чолі з Францією підписав таку бажану угоду. Оптимісти сподівалися, що значне фінансування дасть змогу за кілька років розвинути технології, які в майбутньому дадуть змогу будувати серійні термоядерні реактори і ліквідувати “енергетичний голод”: пального для них вистачить на мільйони років

(у разі вдосконалення запланованого реактора і використання інших реакцій – на мільярди років).

Подібних станцій не можна будувати скільки заманеться, адже існує небезпека перегрівання атмосфери. Та це станеться лише в тому разі, коли люди перевищать сучасний рівень виробництва електроенергії у тисячі разів.

Підкреслимо – політика прихованого гальмування термоядерного проекту ITER має незаперечні успіхи навіть зараз. Штучні труднощі організаційного плану й безперервне зростання цін на комплектуючі такі потужні, що навіть оптимістично налаштовані у минулому фізики (академік РАН Є. Веліхов) втратили надію побачити реактор не лише за свого життя, а й мало не до кінця XXI сторіччя.

Зосередьмо увагу читачів на інших привабливих шляхах стабільного і довготривалого енергетичного забезпечення людства.

Краще з можливих джерел – напівпровідникові чи органічні фотоелементи, що безпосередньо перетворюють потік прямого проміння Сонця в електрику. Цей шлях дуже зменшує небезпеку надмірного перегрівання атмосфери. Поглинаючи сонячні промені і створюючи електрику, вони вилучають частину тепла, що нагріває поверхню планети у спекотних і безхмарних пустелях.

Звичайно, використання отриманої електрики завершиться нагріванням середовища помірних і населених широт, але цим тепловий баланс Землі не порушується – він залишатиметься таким, як нині.

Загалом, фотоелементи давно цікавили науковців, але головний потік державних замовлень скеровувався на створення енергетичного забезпечення космічних станцій з екіпажами, де не можна було використати ядерно-ізотопні джерела енергії.

Для теми статті цікавою є таблиця, яку опублікували науковці РАН у часописі “Енергія”, спираючись на сукупність даних європейських джерел [10].



Таблиця 1. Порівняльна вартість різних видів енергії

Технологія отримання	Капітальні витрати (євро/кВт потужності)	Операційні витрати (євро/кВт потужності)
Газові турбіни відкритого циклу	200–300	6–13
Комбіновані газові турбіни	480–740	19–26
Те ж, із системою вловлювання й зберігання вуглецю	1000–1305	36–44
Пульверизоване вугілля	1000–1450	49–67
Те ж, із системою вловлювання й зберігання вуглецю	1600–2700	75–102
Вугілля - комплексна газифікація, комбінований цикл	1410–1650	61–70
Те ж, із системою вловлювання й зберігання вуглецю	1700–2410	74–107
Ядерна енергія	1970–3380	74–107
Вітростанції (на суші)	1000–1380	33–42
Вітростанції (на морі)	1740–2750	71–104
Великі гідроелектричні станції	900–4500	41–75
Невеликі гідроелектричні станції	2000–6530	86–130
Сонячні фотоелементи	4100–6890	72–115
Біомаса	2030–5080	123–293
Біогаз	2960–5800	123–293
Газ зі сміттєзвалищ	1410–2000	199–210

Складається враження, що творці цієї таблиці належать до палких прихильників вітроенергетики, акцентуючи невеликий максимальний рівень капітальних витрат на установках, що зводять на суходолі.

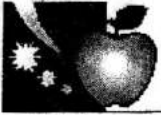
Навпаки, для пристроїв сонячного фотогенерування майже всі показники виявляються рекордно високими (зокрема й обслуговування).

Ця точка зору є досить поширеною.

Наприклад, український експерт з енергетичних проблем С. Гончаров у доволі об'єктивній статті про альтернативні джерела енергії найбільший наголос робить на тому, що сонячна електроенергія лишається надто дорогою. Він зазначає: "З обчислень, що проводилися у процесі розроблення Енергетичної стратегії України, випливає, що середня собівартість створення 1 кВт потужності геліо-

електрогенерації становитиме у нас не менше 9000 доларів США (у цінах 2000 р.), що у 4 рази перевищує показники АЕС і в 5,5 разів – ТЕС. Навіть у найкращих сучасних СЕС повна вартість виробництва електроенергії ще жодного разу не опустилася за межу 250 % вартості традиційної генерації" [1].

Некваліфікованість діяльності науковців і виробників США, Європи чи Росії у темі "створення СЕС" доволі обґрунтовано можна пояснити гальмівним впливом урядових структур на розподіл бюджетних коштів на ті чи інші проекти (наприклад, успіхи "вітряків" у Данії чи Німеччині викликані саме законодавчою стимуляцією і виділенням цільових субсидій). Якщо ж прискіпливо обчислити витрати на заміну ними усіх ТЕС і АЕС, то з'ясується – йдеться про грандіозне розтринькування матеріалів і фінансів "на вітер".



У контексті цієї статті треба вказати на такий факт: з дуже великих держав тільки Китай залишається поза впливом тих гальмівних сил, що безпосередньо зацікавлені у збереженні якомога більшої кількості ТЕС і АЕС. Його керівництво встигло після 2008 року здійснити низку кроків, які призвели до втрати інформаційно-прогностичної цінності інформації, що міститься у табл. 1 і висловлюваннях С. Гончарова. Нині, намагаючись відновити втрачені понад 500 років тому провідні світові економічні позиції, китайці зробили наголос на пришвидшенні постіндустріального розвитку через масове застосування ІКТ і рух до сонячної електроенергетики. Спершу Китай ліквідував у США виробництво рідкоземельних елементів шляхом пропозиції набагато дешевшої продукції, а згодом монополізував ще й світовий ринок сонячних фотоелементів завдяки рекордно низьких цінах.

Прочитуємо фахівців: “2011 рік для сонячної енергетики був відзначений воістину драматичною подією: різким зниженням цін на “сонячну” електрику, відтак, з одного боку, завалилися бізнесплани безліч компаній, а з іншого – з’явилася реальна змога виходу технологій прямого (фотоелектричного) перетворення сонячної енергії на фінішну пряму – до масштабної енергетики. Це обов’язково приведе до серйозних, зокрема й політичних, змін у довколишньому світі... Китайці просто купили існуючі технології фотоелементів і будували заводи у великих кількостях. Їхні компанії вийшли на перший план із кремнієвими сонячними батареями, що забезпечують ціну пікової електричної потужності на рівні 1000 дол/кВт.” [2]

Без сумнівів – це дуже велике досягнення, що пришвидшило передбачене на межі 2020-х років перетворення сонячної енергетики в конкурента традиційній. Китайські ціни на кремнієві фотоелементи, як засвідчує табл. 1, дають змогу споруджувати майже так само

дешеві енергетичні центри, як турбінні ТЕС на природному газі.

Очевидно – ідеальним варіантом було б спорудження всесвітньої мережі сонячних електростанцій у Сахарі, пустелях і напівпустелях Азії, Австралії та Америки. Освітлена Сонцем частина цієї мережі має живити енергією “затемнених” споживачів. Саме цей шлях ліквідує потребу будувати неймовірного розміру й вартості засоби для забезпечення рівномірності використання енергії не тільки у світлий, а й темний час доби.

Та у цьому випадку виникає проблема прокладання електричних ліній величезної довжини через океани, моря і території більшості держав світу. Сподівання на розв’язання цього завдання надають нам німецькі науковці та інженери, які першими у світі створили надпровідний електричний кабель великої потужності, що заповнений не дорогим рідким гелієм, а в півсотні разів дешевшим зрідженим азотом.

У разі політичних домовленостей й використання достатніх ресурсів світова мережа СЕС виявиться вузлами “розумної” електричної мережі, яка без втрат потужності на нагрівання кабелів надасть енергію всім споживачам на Землі. Мрії фантастів середини ХХ ст. про енергетичний “рай” на планеті об’єднане людство може здійснити на підставі тих технологій, які існують нині, але мають надто обмежене застосування.

Однак, не слід сподіватися на те, що переможна хода ноотехнологій, нооглобалізація та ноосупільство з його мудрим енергетичним забезпеченням стануть реальністю за кілька років (тобто – так само швидко, як було отримано ядерну бомбу після відкриття урану-235). Історія наук і прогресу людства свідчить про існування певного проміжку часу між старими і новими уявленнями, коли й самі прихильники нового можуть помилятися і пропонувати невдалі варіанти. Важливий для



сьогодення приклад цього – неправильно визначене поняття “нанотехнології” у Вікіпедії та багатьох друкованих виданнях. Ці джерела акцентують малі розміри нанопродуктів, але ігнорують природу процесу їх виготовлення. Ситуація дуже подібна до пропозиції називати технології з пошиття одягу “сантиметровими”, а у транспортній сфері перейти виключно на “кілометротехнології”. Слід нагадати про те, що чимало нанопродуктів уміли виготовляти алхіміки і ремісники минулих сторіч (приклад – індійський булат). Сьогодні фулерени і нанотрубки виготовляють надзвичайно шкідливим для біосфери індустриальним способом.

Використання терміну “нанопродукт” стало модою, до того ж – ним часто користуються шарлатани для видурювання грошей у довірливих і необізнаних осіб [9]. Однак, сподіватимемося на те, що поняття “нанотехнології” швидко поступиться місцем потрібнішому і важливішому слову “ноотехнології”. Воно та інші слова з “ноо-” допоможе створити на планеті удосконалене інформаційне середовище. Це також підвищить якість усіх форсайтних проєктів і передбачень, державних планів і постанов, стратегічних економічних і політичних кроків.

Мріючи про приєднання до Європейського Союзу, українцям слід уважніше дослідити дії ЄС у науковій сфері. З 2000-го року там виконується Лісабонський проєкт – спроба повернення собі світового лідерства у надвисоких технологіях. Для цього збільшується підготовка молодих науковців, “імпортується” молодь з України, Росії та держав третього світу. ЄС пришвидшено зменшує технологічне відставання від США.

Україна, сподіваємося, лише тимчасово опинилася порівняно далеко поза гроном успішних у прогресивних наукових дослідженнях держав. Нам слід докласти зусиль до повноцінного партнерства з ЄС у Лісабонському проєкті, а згодом не змарнувати шанс брати

участь у геліоелектризації всієї планети та інших великих проєктах.

Погодьтеся – це чудова перспектива для молоді, яку їй слід врахувати під час вибору свого життєвого шляху ще у шкільному віці.

Література

1. Гончаров С. Нетрадиционная энергетика – новая реальность или старый миф? // Украинская техническая газета, 2012. – № 47(252), 27 ноября. – С. 6.
2. Интервью Е. Каца редактору журнала “Экология и жизнь” А. Самсонову (<http://www.ecolife.ru/zhurnal/articles/8945/10.09.2012>).
3. Корсак К. В. Новый термин “ноотехнологии” та успішність форсайтних проєктів / Актуальні проблеми науково-технологічної та інноваційної політики в контексті формування загальноєвропейського наукового простору: досвід і перспективи. Матер. XXIII Київ. міжн. симп. з науковозн. і н.-техн. прогнозування / м. Київ, 16–17 червня 2010. – К.: Фенікс, 2010. – С. 357–360.
4. Корсак К. В. Ноосфера, ноотехнології і вища освіта у ХХІ ст. // Вища освіта України, 2010. – № 3. – С. 38–46.
5. Корсак К. В. Нооекономіка (4-та хвиля) – шлях сталого розвитку людства у ХХІ столітті / К. В. Корсак // Економіст, 2011. – № 1. – С. 20–23.
6. Корсак Ю. К. Філософія про сталий (екобезпечний) розвиток людства: погляди з ХХ і ХХІ століть / Ю. К. Корсак // Практична філософія, 2011. – № 4 (42). – С. 32–37.
7. Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д. Пределы роста. 30 лет спустя / Пер. с англ. – М.: ИКЦ “Академкнига”, 2008. – 342 с.
8. Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рандерс Й. Пределы роста. – М.: МГУ, 1991; За пределами роста. – М.: Прогресс, Пангея, 1994; Пределы роста. 30 лет спустя. – М.: ИКЦ “Академкнига”, 2008.
9. Мирошниченко В. Волшебная чаша жизни “Хуа Шен” (Структурированная вода – энергия жизни) // ВВС (Итоги недели: версии, вести, события). – 2009. – № 36 (454). – С. 15.
10. Сравнительная стоимость разных видов энергии // Энергия: экономика, техника, экология. – 2011. – № 4. – С. 1.



ГАЛІЛЕО ГАЛІЛЕЙ – ЧОТИРИ З ПОЛОВИНОЮ СТОЛІТТЯ ТОМУ



**450 РОКІВ ТОМУ НАРОДИВСЯ
ГАЛІЛЕО ГАЛІЛЕЙ**

Чи знаємо ми, хто такий Галілео Галілей. Напевно, адже про нього написано величезну кількість книжок, значно більше, ніж про інших видатних учених, які зробили набагато більше для людства, ніж Галілей.

Галілео ді Вінченцо Бонайуті де Галілей (італ. Galileo di Vincenzo Bonaiuti de 'Galilei) народився 15 лютого 1564 року в місті Пізі (Італія). Він був сином Джулії та Вінченцо, торговця одягом і музиканта, найвідомішим за його теоретичними працями з давньої та сучасної музики. Від батька Галілей навчився грати на лютні та співати.

Родина Галілея 1572 року переїхала до Флоренції. Хлопця віддали навчатися до школи при монастирі Валломброса, де він навчався граматики, риторики, діалектики, арифметики, ознайомився із творами латинських і грецьких письменників.

Побоюючись, що син стане монахом, його батько забрав із монастиря і півтора роки Галілео навчався вдома. Вінченцо навчав сина музики, літератури, живопису.

Спочатку Галілео навчався на священика, та 1581 року залишив навчання й вступив до Університету в Пізі. Його батько хотів, щоб син став лікарем. Підкоряючись волі батька, Галілео почав вивчати медицину. Однак лекції в університеті Галілео відвідував нерегулярно. Він захопився математикою, самостійно вивчав геометрію і механіку. Тоді ж він уперше ознайомився з фізикою Аристотеля та працями давніх математиків – Евкліда та Архімеда.

Захопившись математикою, Галілео залишив університет і повернувся до Флоренції.

Там він знайшов учителя математики Остіліо Річчі, який на своїх заняттях обговорював не лише чисто математичні проблеми, а й застосовував математику до практичної механіки, зокрема гідравліки.



Г. Галілей від 1585 року без диплома упродовж чотирьох років викладав математику приватно.

За рекомендацією відомого математика, що обіймав високу державну посаду, який високо оцінював математичні здібності Галілео, він 1589 року обійняв посаду професора математики в Пізанському університеті. У той час Галілео написав працю “Про рух”, у якій уперше виступає проти аристотелевого вчення про падіння тіл. Згодом він сформулював як закон про пропорційність шляху, який пройшло тіло, до квадрата часу падіння.

Коли помер його батько (1591), матеріальна скрута застала Галілео шукати нову роботу. Йому 1592 року запропонували читати лекції з математики у відомому на той час в Європі університеті в Падуї. Там він викладав геометрію, астрономію і механіку.

Упродовж 18-ти років Галілео мешкав у Падуї. Там він зробив свої найважливіші відкриття в механіці, і експериментальні, і теоретичні: пришвидшення падаючого тіла, параболічну траєкторію руху снаряда та багато інших важливих відкриттів.

Галілей зацікавився астрономією. Він підтримав геліоцентричну теорію Коперника і намагався знайти докази, щоб довести це.

Перебуваючи в Падуї, Галілей мало публікував, його дослідження були відомі не багатьом. На початку літа 1609 року він дізнався про оптичний пристрій, який недавно винайшли в Нідерландах, за допомогою якого віддалені об’єкти здавалися ближчими. Він відразу зрозумів, що це зображення з 2- або 3-кратним збільшенням. Дослідник незабаром сконструював свій телескоп, який збільшував зображення уже в 8–9 разів. Його він запропонував Венеціанській республіці. За це отримав винагороду, йому подвоїли зарплату.

Невдовзі Г. Галілей поліпшив збільшення свого телескопа у 20, а згодом 30 разів. Тоді дослідник почав вивчати небо.



Один з телескопів Галілео, який зберігається в музеї історії науки у Флоренції

У січні 1610 року дослідник зробив нове відкриття. Він побачив плями на Сонці, гори на Місяці та відкрив фази Венери і Меркурія. Він з’ясував, що існує величезна кількість зір, які ми не бачимо неозброєним оком, і побачив, що Чумацький Шлях складається з безлічі зір. Найдивовижніше з усього, він побачив, що чотири невеликі зорі рухаються довкола Юпітера. Ці супутники Галілей назвав “світлами Медичі” на честь герцога Тосканського Козімо II Медичі.

Того ж року Г. Галілей опублікував невеликий трактат латинською мовою “Зоряний вісник” (“Siderius Nuncius”), який містив огляд усіх його телескопічних відкриттів. Ця книжка була надрукована невеликим тиражем і швидко розійшлася в Європі. Про неї позитивно відгукнувся відомий математик і астроном Йоган Кеплер. Монархи й вище духовенство також дуже зацікавилися відкриттям Галілео. Дослідник розсилав екземпляри своїх підзорних труб багатьом європейським правителям.



Ставши відомим, Галілео Галілей отримав посаду професора Пізанського університету, був звільнений від читання лекцій студентам, та отримав утричі більшу заплату.

Г. Галілей 1611 року відвідав Рим, де його прийняли в наукову Академію деї Лінчеї.

Учений 1613 року опублікував статтю про сонячні плями, в якій уперше підтримав геліоцентричну теорію Коперника. Він – автор “Посланника Зорі” (1611), “Діалоги двох систем світу, Птолемея і Коперника”, яку було опубліковано 1632 року, згодом заборонено інквізицією.

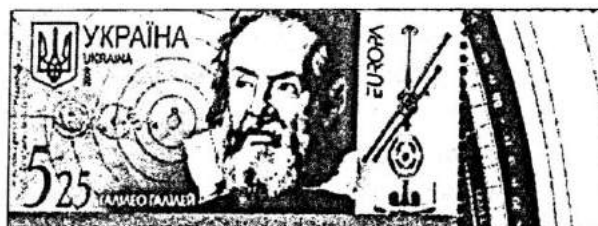
Католицька церква 1616 року заборонила працю Миколи Коперника “De Revolutionibus”, де було обгрунтовано геліоцентричну систему Всесвіту. Папа Павло V викликав Галілея до Рима й зобов’язав його не підтримувати Коперника публічно.

У 1633 році Галілео Галілея засудили довічно, яке було замінено домашнім арештом. Останні роки учений провів у своєму маєтку в Арчетрі поблизу Флоренції.

У 1638 році Г. Галілей опублікував у Нідерландах нову книжку “Доведення і обговорення двох математичних наук”, де виклав свої думки щодо законів механіки – від статички і опору матеріалів до законів руху маятника і законів падіння.

До самої смерті Галілей активно займався творчою діяльністю: намагався використовувати маятник як основний елемент механізму годинника, за декілька місяців, як він повністю осліп, відкрив вібрацію Місяця, і, вже зовсім сліпим, диктував останні міркування щодо теорії удару своїм учням.

Ще в університеті в Падуа Галілео Галілей зустрів венеціанку Марину Гамбу. Вони мали троє позашлюбних дітей. Сина Вінченцо, який став музикантом, Галілей 1619 року визнав. А дві доньки, Вірджінію та Лівію, 1614 року віддали до монастиря святого Матвія, недалеко від Флоренції. Їхня мати, Марина Гам-



Українська марка, що видано з нагоди 300 річчя телескопа Г. Галілеєм

бу, залишилася мешкати у Падуа, коли Галілей переїхав до Флоренції.

Галілео Галілей помер у Арчетрі 8 січня 1642 року після тривалої хвороби. У своєму заповіті він просив поховати його у сімейному гробівці в базиліці Санта-Кроче (Флоренція). Однак, побоюючись опору церкви, цього не зробили. Останню волю вченого виконали лише 1737 року. Його прах перевезли з Арчетрі до Флоренції і з почесними перезахоронили у церкві Санта-Кроче поряд з Мікеланджело.

Католицька церква 1758 року зняла заборону з більшості праць Галілео Галілея, в яких той підтримував теорію Коперника, а 1835 року вилучила працю “Про обертання небесних сфер” з індексу заборонених книжок.

Папа Римський Іван Павло II 1982 року вибачився за “помилки” інквізиції, згодом декілька разів засудив її за “нетерпимість і навіть насильство у служінні правді”.

У 1992 році публічно вибачився перед покійним Галілео Галілеєм, визнав рішення інквізиції помилковим і реабілітував ученого, повернувши йому “право бути законним сином церкви”.

У 1998 року вийшла книжка італійського журналіста Луїджі Аккаттолі (Luigi Accattoli) “When a Pope Asks Forgiveness: The Mea Culpas of John Paul II” (“Коли Папа просить вибачення”), в якій описувалися всі вибачення голови католицької церкви.

Паславський Роман



Фізика, футбол і Бразилія

Нині у Бразилії проходить чемпіонат світу з футболу. Ми знаємо, як люблять чоловіки футбол. І ми також знаємо, як люблять чоловіки фізику. Недарма, складено багато фізичних задач про траєкторію польоту м'яча, силу удару тощо. У журналі "Світ фізики" було опубліковано чимало умов і розв'язків таких задач, а також матеріали про чемпіонат Європи з футболу, що проходив в Україні на Польщі 2012 року. Цього, 2014 року, мільйони очей стежать за польотом м'яча на стадіонах Бразилії на чемпіонаті світу з футболу



Що ми знаємо про вивчення фізики у Бразилії?..

Подаємо уривок із книжки "Ви звичайно жартуєте, містер Фейнман" ("Surely You're Joking Mr. Feynman") відомого американського фізика, Нобелівського лавреата з фізики (1965) Річарда Фейнмана, який деякий час працював у Бразилії.

"...Під час першого перебування в Бразилії, яке тривало шість тижнів, мене запросили виступити в Бразильській академії наук з лекцією про мою нещодавно виконану роботу з квантової електродинаміки. Я вирішив прочитати лекцію португальською мовою, а двоє студентів з Центра фізичних досліджень запропонували мені свою допомогу під час підготовки. Для початку я сам написав свою лекцію на абсолютно кепській португальській мові. Я вирішив писати лекцію сам, бо, якби я попросив студентів зробити це, в ній могло б виявитися занадто багато незнайомих слів, які я не зумів би правильно вимовити. Отже, я написав лекцію, студенти відкоригували граматику, поправили деякі слова і привели її в пристойний вигляд, до того ж вона як і раніше залишилася на такому рівні, що я легко міг її читати і більш-менш розуміти, про що кажу.

Я прийшов на збори Бразильської академії наук. Перший лектор, хемік, встав і прочитав свою лекцію – англійською мовою. Чи була це спроба здаватися ввічливим, чи що? Я все одно не зрозумів, що він казав, бо у нього була жахлива вимова, але, можливо, у всіх інших був такий самий акцент, і чи вони його розуміли, я не знаю. Тоді піднявся наступний оратор і теж прочитав свою лекцію англійською.

Коли дійшла моя черга, я встав і сказав:

– Я вибачаюсь, бо не знав, що англійська мова є офіційною Бразильської академії наук, і не підготував свою лекцію англійською мовою. Тому ще раз перепрошую, але прочитаю лекцію португальською мовою.

Я прочитав свою лекцію, і всі були дуже нею задоволені. Наступний після мене лектор сказав:

– Наслідуючи приклад свого колеги зі Сполучених Штатів, я теж буду читати лекцію португальською.



Отже, наскільки мені відомо, я змінив мову, яку традиційно використовували на зборах Бразильської академії наук.

Кілька років по тому я зустрів одного бразильця, який абсолютно точно процитував перші пропозиції моєї лекції в Академії. Судячи з усього, моя лекція справила на них непогане враження.

Однак мова як і раніше залишався для мене досить складною, тому я весь час працював над нею, читаючи газети. Я продовжував читати лекції португальською мовою, яку я називав “португальською мовою Фейнмана” і яка, я це знав, не могла порівнятися зі справжньою португальською мовою, тому що я розумів те, що казав сам, але не розумів те, що казали люди на вулиці.

Оскільки мені дуже сподобалося в Бразилії, рік по тому я знову туди повернувся, на цей раз на десять місяців. У цей приїзд я читав лекції в університеті Ріо.

Щодо самої фізики, я доволі багато зробив, і результати мені здавалися розумними. Згодом, цю ж теорію розробили і перевірили інші вчені. Однак я вирішив, що мені потрібно уточнювати занадто багато параметрів – належало привести занадто обширне “феноменологічне уточнення постійних”, щоб все встало на свої місця – тому я не був упевнений у потребі цієї теорії. Мені хотілося здобути глибше розуміння ядер, та водночас я не був переконаний, що воно має значення, тому більше я цим не займався.

Щодо освіти в Бразилії, то у мене був дуже цікавий досвід. Я вів групу студентів, які згодом мали стати викладачами, оскільки змоги для наукової роботи в Бразилії на той час май-

же не було. Мої студенти пройшли вже багато предметів, а це мав бути їх найважливіший курс з електрики і магнетизму – рівняння Максвелла тощо.

Університет був розташований у будівлях, розкиданих по місту, і я проводив заняття в будинку, вікна якого виходили на затоку.

Я з’ясував дуже дивне явище: коли я запитував, то студенти відповідали, не замислюючись. Та коли я запитував ще раз на ту ж тему і, як мені здавалося, ставив ті ж самі запитання, вони взагалі не могли відповісти! Наприклад, одного разу я розповідав про поляризацію світла і роздав їм усім шматочки поляроїда.

Поляроїд пропускає світло тільки з певним напрямком поляризації. Тому я пояснив, як визначити напрямок поляризації світла по тому, темний поляроїд чи світлий.

Спочатку ми взяли дві смужки поляроїда й обертали їх доти, поки вони не пропустили максимум світла. Тепер ми могли сказати, що дві смужки пропускають світло, поляризоване в одному напрямку: що пропускає один поляроїд, може пройти і крізь другий. Але тоді я запитав, чи можна, маючи лише один шматок поляроїда, визначити, в якому напрямку він поляризує світло. Вони абсолютно не уявляли собі.

Я знав, що це вимагає деякої винахідливості, тому я підказав:

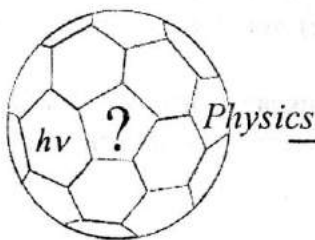
– Подивіться на затоку. Як від нього відбивається світло?

Всі мовчать. Тоді я сказав:

– Ви коли-небудь чули про кут Брюстера?

– Так, сер. Кут Брюстера – це кут, відбиваючись під яким від заломлювального середовища, світло повністю поляризується.

– У якому напрямку світло поляризується під час відображення?





– Світло поляризується перпендикулярно до площини падіння, сер.

– Навіть тепер я не можу цього зрозуміти. Вони знали все напам'ять. Вони знали навіть те, що тангенс кута Брюстера дорівнює показнику заломлення!

Я сказав:

– Ну?

Як і раніше, нічого. Вони щойно сказали мені, що світло, відбиваючись від заломлювального середовища, як, наприклад, води в затоці, поляризується. Вони навіть сказали, в якому напрямку він поляризується.

Я сказав:

– Подивіться на затоку крізь поляроїд. Тепер повертайте поляроїд.

– О-о-о, він поляризований! – вигукнули вони.

Після тривалого розслідування я, нарешті, зрозумів, що студенти все запам'ятовували, але нічого не розуміли. Коли вони чули “світло, відбите від заломлювального середовища”, вони не розуміли, що середовище, це, наприклад, вода. Вони не розуміли, що “напрямок поширення світла” – це напрямок, в якому бачиш щось, коли дивишся на нього, і т. д. Все лише запам'ятовували, і нічого не переводили в осмислення поняття. Якщо я запитував: “Що таке кут Брюстера?”, я звертався до комп'ютера з правильними ключовими словами. Та якщо я казав: “Подивіться на воду”, – нічого не спрацьовувало. У них нічого не було закладено під цими словами.

Згодом я відвідав лекцію в Інженерному інституті. Проходила вона так: “Два тіла ... вважаються еквівалентними ... якщо рівні обертальні моменти ... виробляють ... рівне пришвидшення. Два тіла вважають еквівалентними, якщо рівні обертальні моменти виробляють рівне пришвидшення”.

Студенти сиділи і записували під диктування, а коли професор повторював речення, во-

ни перевіряли, чи все правильно записано. Тоді писали наступне речення і ще одне, й ще. Тільки я один розумів, що професор казав про тіла з однаковими моментами інерції, а усвідомити це було важко.

Я не розумів, як вони зможуть розібратися у всьому цьому. Ось йшлося про момент інерції, але не було ніякого обговорення хоча б такого прикладу: ти хочеш відкрити двері й штовхаєш їх з одного боку, а з іншого боку їх підпирають вантажем то скраю, то у поблизу петель. Наскільки важче буде їх відкрити в першому випадку, ніж у другому?

Після лекції я запитав одного студента:

– Ви ведете всі ці записи. Що ви з ними робите?

– О, ми їх заучуємо. У нас буде іспит.

– А яким буде іспит?

– Дуже простий. Я можу Вам просто зараз назвати одне із запитань, – він заглянув у зошит і сказав: “У якому випадку два тіла вважаються еквівалентними?”. А відповідь: “Два тіла вважаються еквівалентними, якщо рівні обертальні моменти виробляють рівні пришвидшення”.

Так що, як бачите, вони могли здавати іспити, все це “вивчати”, і не знати абсолютно нічого, крім того, що вони визубрили.

Згодом я був в Інженерному інституті на вступному іспиті. Іспит був усний, і мені дозволили послухати. Один абітурієнт був просто чудовий. Він відмінно відповідав на всі запитання. Його запитали, що таке діамagnetизм. Він відповів правильно. Тоді його запитали:

– Що відбувається з променем світла, якщо той проходить під певним кутом крізь шар матеріалу певної товщини і з певним показником заломлення?

– Він виходить, змістившись паралельно до самого себе, сер.

– А на скільки він зміститься?



– Я не знаю, сер, але я можу порахувати.

І він порахував. Все було чудово. Та в мене до цього часу вже були підозри.

Після іспиту я підійшов до розумного молодого хлопця і сказав, що я зі Сполучених Штатів і хочу поставити йому кілька запитань, які ніяк не вплинуть на результат іспиту. Для початку я запитав, чи може він навести який-небудь приклад діаманетиків.

– Ні.

Тоді я сказав:

– Уявіть собі, що ця книжка скляна, і я дивлюся крізь неї на що-небудь на столі. Що станеться із зображенням, якщо нахилити скло?”

– Зображення повернеться, сер, на кут, який удвічі перевищує кут нахилу.

– А ви не плутаєте із дзеркалом?

– Ні, сер.

Він щойно сказав на іспиті, що промінь світла зміститься паралельно до самого себе, а, отже, зображення зміститься у бік, та не буде повертатися ні на який кут. Він навіть виражував, на скільки зображення зміститься, але не розумів, що шматок скла – це і є матеріал з показником заломлення і що його обчислення мали саме безпосереднє відношення до мого запитання.

У Інженерному інституті я читав курс “Математичні методи в фізиці”, в якому намагався навчити студентів розв’язувати задачі методом проб і помилок. Цього зазвичай не знають, і я почав з простих арифметичних прикладів. Я був здивований, коли з понад вісімдесяти студентів лише вісім здали перше завдання. Я виголосив справжню промову про те, що треба пробувати самому, а не просто сидіти і дивитися, як я розв’язую.

Після лекції до мене підійшла невеличка делегація. Мені пояснили, що я недооцінюю їхню підготовку, що вони можуть навчатися, і не розв’язувати задачі, що арифметику вони давно вже пройшли і що займатися такими простими речами нижче їхньої гідності.

Ми продовжували навчатися, і, незалежно від того, наскільки складним ставав матеріал, вони ніколи не здавали жодної роботи. Звичайно, я розумів, чому вони не могли нічого розв’язати.

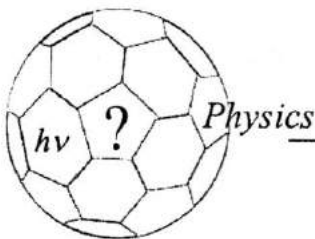
Ще одного я не міг від них добитися – запитань. Зрештою один студент пояснив мені:

– Якщо я ставитиму Вам питання під час лекції, тоді всі казатимуть: “Навіщо ти відбираєш у нас час на заняттях? Ми намагаємося щось дізнатися, а ти перериваєш лекцію, своїми запитаннями.

Це було якась незбагненна зарозумілість, ніхто нічого не розумів, що відбувається, але всі робили вигляд, що розуміють. Вони вдавали, що їм все зрозуміло. І якщо хтось ставив запитання, визнаючи, що йому не все зрозуміло, на нього дивилися зверхньо й казали, що він забирає час.

Я пояснював, як корисно працювати спільно, обговорювати проблеми, все до кінця з’ясовувати, та вони цього не робили, бо, запитавши, вони б принизили свою гідність. Бідолахи! Розумні люди, і скільки праці вони витрачали, але ось засвоїли цей безглуздий, збочений погляд на речі та зробили свою “освіту” безглуздою, повністю безглуздою.

Наприкінці навчального року студенти попросили мене зробити доповідь про моє викладання в Бразилії. На доповіді мали бути присутні не лише студенти, а й професори та урядові чиновники, і я взяв з них обіцянку, що зможу говорити все, що захочу.





Мені відповіли:

– Про що мова! Звичайно. Це ж вільна країна.

І ось я прийшов, захопивши елементарний підручник фізики, за яким навчалися на першому курсі коледжу. Цю книжку вважали особливо доброю, тому що в ній використовували різні шрифти. Найважливішу для запам'ятовування інформацію надруковано жирним чорним шрифтом, менш важливу – блідішим.

Хтось відразу ж запитав:

– Ви не збираєтеся лаяти цей підручник? Тут присутній автор, і всі вважають, що це добрий підручник.

– Ви обіцяли, що я можу говорити все, що хочу.

Зала була переповнена. Я розпочав з визначення науки.

Наука – це розуміння законів природи.

Тоді запитав:

– Навіщо розвивати науку? Звичайно, жодну країну не можна вважати цивілізованою, якщо вона не ... і т. д., і т. п.

Всі сиділи і кивали, тому що, я знав, так само і вони думали.

Я сказав:

– Це, звичайно, абсурд. Чому ми маємо прагнути наслідувати інші країни? Для заняття наукою має бути інша, вагома, розумніша причина. Не можна розвивати науку просто тому, що так роблять в інших країнах.

Тоді я зазначив практичну користь наукових досліджень, унесок науки в поліпшення умов життя людини, і все таке – я їх трохи подражнив.

Я сказав:

– Головна мета моєї доповіді – показати, що в Бразилії нема наукової підготовки.

Дивлюся: вони захвилювалися:

“Як? Нема науки? Нісенітниця якась! У нас навчається стільки студентів!”

Я розповів їм, що, приїхавши до Бразилії, був вражений, як багато в книгарнях молодших школярів, які купують книжки з фізики. У Бразилії дуже багато дітей вивчають фізику, до того ж починають набагато раніше, ніж діти у Сполучених Штатах. Тому дивно, що ми не бачимо в Бразилії великої кількості фізиків. Чому? Стільки дітей щосили працюють, та все даремно.

І навів таку аналогію: вчений досліджує грецьку мову і любить її. В його країні не багато дітей, які вивчають грецьку мову. Та ось він приїжджає до іншої країни і з радістю бачить, що всі вивчають грецьку, навіть найменші діти в початкових школах. Він приходить на випускний іспит і запитує студента, майбутнього фахівця з грецької мови:

– Як Сократ розумів взаємостосунки Істини і Краси?

Студент не може відповісти.

Тоді вчений запитує:

– Що Сократ сказав Платону в Третій бесіді?

Студент усміхнувся і на чудовій грецькій мові повторює слово в слово все, що сказав Сократ.

Але в Третій бесіді Сократ якраз і говорив про взаємостосунки Істини і Краси.

Наш учений з'ясував, що в цій країні грецьку мову вивчають так: спочатку вчать звуки, далі слова, а тоді речення та цілі абзаци. Студенти могли повторювати напам'ять, слово за словом, що сказав Сократ, не задумуючись над тим, що всі ці слова насправді щось означають. Для них все це лише звуки. Ніхто ніколи не переводив їх на зрозумілу студентам мову.

Я сказав:

– Ось як я уявляю собі навчання дітей науки у Бразилії.

Я підняв підручник, яким вони користувалися:



– У цій книжці в одному єдиному місці згадуються експериментальні результати. Я маю на увазі опис досліду з кулькою, що котиться по похилій площині. Повідомляється, як далеко вона закотиться за одну секунду, дві секунди, три секунди і т. д. Ці числа містять “помилки”, тобто на перший погляд, здається, що бачиш експериментальні дані. Всі числа трохи нижче або вище теоретичних оцінок. У книжці навіть йдеться про потребу враховувати експериментальні помилки – дуже добре. Проблема в тому, що якщо ви почнете обчислювати величину пришвидшення вільного падіння за допомогою цих чисел, то отримаєте правильну відповідь. Але якщо кулька справді котиться по похилій площині, вона неодмінно крутиться, і, якщо ви насправді поставите такий дослід, це дасть п’ять сьомих правильної відповіді, оскільки частина енергії витрачається на обертання кульки. Так що ці єдині у книжці “експериментальні дані” – фальсифікація. Ніхто не запускав кульку, інакше неможливо було б отримати такі результати.

– Я виявив ще дещо, – продовжував я. – Навмання гортаючи сторінки і зупиняючись в будь-якому довільно обраному місці, я можу показати вам, чому це не наука, а заучування у всіх випадках, без винятку. Я ризикну прямо зараз, в цій аудиторії перегорнути сторінки, зупинитися в довільному місці, прочитати і показати вам.

Так я й зробив. Мій палець зупинився на якійсь сторінці, і я почав читати:

– Тріболюмінесценція. Тріболюмінесценція – це випромінювання світла роздробленими кристалами...

Я сказав:

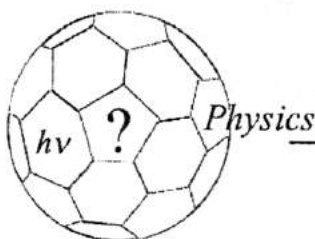
– Ось, будь ласка. Є тут наука? Ні! Тут є тільки тлумачення одного слова за допомогою інших слів. Тут ні слова не сказано про природу: які кристали випромінюють світло, якщо їх роздробити? Чому вони випромінюють світло? Ви можете собі уявити, щоб хоч один студент пішов додому і поспробував це перевірити? Вони не можуть. Але якби замість цього, ви написали: “Якщо взяти шматок цукру і в темряві розколоти його щипцями, ви побачите блакитний спалах. Те ж саме відбувається і з деякими іншими кристалами. Ніхто не знає, чому. Це явище називають тріболюмінесценцією. Тоді хтось проробив би це вдома, і це було б вивченням природи.

Я використав для доведення цей приклад, але міг взяти й будь-який інший, – вся книжка була така.

Нарешті, я сказав, що не розумію, як можна отримати освіту за такої системи, що розвивається, коли одні здають іспити і вчать інших здавати іспити, але ніхто нічого не знає. Однак я, напевно, помилявся. У моїй групі було два студенти, які навчалися дуже добре. І я знаю одного фізика, який здобув освіту саме в Бразилії. Так що, хоча система й дуже погана, деякі все ж примудряються пробитися.

Після доповіді піднявся керівник департаменту науки і освіти і сказав:

– Те, що повідомив нам містер Фейнман, важко чути. Але я думаю, що він справді любить науку і щиро переймається. Тому ми маємо прислухатися до його думки. Я прийшов сюди, знаючи, що наша система освіти вражена якоюсь недугою. Тут я дізнався, що у нас рак”, – і сів.





Після такого виступу й інші стали вільно висловлюватися. Піднялося велике хвилювання. Всі вставали і вносили пропозиції. Студенти організували комітет з попереднім копіюванням лекцій і ще інші комітети для різних цілей.

А далі сталося щось зовсім несподіване. Один із згаданих мною двох студентів встав і сказав:

– Я навчався не в Бразилії, а в Німеччині. А до Бразилії я приїхав лише цього року.

Інший студент сказав щось подібне.

А названий мною професор сказав:

– Я навчався тут, у Бразилії, під час війни. Тоді всі професори, на щастя, покинули університет, і я навчався самостійно, по книжках. Так що, насправді, я навчався не за бразильською системою.

Цього я не очікував. Я знав, що система нікуди не годиться, але що на всі 100 відсотків – це було жадливо!

Я їздив до Бразилії в межах програми, що фінансується урядом Сполучених Штатів. Тому в Держдепартаменті мене попросили написати звіт про мою роботу в Бразилії. Я склав звіт з основних положень недавно виголоше-

ної промови. Згодом до мене дійшли чутки, що хтось у Держдепартаменті відреагував так:

– Ось бачите, як небезпечно посилати до Бразилії таку наївну людину. Немудрий може викликати тільки неприємності. Він не розуміє всіх складнощів.

Якраз навпаки. Мені здаються наївними міркування цього діяча з Держдепартаменту, тому що він уявляв собі університет лише за папірцями і описами...”

Фізики різних країн також “сушать собі голову” над результатами чемпіонату з футболу. Наприклад, професор фізики Метін Толан (Metin Tolan) із Дортмундського університету розрахував, що саме німецька команда стане чемпіоном світу з футболу, що проходив у Південно-Африканській республіці 2010 року, а відомий англійський фізик-теоретик Стівен Гокінг вивів формулу ймовірності перемоги англійської збірної на чемпіонаті світу в Бразилії 2014 року.

Та поки-що теоретичні результатами фізичних досліджень не збігаються з експериментальними...

Галина Шопа

У ніч із 23 на 24 травня 2014 року пройшов метеоритний дощ – найсильніший за останні 14 років. Космічні опади зумовлені тим, що наша планета впритул наблизилась до пилового шлейфу комети 209P/LINEAR. За словами дослідників упродовж години на небі з'явилося майже 1000 метеоритів. Найкраще могли спостерігати за цим явищем мешканці Північної Америки.

-
- Будь ласка, наведіть приклад теплового розширення.
 - Улітку день довший, ніж узимку.
 - А канікули довші від зимових свят!



ФІЗИКИ ДОСЛІДЖУЮТЬ: ЯКИЙ М'ЯЧ НАЙКРАЩИЙ



Фізики із Цукубського університету в Японії протестували аеродинаміку різних типів футбольних м'ячів, щоб визначити найкращий з них.

Донедавна форма м'ячів для футболу не викликала суперечок: їх зшивали вручну з 32 панелей, 12 з яких мали форму п'ятикутника, інші були шестикутними.

Цю традицію порушила компанія "Adidas", офіційний виробник м'ячів для чемпіонату світу з футболу 2006 року, що проходив у Німеччині. Вона розробила м'яч "Teamgeist", який складався лише з 14 панелей.

Для чемпіонату світу з футболу 2010 року, що проходив у Південно-Африканській Республіці, компанія розробила восьмипанельний м'яч "Jabulani".

Для чемпіонату світу з футболу в Бразилії (2014) розробили новий м'яч "Brazuca", який складався лише з восьми панелей.

Та чи має кількість панелей яке-небудь значення для результату чемпіонату?

Багато футболістів нарікали на м'яч "Jabulani". Вони скаржилися, що траєкторія польоту нового м'яча стала менш передбачуваною. Хоча нарікання лунали здебільшого від гравців

Упродовж останніх восьми років компанія "Adidas" неодноразово змінювала дизайн м'ячів для чемпіонатів світу з футболу.

Японські фізики вирішили з'ясувати, чи поліпшилися аеродинамічні властивості м'яча.

команд, що програли. Багато експертів вважають, що форма нового м'яча могла вплинути на результат того чи іншого матчу.

Японські фізики вирішили з'ясувати, який м'яч, розроблений компанією "Adidas", має кращі аеродинамічні властивості.

Зібравши невелику колекцію футбольних м'ячів, вчені протестували їх за допомогою роботів. По черзі відправляли зразки в аеродинамічну трубу з однаковою силою і швидкістю.

Аналіз результатів підтвердив критичні зауваження гравців південноафриканського чемпіонату: гіршими були показники саме у "Jabulani".

Однак, на радість вболівальників чемпіонату світу в Бразилії, на першому місці за аеродинамічними властивостями був м'яч "Brazuca". На другому місці – стандартний 32-панельний м'яч. "Teamgeist" ж виявив себе не набагато кращим від "Jabulani".

Нічого дивного: компанія "Adidas" вклала величезні кошти на створення дизайну своєї нової продукції. Крім зменшеної кількості панелей, "Brazuca" відрізняється особливими потовщеннями і глибокими швами, що поліпшують якість м'яча.

Нові м'ячі упродовж останніх трьох років тестували на футбольному полі понад 600 гравців.

Напевно, на цей раз програш тієї чи іншої команди вже не вдасться виправдати низькою якістю спортивного інвентаря.

УМОВИ ЗАДАЧ ІV ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Суми, 2014)

8 клас

Задача 1.

У безвітряну погоду прямим шосе їде колона автомобілів, підтримуючи відстань 100 м один від одного.

Крайній автомобіль подає звуковий сигнал. Почувши його, водій наступного автомобіля з невеликою затримкою ($\tau = 1$ с) тисне на клаксон. Так від одного автомобіля до іншого з однаковими затримками часу сигнал передається з одного кінця колони в інший.

Знайдіть швидкості поширення сигналу в один та інший бік колони.

Швидкість звуку у повітрі – $c = 325$ м/с; швидкість колони – $v = 90$ км/год.

Застосуйте аналогічну ідею для пояснення поширення світла в прозорому середовищі, вважаючи, що між атомами квант світла рухається зі швидкістю світла у вакуумі c , на деякий час поглинається, а тоді випромінюється знову.

Швидкість поширення світла у середовищі:

$$u_0 = \frac{c}{n},$$

де n – показник заломлення цього середовища.

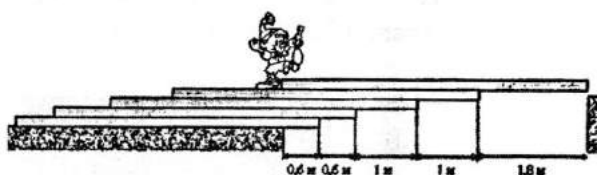
Знайдіть, на скільки швидкість u світла у напрямку руху потоку води ($n = 4/3$) перевищує швидкість u_0 світла у нерухомій воді.

Швидкість води $v = 7$ м/с.

Задача 2.

Буратіно вирішив утекти з полону від Карабаса-Барабаса.

Він знайшов п'ять однакових дубових дошок, кожену втричі важчу від себе, і висунув їх над прірвою (див. мал.).



Доведіть, що дошки у такому положенні самі собою втримаються і не впадуть.

Наскільки далеко Буратіно може обережно пройти ними?

Запропонуйте Буратіно, як утекти від Карабаса-Барабаса, маса якого така сама, як у Буратіно і всіх дошок, разом узятих.

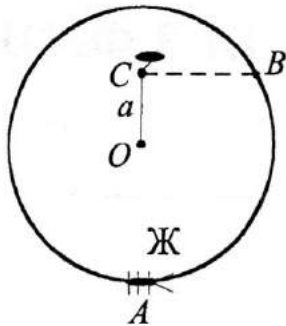
Задача 3.

Легкий диск радіусом $R = 8$ см, який може вільно обертатися, підвішений на осі, що проходить на відстані $a = 4$ см від його центру (див. мал.).

У нижню точку A диску сідає важкий жук, і починає повзти по краю диску.

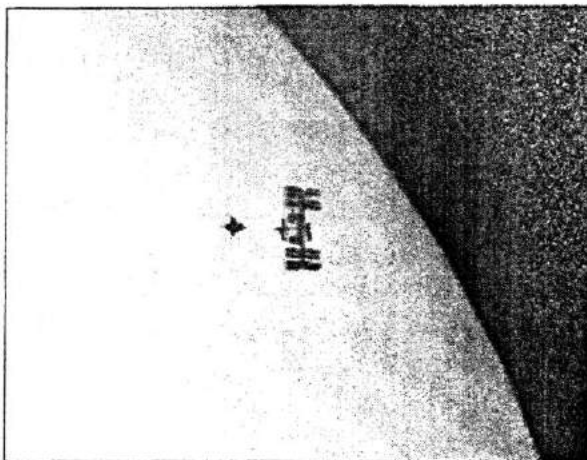
Який шлях пройде центр диску (точка O) до того моменту, коли жук доповзе до точки B ?

Задачу розв'яжіть, припустивши, що жук набагато важчий від диску.



Задача 4.

На світлині, яку зроблено із Землі (штат Флорида, США), Міжнародну космічну станцію (МКС) і багаторазовий корабель "Атлантіс" на фоні Сонця під час останньої експедиції відвідування 25 травня 2010 року (див. мал.).



Міжнародна космічна станція має довжину – 72,8 м, ширину – 108,5 м.

Довжина багаторазового корабля "Атлантіс" – 37 м, а розмах крил становить 24 м.

Поясніть відмінність співвідношення розмірів на світлині та в реальності.

Визначте висоту орбіти МКС над поверхнею Землі.

Радіус Сонця становить 696 тис. км, відстань від Сонця до Землі – 149,6 млн. км. Землю вважайте кулею.

Зауваження. Під час розв'язку задачі можете скористатись лінійкою.

Задача 5.

Струмінь води, що витікає з крана, звужується донизу.

Знайдіть залежність діаметра d струменя від відстані l до крана.

Початкова швидкість витікання води v_0 , діаметр отвору крана d_0 .

Задачі запропонували:

О. Ю. Орлянський (1, 2, 4),

Є. П. Соколов (3),

І. О. Анісімов (5).

9 клас

Задача 1.

В електрочайник потужністю 2 кВт налили один літр води.

Коли вода почала інтенсивно кипіти, чайник автоматично вимикається, але кипіння продовжується ще 15 с, поступово зменшуючи інтенсивність утворення бульбашок пари.

Ще за 30 с температура води у чайнику знижується на 1°C .

Вважаючи, що інтенсивність кипіння після вимкнення чайника зменшувалась рівномірно, визначте середню температуру нагрівального елемента чайника у момент вимкнення.

Чому дорівнює ККД чайника за температур води, близьких до 100°C ?

Запропонуйте формулу залежності ККД чайника від температури води.

Маса нагрівального елемента $m = 200$ г, його питома теплоємність $c = 500$ Дж/(кг·К), питома теплоємність води $c_w = 4200$ Дж/(кг·К).

Задача 2.

Тонка паличка AB суміщена із головною оптичною віссю збірної лінзи так, що точка A збігається з точкою подвійної фокусної відстані лінзи, а точка B розміщена на відстані $2,5 F$ від лінзи.

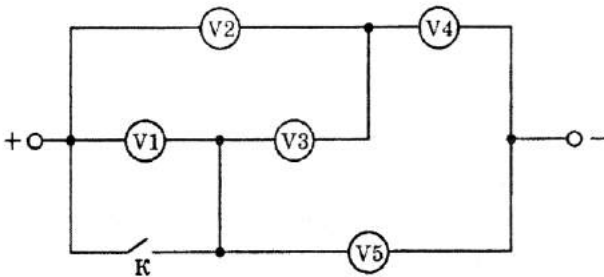
Паличка починає рухатися із швидкістю $u = \text{const}$ у напрямку оптичного центра лінзи.

Визначте відношення середніх швидкостей руху зображень точок A і B за час, упродовж якого точка B переміститься в точку подвійної фокусної відстані лінзи.

Визначте також відношення розмірів зображення до розмірів палички в момент часу, коли точка B проходить подвійну фокусну відстань.

Задача 3.

Учень склав із п'яти вольтметрів коло (див. мал.) та приєднав його до джерела постійної напруги.



Відомо, що вольтметри V_1 і V_4 однакові.

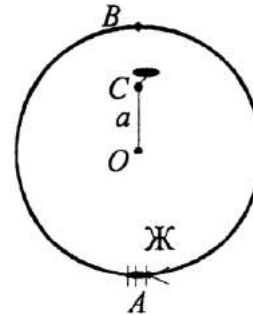
У таблиці подано покази деяких вольтметрів залежно від положення ключа K .

Покази вольтметрів	Ключ K розімкнено	Ключ K замкнено
V_1	3 В	0
V_2	2 В	1 В
V_4	3 В	4 В

У скільки разів опори вольтметрів V_1 і V_3 відрізняються від опору вольтметра V_2 ?

Задача 4.

Невагомий диск радіусом $R = 8$ см, який може вільно обертатися, підвішений на осі, що проходить на відстані $a = 4$ см від його центра (див. мал.).



У нижню точку диска A сідає важкий жук і починає повзти по краю диска зі швидкістю $V = 12$ мм/хв на протилежний край диска, в точку B .

За який час жук набере максимальну швидкість (відносно нерухомої системи відліку)?

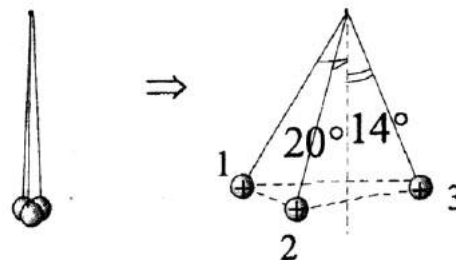
Чому вона дорівнюватиме?

Чому дорівнює швидкість жука щодо нерухомої системи координат у той момент, коли він проповзе половину шляху?

Задача 5

Три провідних кульки однакового розміру, але зроблені з різних матеріалів, підвісили на трьох нитках однакової довжини, закріплених в одній точці.

Цим кулькам надали деякого заряду. Завдяки кулонівському відштовхуванню вони розійшлися, утворивши рівнобедрений трикутник (див. мал.).



До того ж, нитки першої та другої кульки утворили з вертикаллю кут 20° , а нитка третьої кульки – кут 10° .

Які кути з вертикаллю утворять нитки, якщо у новому досліді кулькам надати заряд, у 2014 разів більший від попереднього?

Задачі запропонували:

О. Ю. Орлянський (1),

В. Ф. Заболотний (2),

І. М. Гельфгат (3),

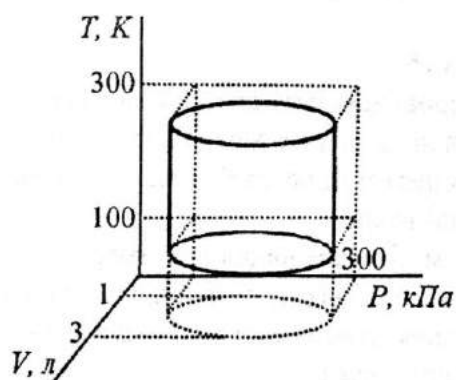
Є. П. Соколов (4–5).

10 клас

Задача 1.

Гелій міститься у спеціальному циліндрі з рухомим поршнем.

Контролюючий пристрій забезпечує обмеження на можливі значення об'єму, тиску, температури і маси газу. Ці обмеження мають вигляд циліндричної поверхні на P - V - T -діаграмі (див. мал.), де тиск може змінюватись від 100 до 300 кПа, об'єм – від 1 до 3 л, а температура – від 100 до 300 К.



Знайдіть мінімальне і максимальне значення, яке може мати масу газу в циліндрі, і вкажіть на діаграмі відповідні точки.

Вантаж якої маси можна покласти на невагомий поршень, якщо циліндр закріпити у вертикальному положенні?

Знайдіть максимально корисну роботу, яку може виконати газ під поршнем, піднімаючи вантаж.

Зовнішній атмосферний тиск дорівнює $P_A = 100$ кПа, площа поршня $S = 1$ дм².

Задача 2.

Учень вирішив зробити новорічну гірлянду з однакових лампочок розжарювання, розрахованих на потужність $P = 4,9$ Вт і напругу $U = 220$ В кожна. Для цього він з'єднав між собою п'ять клем лампочками (по одній лампочці між будь-якою парою клем) і до двох клем під'єднав джерело напруги 220 В.

Нехтуючи залежністю опору від температури, знайдіть потужності, що виділятимуться на лампочках.

Якими стануть ці потужності, якщо одна з лампочок перегорить?

Дайте відповіді на попередні запитання у випадку довільної кількості клем n .

Задача 3.

Модель гусениці складається з n однакових частин-модулів, що можуть віддалятися один від одного в напрямку руху на відстань $l = 1$ см.

Гусениця висуває вперед перший модуль, тоді підтягає до нього другий, і так далі аж до останнього.

Чому дорівнюватиме швидкість гусениці?

Гусениця з якою кількістю частин виявиться найпрудкішою?

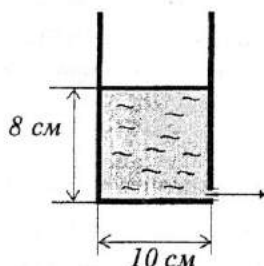
Коефіцієнт тертя між поверхнями столу і гусениці $\mu = 0,8$.

Під час руху одного модуля всі інші нерухомі, а сила, з якою гусениця рухає модуль, спрямована вздовж її тулуба.

Під яким максимальним кутом до горизонту гусениця може підніматися по похилій площині?

Задача 4.

Високу призматичну посудину наповнюють водою до висоти 8 см, а тоді відкривають невеликий отвір, розташований поблизу дна (мал. 1).

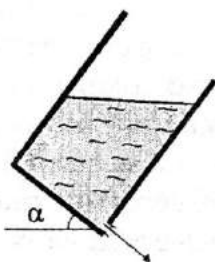


Мал. 1

У таблиці показано, як знижується після цього рівень води в посудині з часом.

Висота рівня, см	Час, с
8,0	0
7,0	20,0
6,0	41,2
5,0	64,4

Після того як рівень води опустився на 3 см, отвір закривають і нахиляють посудину на кут $\alpha = 37^\circ$ (мал. 2).



Мал. 2

За який час після відкриття отвору рівень води в нахиленій посудині знизиться ще на 1 см?

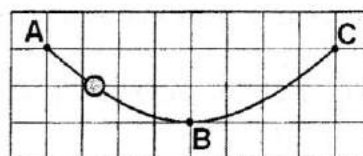
Основа посудини – квадрат зі стороною 10 см.

Для розрахунків візьміть

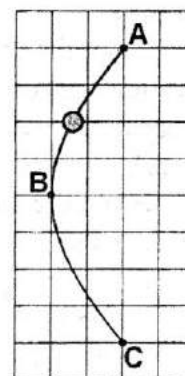
$$\sin \alpha = 3/5 \text{ і } \cos \alpha = 4/5.$$

Задача 5.

По вигнутій дротині може без тертя ковзати намистинка (див. мал. 1).



а



б

Мал. 1

Якщо розташувати цю дротину горизонтально, як зображено на мал. 1, а, і відпустити намистинку з точки А без початкової швидкості, то її пришвидшення в нижній точці В дорівнюватиме $a = 10 \text{ м/с}^2$.

Ту саму дротинку і так само вигнуту розташовують вертикально і знову відпускають намистинку з точки А без початкової швидкості (мал. 1, б).

Яким в цьому випадку буде її пришвидшення в точці В?

Для розрахунків прийняти, що $g = 10 \text{ м/с}^2$, потрібні геометричні дані подано на малюнку.

Задачі запропонували:

О. Ю. Орлянський (1–3),

С. П. Соколов (4–5).

11 клас

Задача 1.

Мінімальна відстань від астероїда до Сонця дорівнює $0,5$ а. о., а максимальна – $1,5$ а. о.

Запишіть рівняння траєкторії астероїда в інерціальній системі відліку, пов'язаній із Сонцем.

Зобразіть схематично траєкторію.

Розрахуйте кути її перетину з траєкторією Землі.

Зобразіть схематично траєкторію астероїда у системі відліку, що обертається довкола Сонця разом із Землею. Обґрунтуйте вигляд траєкторії.

Визначте напрямок дотичної до цієї траєкторії на відстані 1 а. о. від Сонця.

Вважайте орбіту Землі колом радіусом 1 а. о.

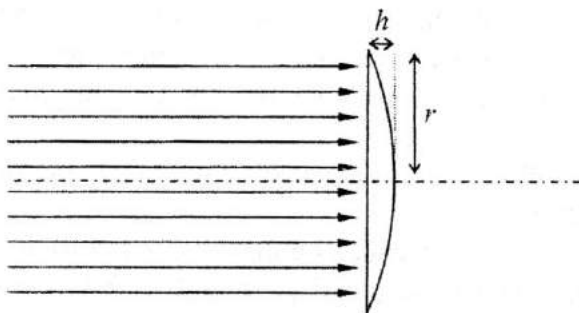
Астероїд і Земля обертаються довкола Сонця в одній площині та в один бік.

Вважайте Землю за матеріальну точку.

Задача 2.

Тонка плоско-опукла лінза радіусом r і товщиною $h = 2,5$ мм виготовлена з матеріалу, показник заломлення якого n .

У повітрі на плоску поверхню лінзи перпендикулярно до неї падає паралельний пучок монохроматичного світла (див. мал.).



Якщо опукла частина лінзи утворена сферичною поверхнею, паралельний пучок після проходження лінзи в одній точці не збирається, а освітлює деякий об'єм поблизу фокуса.

Визначте найменшу довжину відрізка головної оптичної осі, що буде освітленим.

Задача 3.

Необмежена ідеально провідна заряджена площина з поверхневою густиною заряду $-\sigma$ та поверхневою густиною маси ρ починає поступально рухатися зі швидкістю v_0 перпендикулярно до своєї поверхні.

У початковий момент часу вона перебуває в лівому кінці вакуумного міжелектродного проміжку довжиною L , обмеженого двома ідеально провідними заземленими нескінченими площинами.

За якої умови заряджена площина долетить до правого кінця проміжку?

Задача 4.

Протон рухається по гвинтовій траєкторії довкола напрямку магнетного поля Землі у радіаційному поясі ван Аллена, де мінімальна індукція магнетного поля в середній частині поясу становить $B_1 = 6,5$ мкТл.

За якого співвідношення між поздовжньою (вздовж напрямку геомагнетного поля) та поперечною швидкістю протона в середній частині поясу буде можливим його відбиття від ділянки сильнішого магнетного поля поблизу магнетного полюсу, де максимальне значення поля становить $B_2 = 65$ мкТл.

Вказівка. Індукція магнетного поля вздовж його напрямку змінюється дуже повільно.

Задача 5.

Якщо маленька кулька падає в повітрі з великої висоти, вона розганяється до максимальної швидкості $u = 10$ м/с.

Цю кульку кинули з рівня землі з початковою швидкістю $v_0 = 20$ м/с під кутом $\alpha = 30^\circ$ до горизонту.

Кулька впала на землю за час $t = 1,6$ с.

Визначте:

Швидкість v_1 кульки у верхній точці;

Модуль швидкості v кульки перед падінням;

Відстань L від початкової точки до точки падіння.

Чи може висота H верхньої точки траєкторії дорівнювати 1,5 м?

Вважайте, що сила опору повітря прямо пропорційна до швидкості;
 $g = 10$ м/с².

Задачі запропонували:

О. Ю. Орлянський (1, 2),

І. О. Анісімов (3),

О. І. Кельник (4),

І. М. Гельфгат (5).

ПАМ'ЯТНИК ВИДАТНІЙ ЖІНЦІ

4 червня 2014 року на окраїні Варшави при вході до Мультимедійного парку польський Президент Броніслав Коморовський і французький Президент Франсуа Олланд відкрили пам'ятник Марії Склодовській-Кюрі. Це подарунок мешканцям Варшави від членів Асоціації Почесного легіону і Французького національного ордену, як символ францужко-польської дружби. Відкриття пам'ятника приурочено до 80-річчя від дня смерті лавреата Нобелівської премії (4 липня 1934 року). Розташування пам'ятника не випадкове. Недалеко звідти, на вулиці Фрета, народилася видатна польська фізик Марія Склодовська-Кюрі.

Це ще один пам'ятник Марії Склодовській-Кюрі у Варшаві. Уперше, 1935 року, було відкрито пам'ятник перед Інститутом онкології (раніше Інститутом радіо). Вона народилася у Варшаві й дев'ятнадцять років там мешкала.

Марія Склодовська-Кюрі – це єдина жінка, яка отримала Нобелівську премію двічі – з фізики (1903) за “відкриття спонтанної радіоактивності та дослідження явища радіоактивності” та хемії (1911) за “видатні заслуги в розвитку хемії: відкриття елементів радію і полонію, виділення радію і вивчення природи і сполук цього елемента”.

Британський журнал “New Scientist” 2009 року визнав Марію Склодовську-Кюрі найвидатнішою жінкою-вченою світу всіх часів з понад 800 запропонованих найвидатніших діячів науки світу.



ГУСЕНИЦІ ШВИДКО ПОВЗАЮТЬ...

Олег Орлянський,

кандидат фізико-математичних наук,

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

На LI Всеукраїнській олімпіаді з фізики в Сумах учням десятих класів було запропоновано задачу автора статті про гусеницю.

Модель гусениці складається з n однакових частин-модулів, що можуть віддалятися один від одного в напрямку руху на відстань $l = 1$ см. Гусениця висуває вперед перший модуль, далі приєднує¹ до нього другий, і так далі, аж до останнього (див. мал. 1).

Чому може дорівнювати швидкість гусениці?

З якою кількістю частин гусениця буде найшвидкішою?

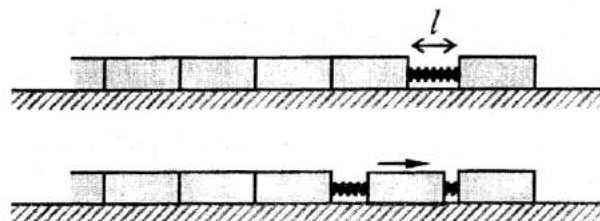
Коефіцієнт тертя між поверхнями стола і гусениці буде:

$$\mu = 0,8.$$

Під час руху одного модуля всі інші нерухомі, а сила, з якою гусениця рухає модуль, спрямована вздовж її тулуба.

Під яким максимальним кутом до горизонту гусениця може підніматися по похилій площині?

¹В українськомовному варіанті завдань олімпіади внаслідок редакційної правки слово "приєднує" було замінено на "підтягає". На думку автора, ця заміна не дуже вдала, оскільки слово "підтягає" може бути інтерпретовано як фізична дія на рухомий модуль з боку лише тих модулів, що розташовані спереду, своєрідна альтернатива "підпихує" – фізичній дії з боку модулів, що розташовані позаду. Таких обмежень на технічні можливості моделі гусениці в умові задачі не було.



Мал. 1

Пропонуємо розв'язок задачі, який фактично співпадає з тим, що був оприлюднений відразу після олімпіади.

Очевидно, що гусениця може рухатися з якою завгодно малою швидкістю. Отже, слід знайти максимальну швидкість її руху. Під час такого руху гусениця мусить зміщувати свій модуль на відстань l за якомога коротший час Δt . Але сила, з якою гусениця розганяє свій модуль, має обмеження, оскільки за третім законом Ньютона сила протидії може зсунути інші модулі з місця, що суперечить умові задачі.

У граничному випадку гусениця половину часу розганяє модуль з максимально можливим пришвидшенням a , а половину часу з цим же пришвидшенням гальмує до повної зупинки. Якщо модуль не загальмувати, відбудеться ривок, що, по-перше, неприродно для руху гусениці, а, по-друге, суперечить умові задачі, оскільки внаслідок цього почне рухатися більше одного модуля.

Скористаємось другим законом Ньютона для рухомого модуля:

$$ma = T - \mu mg$$

і для гусениці без модуля:

$$T = (n - 1)\mu mg,$$

де m – маса одного модуля; T – сила, що примушує модуль рухатись.

Знаходимо максимальне пришвидшення:

$$a = (n - 2)\mu g.$$

Тоді час пересування одного модуля буде:

$$\Delta t = 2\sqrt{\frac{l}{a}} = 2\sqrt{\frac{l}{(n - 2)\mu g}}.$$

Час пересування всієї гусениці на відстань l буде в n разів більший.

Максимальна швидкість гусениці буде:

$$\begin{aligned} v &= \frac{l}{n\Delta t} = \frac{1}{2n}\sqrt{(n - 2)\mu gl} = \\ &= \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{1}{n} - \frac{2}{n^2}\right)\mu gl}. \end{aligned}$$

Максимальна швидкість залежить від кількості частин n . Виділивши повний квадрат, знайдемо n найпружкішої гусениці.

Швидкість

$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{1}{n} - \frac{2}{n^2}\right)\mu gl} = \\ &= \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{1}{8} - 2\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{4}\right)^2\right)\mu gl} \end{aligned}$$

набуває найменшого значення, якщо вираз у квадраті дорівнює нулеві, а саме, якщо $n = 4$. Швидкість гусениці з чотирьох модулів буде:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{\mu gl}{32}} = 5 \text{ см/с}.$$

Звичайно, цю відповідь можна було отримати, знайшовши екстремум за допомогою похідної.

З'ясувалося, що, без ніг, коліс або реактивного двигуна можна доволі швидко рухатись, маніпулюючи силами тертя, що діють на різні частини тіла.

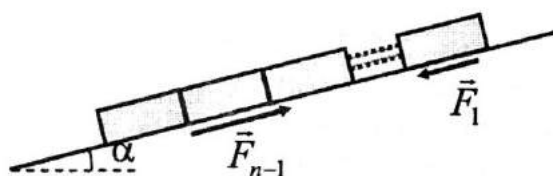
Максимальний кут, під яким гусениця може рухатись догори вздовж похилої площини,

буде у тому випадку, якщо пришвидшення рухомого модуля прямує до нуля, і сила T не збільшується на величину ma , потрібну для надання йому пришвидшення.

Зовнішні сили, що діють на всю гусеницю, – це загальна сила тяжіння nmg , сили нормальної реакції опори на окремих модулях $mg\cos\alpha$ та на більшу частину гусениці $(n - 1)mg\cos\alpha$, а також відповідні сили тертя (див. мал. 2):

$$F_1 = \mu mg \cos \alpha,$$

$$F_{n-1} = (n - 1)\mu mg \cos \alpha.$$



Мал. 2

Проекція сил на напрямок руху дає:

$$\begin{aligned} 0 &= nmg \sin \alpha + F_1 - F_{n-1} = nmg \sin \alpha + \\ &+ \mu mg \cos \alpha - (n - 1)\mu mg \cos \alpha. \end{aligned}$$

Звідси знаходимо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{n - 2}{n} \mu. \quad (1)$$

Отже, гусениця з двох модулів рухатись догори не зможе (як, власне, і переміщатися поступально в горизонтальному напрямку).

Максимальний кут нахилу ($\operatorname{tg} \alpha = \mu$) відповідає гусениці з дуже великою кількістю модулів ($n \rightarrow \infty$).

Отриманий вираз $\mu = \operatorname{tg} \alpha$ добре знайомий усім, хто розглядав колись рівновагу нерухомого тіла на похилій площині, що підтверджує проведені розрахунки.

Така ось вийшла цікава задача. Але її історія на цьому не закінчилась.

Наступного дня після теоретичного туру олімпіади під час аналізу розв'язків завдань



двоє олімпійців з Києва та Херсона звернули увагу на те, що пришвидшення і гальмування одного модуля можуть бути різними.

Справді, коли гусениця збільшує швидкість свого рухомого модуля, сили тертя

$$F_1 = \mu mg,$$

$$F_{n-1} = (n-1)\mu mg,$$

що діють на нього і нерухому частину гусениці, спрямовані назустріч.

Рівнодійна сил тертя

$$F = (n-2)\mu mg$$

у одного модуля викликає пришвидшення:

$$\alpha_1 = (n-2)\mu g.$$

Але у випадку гальмування цього модуля, сила тертя, що діє на нерухому частину гусениці, змінює свій напрямок на протилежний, а сила тертя на рухомий модуль залишається незмінною, оскільки він, хоча й гальмує, та продовжує рухатись у тому ж напрямку. Виходить, що тепер максимальне пришвидшення буде більшим, адже обидві сили тертя діють заодно.

Загальна сила тертя

$$F = n\mu mg$$

викликає у одного модуля пришвидшення:²

$$\alpha_2 = n\mu g,$$

а це більше від $\alpha_1 = (n-2)\mu g$.

²Те, що "загальна сила тертя викликає в одного модуля пришвидшення", на перший погляд здається невдалим виразом. Але ж відомо, що пришвидшення центра мас тіла (гусениці) може бути викликане лише зовнішньою силою. Єдиною зовнішньою силою в горизонтальному напрямку є сила тертя. За визначенням центра мас, добуток загальної маси тіла на пришвидшення центра мас дорівнює сумі добутоків мас частин тіла на їхнє пришвидшення. Ось і виходить, що опосередковано зовнішня сила викликає пришвидшення тільки однієї частини тіла, оскільки всі інші перебувають у стані спокою.

Припустимо, що з пришвидшенням $\alpha_1 = (n-2)\mu g$ модуль рухається упродовж часу t_1 , розганяється до швидкості $v_{\max} = \alpha_1 t_1$ і проходить відстань:

$$l_1 = \frac{v_{\max}^2}{2\alpha_1}.$$

Після цього з пришвидшенням $\alpha_2 = n\mu g$ модуль упродовж часу t_2 зменшує цю швидкість до нуля ($v_{\max} = \alpha_2 t_2$) і проходить відстань:

$$l_2 = \frac{v_{\max}^2}{2\alpha_2}.$$

Тоді загальний шлях буде:

$$l = l_1 + l_2 = \frac{v_{\max}^2}{2} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right).$$

Звідси легко знаходимо:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2l}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)}}.$$

З іншого боку, для рівноприскореного руху шлях можна знайти через середню арифметичну швидкість і час руху:

$$\begin{aligned} l &= \frac{0 + v_{\max}}{2} t_1 + \frac{v_{\max} + 0}{2} t_2 = \\ &= \frac{1}{2} v_{\max} (t_1 + t_2) = \frac{1}{2} v_{\max} t. \end{aligned}$$

Отже, загальний час руху одного модуля буде:

$$t = \frac{2l}{v_{\max}} = \sqrt{2l \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)}.$$

Тоді швидкість руху гусениці становитиме:

$$v = \frac{l}{nt} = \frac{v_{\max}}{2n} = \frac{1}{2n} \sqrt{\frac{2la_1 a_2}{a_1 + a_2}}. \quad (2)$$

Підставимо значення пришвидшень і отримаємо залежність швидкості від кількості модулів:

$$v = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\mu gl}}{\sqrt{\frac{n(n-1)}{n-2}}}$$

Значення швидкості буде тим більшим, чим менший буде знаменник.

Щоб не використовувати похідну, введемо заміну

$$x = n - 2$$

і виділимо повний квадрат:

$$\begin{aligned} \frac{n(n-1)}{n-2} &= \frac{(x+2)(x+1)}{x} = x + 3 + \frac{2}{x} = \\ &= \left(\sqrt{x} - \sqrt{\frac{2}{x}} \right)^2 + 3 + 2\sqrt{2}. \end{aligned}$$

Мінімального значення $3 + 2\sqrt{2}$ можна досягнути, якщо

$$x = \sqrt{2},$$

або $n = 2 + \sqrt{2} \approx 3,4$.

Очевидно, що гусениця не може мати дробове число модулів. Попри те, що число 3,4 ближче до трьох, ніж до чотирьох, варто перевірити обидва випадки:

$$v_3 = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\mu gl}}{\sqrt{\frac{3(3-1)}{3-2}}} = \sqrt{\frac{\mu gl}{24}} \approx 5,8 \text{ см/с},$$

$$v_4 = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\mu gl}}{\sqrt{\frac{4(4-1)}{4-2}}} = \sqrt{\frac{\mu gl}{24}} = v_3.$$

Якщо замість $g \approx 10 \text{ м/с}^2$ взяти точніше значення пришвидшення вільного падіння $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$, то швидкість приблизно дорівнюватиме 5,7 см/с.

Цікаво, що на Місяці з меншим пришвидшенням вільного падіння гусениця рухатиметься повільніше, а на планетах з більшим g – швидше.

З'ясувалося, що $v_4 = v_3$, і рекордсменками стають одразу дві гусениці, з трьох та чотирьох модулів. Більша гусениця швидше рухатиме свою частину, маючи більшу противагу, але завдяки тому, що частин більше, їй знадобиться стільки ж часу, щоб переміститися на 1 см, як і меншій гусениці.

Ще одне цікаве зауваження пов'язане з тим, що хоча випадки $n = 3$ та $n = 4$ формально не екстремальні, тим не менш швидкості за нових правил руху є більші (у $\sqrt{4/3}$ разів), ніж до цього, коли $n = 4$ було точним екстремумом.

Нарешті, важливим є те, що швидкість руху пропорційна до $\sqrt{\mu}$.

Зі збільшенням коефіцієнта тертя, швидкість руху збільшується. Це свідчить, що сила тертя є корисною силою, зовнішнім чинником руху вздовж горизонтальної поверхні. А, власне, чому тільки горизонтальної? В умові задачі нічого про горизонтальну поверхню не було сказано. Мова йшла про поверхню стола. Спробуйте покласти на поверхню стола металеву кульку так, щоб вона не скотилася. Можливо, після багатьох спроб вам це і вдасться, а, можливо, й ні.

Коли під час лабораторних робіт або експериментальних турів олімпіад ви проводите вимірювання, пов'язані з рухом або силами, робіть це щонайменше двічі: у прямому і зворотньому напрямках, щоб спробувати уникнути похибки, пов'язаної з нахилом поверхні.

Давайте спробуємо розв'язати задачу про гусеницю у загальнішому випадку, коли поверхню стола нахилили, і гусениця піднімається догори під кутом α до горизонту.

На першому етапі руху, розгоні модуля, на нього донизу вздовж схилу діють проекція сили тяжіння $mg \sin \alpha$ і сила тертя ковзання $\mu mg \cos \alpha$, а догори вздовж схилу – сила T_1 з боку нерухомої частини:



$$ma_1 = T_1 - mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha.$$

За третім законом Ньютона сила T_1 діє на нерухому частину гусениці донизу вздовж схилу. Разом з нею намагається зсунути гусеницю донизу проекція сили тяжіння:

$$(n-1)mg \sin \alpha.$$

Їм протидіє максимальна сила тертя спокою:

$$(n-1)\mu mg \cos \alpha.$$

Отже,

$$T_1 = (n-1)\mu mg \cos \alpha - (n-1)mg \sin \alpha,$$

$$a_1 = g((n-2)\mu \cos \alpha - n \sin \alpha).$$

На другому етапі руху (гальмуванні модуля) на рухомий модуль гусениці донизу вздовж схилу діють і проекція сили тяжіння $mg \sin \alpha$, і сила тертя ковзання $\mu mg \cos \alpha$, і сила T_2 з боку нерухомої частини гусениці:

$$ma_2 = T_2 + mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha.$$

Силу T_2 , що за третім законом Ньютона діє на нерухому частину догори вздовж схилу, компенсують проекція сили тяжіння:

$$(n-1)mg \sin \alpha$$

і максимальна сила тертя спокою:

$$(n-1)\mu mg \cos \alpha.$$

Отже,

$$T_2 = (n-1)\mu mg \cos \alpha + (n-1)mg \sin \alpha,$$

$$a_2 = ng(\mu \cos \alpha + \sin \alpha).$$

Підставимо знайдені пришвидшення у рівняння (2) та отримаємо залежність швидкості від кількості модулів і кута нахилу площини:

$$v = \frac{1}{2n} \sqrt{\frac{2la_1a_2}{a_1 + a_2}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\mu^2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha}{\mu \cos \alpha} gl} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{n(n-1)}{n-2\mu/(\mu - \operatorname{tg} \alpha)}}. \quad (3)$$

Наприклад, гусениця з $n = 4$ модулів, може підніматися догори під кутом:

$$\alpha \leq \operatorname{arctg}(\mu(n-2)/n) = \operatorname{arctg}(0,4) \approx 21,8^\circ.$$

Це обмеження повністю співпадає з (1) і його можна знайти з умови додатності підкореневого виразу в (3).

Підставляючи $n = 4$ і, наприклад, $\alpha = 15^\circ$ у вираз (3) для швидкості, знаходимо, що гусениця з чотирьох модулів може підніматися догори під кутом нахилу 15° зі швидкістю майже 3,8 см/с. І все це тільки завдяки силам тертя між двома поверхнями.

Хіба це не вражає? На мій погляд, дитяче вміння дивуватися не лише робить довколишній світ цікавішим і привабливішим, а й допомагає у науковому пошуку нових істин.

Засновнику багатьох наук давньогрецькому філософу Аристотелю належать слова: "Пізнання починається з подиву".

Погодьтеся, саме подив викликає у нас емоційно підсилену зацікавленість і вимагає пояснення.

Та повернемося до формули (3). Відповімо на запитання: "Яку кількість модулів має гусениця, що здатна найшвидше підніматися догори під кутом α до горизонту?" та "Чому ця швидкість дорівнює?".

У формулі (3) лише знаменник залежить від кількості модулів n , і за його найменшого значення швидкість набуде максимуму.

Отже, слід мінімізувати вираз

$$\frac{n(n-1)}{n-k}, \text{ де } k = 2\mu/(\mu - \operatorname{tg} \alpha).$$

Поступимо аналогічно розглянутому раніше випадку горизонтального руху.

Введемо позначення $x = n - k$ і виділимо повний квадрат:

$$\begin{aligned} \frac{n(n-1)}{n-k} &= \frac{(x+k)(x+k-1)}{x} = \\ &= x + \frac{k(k-1)}{x} + 2k - 1 = \end{aligned}$$

$$= \left(\sqrt{x} - \sqrt{\frac{k(k-1)}{x}} \right)^2 + \left(\sqrt{k} + \sqrt{k-1} \right)^2.$$

Останній вираз буде мінімальним, а швидкість максимальною, якщо

$$x = \sqrt{k(k-1)}$$

або

$$n = k + \sqrt{k(k-1)} = \frac{2\mu + \sqrt{2\mu(\mu + \operatorname{tg}\alpha)}}{\mu - \operatorname{tg}\alpha}. \quad (4)$$

Якщо кут нахилу площини $\alpha = 15^\circ$, з останнього виразу знаходимо:

$$n \approx 5,46.$$

Перевіряємо два сусідні цілі значення: $n = 5$ і $n = 6$, по черзі підставляючи їх разом з $\alpha = 15^\circ$ у формулу для швидкості (3).

З'ясувалося, що

$$v|_{n=5, \alpha=15^\circ} \approx 4,134 \text{ см/с},$$

$$v|_{n=6, \alpha=15^\circ} \approx 4,136 \text{ см/с}.$$

Підсумовуємо, що догори під кутом 15° до горизонту найшвидше пересуватиметься гусениця з 6 модулів, демонструючи вражаючу швидкість – майже 4,14 см/с. Загалом, за формулою (4), зі збільшенням кута α чисельник збільшується, а знаменник зменшується, отже, кількість модулів для найшвидшого пересування зі збільшенням кута нахилу монотонно зростає. Так, для $\alpha = 0^\circ$ з (4) отримуємо вже знайоме значення:

$$n = 2 + \sqrt{2} \approx 3,4,$$

яке є мінімумом для будь-яких $\alpha \geq 0^\circ$.

Нагадаємо, що обидва сусідні цілі значення $n = 3$ і $n = 4$, дають для горизонтального руху однакову максимальну швидкість – 5,8 см/с.

Із формули (3) легко побачити³, що зі збільшенням кута підйому, максимально можлива швидкість монотонно зменшується за будь-якої заданої кількості модулів n . Логічно припустити, що найбільшою вона буде, якщо гусениця повзтиме вздовж схилу не догори, а донизу.

Тоді у рівняння (3) і (4) слід підставляти від'ємні значення α .

З додатності підкоренових виразів у (3) уточнюємо обмеження на кут α :

$$-\arctg(\mu) \leq \alpha \leq \arctg(\mu(n-2)/n).$$

У граничних значеннях кута нахилу α швидкість дорівнює нулеві. Оскільки для додатних кутів швидкість була спадною функцією, свого максимуму вона набуватиме в інтервалі від'ємних кутів $\alpha \in (-39^\circ; 0^\circ)$, якщо гусениця рухатиметься донизу.

На відміну від (3) залежність $n(\alpha)$ (див. (4)) є монотонно зростаючою функцією не лише для додатних, а й для від'ємних значень усіх допустимих кутів. Отже, максимально швидкий рух донизу можливий за найменших цілих значень n , що не перевищують кількість модулів для максимально швидкого руху в горизонтальному напрямку. Тобто, за $n = 2$ або $n = 3$.

Неможливий для руху по горизонталі або догори випадок $n = 2$, стає цілком можливим під час руху донизу.

Прирівнявши швидкості для $n = 2$ та $n = 3$, знаходимо кут:

$$\alpha_{2,3} = -\arctg(\mu/3) \approx -15^\circ,$$

який не віддає переваги жодній гусениці.

Спускаючись схилом під кутом близьким до 15° , найпрудкіші гусениці, що складаються з двох або трьох модулів, матимуть однакову швидкість $\approx 6,55$ см/с. Як бачимо, це значення швидкості вже перевищило всі отримані раніше.

З порівняння швидкостей для $n = 2$ та $n = 3$ також знаходимо, що для пологіших схилів від $\alpha_{2,3}$ перевагу у швидкості спуску ма-

³Для цього підкореновий вираз чисельника у (3) слід записати у вигляді різниці, а далі проаналізувати, як впливає на швидкість руху зміна кожної тригонометричної функцій внаслідок збільшення кута α .



тиме гусениця, що складається з $n = 3$ модулів, а для крутіших ($|\alpha| > \arctg(\mu/3)$) – гусениця, що складається з $n = 2$ модулів.

Для двох модулів вираз швидкості значно спрощується:

$$v|_{n=2} = \frac{\sqrt{gl}}{2} \sqrt{-\sin \alpha (1 + \operatorname{tg} \alpha / \mu)} \quad (5)$$

і має сенс тільки для $-\arctg \mu \leq \alpha \leq 0$.

Попри простий вигляд, аналіз максимального значення швидкості $v|_{n=2}$ не є простим. Наприклад, використання похідної приводить до кубічного рівняння:

$$\operatorname{tg}^3 \alpha + 2 \operatorname{tg} \alpha + \mu = 0.$$

У випадках, коли знаходження точного розв'язку дуже громіздке, або неможливе, шукають наближені розв'язки.

На відміну від математики фізика вивчає довколишній світ. Коли у будь-який точний розв'язок ми підставляємо числові дані, то вносимо похибки, що виникли внаслідок попередніх вимірювань. Наприклад, чи впевнені ви у тому, що пришвидшення вільного падіння у вашій кімнаті точно дорівнює $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$ або значення $\mu = 0,8$ не є округленням коефіцієнта тертя до першої значущої цифри?

З іншого боку, будь-який точний розв'язок є наближеним у тому сенсі, що якщо ми його знаходили, ми нехтували багатьма чинниками, які нам здавалися не дуже суттєвими. Наприклад, залежністю коефіцієнта тертя ковзання від швидкості руху та вологості повітря, опором повітря, невеликими нерівностями поверхонь, силою Коріоліса, тощо... Вплив цих чинників незначний, але він є, що, взагалі кажучи, робить наш точний розв'язок не таким вже й точним.

Деякі шанувальники математики можуть порадити за свою науку, зверхньо поглядаючи на недосконалу фізику. Вони поводять себе як дитина, що навчилася рахувати на пальцях і

не хоче визнавати дробових чисел, або як клієнт банку, який опанував дробові числа і вимагає виплатити йому відсотки з точністю до мільярдної частини копійки.

“Теореми математики є точними доти, доки не ґрунтуються на реальності”, – якось зауважив Альберт Айнштайн.

З кожним кроком фізики і людства точність вимірювань, глибина розуміння довколишніх явищ підвищується.

Ми користуємось комп'ютерами, мобільними телефонами, планшетами, телевізорами, холодильниками, автомобілями, які вправно працюють саме завдяки наближеним фізичним моделям та чисельним розрахункам.

Ми можемо переміщувати окремі атоми і відкрито вже 1780 планет⁴, що обертаються довкола близьких до Сонячної системи зір. Хоча, що таке “близьких”? Все пізнається у порівнянні. Відстань до найближчих зір така, що, рухаючись зі швидкістю звуку, понад 300 м/с, до них можна дістатися лише за чотири мільйони років. Чотири мільйони років тому на Землі ще не було людей. Уявляєте, наскільки величезні відстані між зорями, і яка чутливість сучасної апаратури! І все це завдяки фізиці, яка, за Бертраном Расселом (Нобелівським лавреатом з фізики), як “усяка точна наука ґрунтується на наближеності”.

Ми вже знайшли, що для

$$\alpha = -\arctg(\mu/3) \approx -15^\circ$$

швидкість спуску гусениці з двох модулів приблизно дорівнює 6,55 см/с.

Візьмемо сусіднє значення, наприклад, $\alpha = -16^\circ$, щоб зрозуміти, з якого боку від -15° шукати максимум швидкості:

$$v|_{n=2}(-16^\circ) = 6,65 \text{ см/с.}$$

Швидкість збільшилась. Напевно максимуму швидкості відповідає кут з інтервалу $\alpha \in (-39^\circ; -16^\circ)$.

⁴На початок квітня 2014 року.

Візьмемо якесь середнє значення, наприклад, $\alpha = -28^\circ$:

$$v|_{n=2}(-28^\circ) = 6,27 \text{ см/с.}$$

Швидкість зменшилась, але ж і інтервал досить широкий.

Візьмемо кут з середини інтервалу (-28° ; -16°):

$$v|_{n=2}(-22^\circ) = 6,81 \text{ см/с.}$$

Тепер найбільші значення швидкості маємо на межі інтервалу (-22° ; -16°).

Середині цього інтервалу відповідає швидкість:

$$v|_{n=2}(-19^\circ) = 6,81 \text{ см/с,}$$

яка майже співпадає з $v|_{n=2}(-22^\circ)$.

Максимум слід шукати серед (-22° ; -19°), приблизно біля середини інтервалу $\alpha = -20,5^\circ$.

Занесемо декілька значень у таблицю.

α	-21°	$-20,5^\circ$	-20°
$v _{n=2}, \text{ см/с}$	6,827	6,829	6,827

Як бачимо, з доброю точністю можна стверджувати, що модель гусениці з двох блоків поставить рекорд швидкості у 6,83 см/с, рухаючись донизу схилом під кутом $20,5^\circ$ до горизонту.

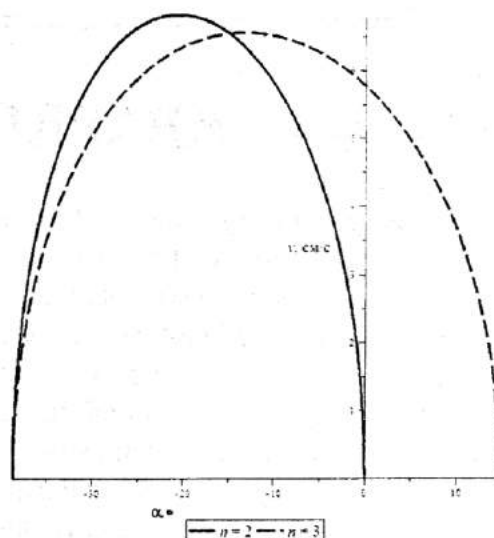
Хотілося б перестерегти від сліпого копіювання методу обчислень у серединах інтервалів. Наприклад, якщо функція має декілька локальних максимумів (доведіть, що у нашому випадку це не так), можна знайти тільки один з них і передчасно заспокоїтись.

Якщо під рукою є комп'ютер, краще побудувати графік і наочно переконатися у поведінці функції, а вже тоді шукати потрібні доведення.

Цей напівекспериментальний метод за власним зізнанням активно використовував один з найвидатніших математиків сучасності Володимир Арнольд. Наукові інтереси Воло-

димира Ігоровича постійно перетиналися з фізикою, про що свідчать його книжки і численні наукові роботи. Також Володимир Арнольд багато уваги приділяв популяризації фізико-математичних знань та ідей серед молоді⁵.

Для наочності на графіку (див. мал. 3) зображено залежності швидкості гусениці v від кута нахилу площини α для випадку двох і трьох модулів.



Мал. 3

Насамкінець хочеться звернути увагу всіх, хто прагне перемагати в олімпіадах з фізики, хто мріє про відкриття і розроблення нових технологій, на важливість доведення до числа всіх своїх розрахунків. І, головне, до правильного числа. Якщо ви розрахуєте ключовий блок термоядерного реактора майбутнього, а тоді цей блок вибухне із-за того, що ви в якійсь формулі загубили знак “мінус” або написали зайву двійку, вам буде кепсько.

⁵Почитайте, наприклад, книжки В. І. Арнольда “Гюйгенс и Барроу, Ньютон и Гук” або “Математическое понимание природы”, які є у вільному доступі в Інтернеті.



Задача, яку ми розглянули, дуже чутлива до точності математичних перетворень та розрахунків.

Спробуйте відновити розв'язок самостійно та підрахуйте, скільки часу на це пішло та скільки помилок було виправлено. А щоб було цікавіше, проаналізуйте реалістичніший випадок, коли коефіцієнт тертя спокою μ_0 відрізняється від коефіцієнта тертя ковзання μ . Ця відмінність деколи досягає десятків відсотків,

і її не врахування є головним недоліком розглянутої моделі.

Візьміть, наприклад, $\mu_0 = 0,8$ і $\mu = 0,6$.

Але не підставляйте ці числа відразу. Розв'яжіть задачу у загальному вигляді, щоб можна було час від часу перевіряти результати, підставляючи граничні значення і порівнюючи з наведеними вище розрахунками для випадку $\mu_0 = \mu$.

Успіху Вам у вашій праці і пошуках!

КВАРКОВІ – 50 років

П'ятдесят років тому, 1 лютого 1964 року, в журналі "Physics Letters" було опубліковано доповідь американського фізика Мюррея Гелл-Манна (Murray Gell-Mann, 1929 р. н.) "Принципова модель баріонів і мезонів", в якій він повідомив про концепцію кварків. У ній автор пояснив, як різні комбінації трьох частинок можуть утворювати баріони (наприклад, протони ($2u + d$) чи нейтрони ($2d + u$)), тоді як комбінація двох частинок може утворювати мезон. "Щоб підтримувати величину стандартного електричного заряду, потрібно четверту частинку", – писав Гелл-Манн. – Та, якщо ми допустимо дробові значення для заряду, схема стає простою. Назвемо члени цієї трійки "кварками".

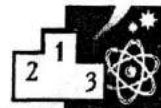
Назву "кварк" Гелл-Манн взяв із роману Джеймса Джойса "Поминки за Фіннеганом", в якому один з героїв каже: "Три кварки для містера Марка". Йому сподобалось це слово і вчений використав його, оскільки баріони складаються із трьох частинок.

Майже одночасно з Гелл-Манном над подібною проблемою працював інший фізик Джордж Цвейг (George Zweig, 1937 р. н.). Він був студентом Гелл-Манна в Каліфорнійському технологічному інституті та Ювал Нейман

(Yuval Ne'eman, 1925 р. н.) з Імперіального коледжу в Лондоні. Коли Гелл-Манн опублікував свою статтю, Дж. Цвейг уже працював у лабораторії ЦЕРНа в Женеві.

Хоча кварки набули повноправного громадянства як основні складники матерії (протонів і нейтронів тощо), вони залишаються справжніми "невидимками". До того ще нікому не вдалося ізолювати окремого кварка. У спробі відірвати кварк від його двох партнерів у баріоні (наприклад, у протоні), або від його антипартнера у мезоні, доводиться вкласти так багато енергії, що замість визволення кварка твориться нова пара кварк-антикварк.

Проте посередніми шляхами фізики незаперечно встановили прикмети кварків. Їхній електричний заряд – дробовий: $+2/3$ або $-1/3$. Поряд із електричним зарядом, кварки володіють трьома родами т. зв. "кольорового" заряду: "червоним", "зеленим" і "синім". (Назва "кольоровий заряд" не має нічого спільного зі звичайним кольором. Три роди сильної взаємодії американські фізики спершу назвали кольорами прапора США: "red white, blue". Та, щоб не видатися шовіністами, вони замінили назви на "red, green, blue".) Носіями сильної



взаємодії між кольоровими зарядами є глюони, їх є вісім родів. Коли кварки творять баріон (наприклад, протон чи нейтрон), кожен із них має інший колір. У результаті усі баріони “безколірні”. “Безколірні” є також усі мезони – вони складаються з кварка і антикварка.

Крім кольору, кварки розрізняють “ароматами” (flavor). Звичайно, нічого спільного з ароматами ця назва не має. Назву для цієї властивості кварків придумали Мюррей Гелл-Манн і Гаральд Річ 1968 року, проходячи якимось мимо популярного кафе з привабливою рекламою великої кількості морозива: “Оцініть аромат. Аромат має значення” (“Count the Flavors. Where flavor counts”).

Класифікують кварки у три покоління – у кожному по два аромати. У першому поколінні маємо аромати “вгору” і “вниз” (up & down), у другому – “чарівний” і “дивний” (charmed & strange), а у третьому – “верх” і “низ” (top & bottom). Фізики з творчою уявою намагалися впровадити на місце прозаїчних назв “верх” і “низ” (top & bottom) художні назви “правда” і “краса” (truth & beauty). На жаль, перемогли фізики-зануди.

1977 року вже були ідентифіковані кварки п’яти з передбачуваних шести ароматів. Знайти останній стало першочерговим завданням експериментальної фізики.

Пошуки за топ-кварком розпочалися на Стенфордському лінійному пришвидшувачі у Каліфорнії, німецькому пришвидшувачі поблизу Гамбурга і 1980-го року при новому висо-

коенергійному пришвидшувачі в Європейському центрі ядерних досліджень (ЦЕРН) біля Женеви. Та хоч у пришвидшувачі ЦЕРН зіткнення протонів з антипротонами проходили за енергії майже 300 ГеВ, топ-кварка там не знайдено. Якщо брати до уваги, що удари насправді відбуваються не між протоном і антипротоном, а між трьома кварками протона з трьома кварками антипротона, то для творення пари топ-анти топ пересічно припадає лише 1/3 енергії удару. Після восьми років марних пошуків топ-кварка, дослідники ЦЕРНа дійшли висновку: якщо топ-кварк справді існує, то його маса буде хоча б на один порядок вищою від найважчого із відомих кварків – “боттом”-кварка, маса якого 4,5 ГеВ.

До пошуків за топ-кварком 1985-го року долучилася Національна лабораторія імені Фермі (“Fermi Lab”), що розташована поблизу Чикаго, в якій саме запущено найпотужніший досі пришвидшувач “Tevatron”. У ньому удари між протонами і антипротонами відбувалися за енергії 1 Тераелектронвольт (1 TeV = 1000 GeV = 10^{12} eV). За такої енергії дослідники очікували швидкого успіху. Та успіх прийшов аж після десяти років зтяжної праці, в якій брало участь понад 400 фізиків та ще більше інженерів і техніків, з понад 40 університетів і лабораторій усього світу. На цей пошук довелося видати понад півмільярда доларів.¹

¹Біланюк Олекса. *Тахіони*. (Львів: Євросвіт, 2002. – 160 с.).

Триває іспит. Із аудиторії виходить студент. Усі одразу запитують його:

– Ну як, здавав?

– Як у церкві.

– ???

– Професор задає запитання – я хрещусь.

– Я відповідаю – хреститься він.



ВТІКАЮЧИЙ ЗВУК

Олександр Хрептак,

Львівський національний університет імені Івана Франка

Напевно кожен з Вас спостерігав зміну висоти звуку потяга, що наближається до станції метро, або гудка локомотива, який їхав без зупинки повз залізничну станцію, або ж сирени автомобіля аварійних служб на вулицях міста. Із наближенням поїзда висота звуку зростає, а з віддаленням його – знижується.

Зміну висоти звуку, що викликана відносним переміщенням джерела звуку і спостерігача, називають ефектом Доплера.

Австрійський фізик

Крістіан Андреас Доплер (нім. *Christian Andreas Doppler*) народився 29 листопада 1803 року в Зальцбурзі (Австрія) в сім'ї каменяра.

У 19-річному віці К. Доплер вступив до Політехнічного Інституту у Відні, де упродовж трьох років здобував освіту з математики та фізики. Наступні два роки він продовжив навчання у Зальцбурзі. Далі повернувся до Відня й упродовж чотирьох років (1829–1833) обіймав посаду асистента вищої математики у Політехнічному Інституті.

Роки 1833–1835 були не дуже вдалим в кар'єрі Доплера. Упродовж півтора року він працював на бавовняній фабриці "Вайстель і К" під Бруком. У 32-річному віці вирішив емігрувати до Сполучених Штатів Америки. У той час, коли він звернувся до американського консула в Мюнхені за візою 1835 року, йому зробили пропозицію одночасно два навчальних інституту.

Доплер прийняв пропозицію обійняти посаду професора елементарної математики і обчислень у Державній середній школі в Празі, відхиливши пропозицію з Берна (Швейцарія).



Крістіан Доплер (1803–1853)

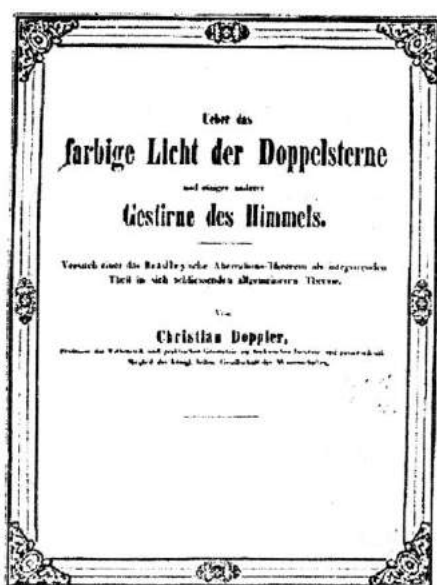
К. Доплер 6 березня 1841 року став професором математики та практичної геометрії в Технічному інституті в Празі.

Він 25 травня 1842 року виступив на засіданні Відділення природничих наук Королівського наукового товариства Богемії в Празі з доповіддю "Про кольорове світло подвійних зір і деяких інших зір на небесах" ("Über das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels"), яка згодом зробила його широко відомим. Ніхто навіть не міг тоді передбачити, що принцип Доплера, невміло поданий у лекції і фантастично обґрунтований, вплине на подальший розвиток астрономії, фізики, техніки та медицини.

Доплер подав свою працю як узагальнення теорії аберації нерухомих зір Бредлі. Річний та денний рух Землі відносно зір виявляється у зміні кутового положення зір на небосхилі, як з'ясував 1727 року Джеймс Бредлі.



За Доплером, взаємний рух джерела хвиль, звукових чи світлових, та спостерігача мусить виявитися і в частоті коливань хвилі, яку приймають, а отже, висоті тону звуку, чи кольорі світла. Він наводив приклад цієї зміни для двох випадків: коли рухається джерело, а спостерігач залишається нерухомим, і навпаки. Поки хвилі поширюються повздовжньо в пружному середовищі, ми отримаємо в обох випадках різні відношення.



Титульна сторінка праці Доплера

Цікаво, що Доплер не мав для свого відкриття жодного експериментального підтвердження, і допомагав собі астрономічними фантазіями. Він, передусім, опирався на твердження, що подвійні зорі, які відносно Землі орієнтовані так, що один з елементів віддаляється, а інший наближається до Землі, сяють різними кольорами. Хоча астрономічні спостереження нічого такого не виявляли.

За 12 років Доплер залишив Прагу і 23 жовтня 1847 став професором математичної фізики і механіки в Гірській Академії в Хемніці (нині Німеччина). Та не минуло й двох років, як заворушення, що супроводжували Угорську революцію, змусили Доплера повернутися до

Відня. Там він обійняв посаду професора практичної геометрії в Політехнічному Інституті, де свого часу починав академічну кар'єру.

Після презентації статті Доплера обрали членом Королівського наукового товариства Богемії. Він 1847 року отримав почесне звання доктора Празького університету, а 1848 року його обрали членом Академії наук у Відні.

Професор Крістіан Доплер досяг вершини академічної кар'єри 1850 року. Указом Імператора Франца Йосифа I від 17 січня учений очолив кафедру експериментальної фізики у Віденському університеті та став першим директором Інституту фізики, який він створив у цьому Університеті.

Крістіану Доплеру не вистачило двох років для створення нового Інституту. Уже в листопаді 1852 він був змушений поїхати на лікування до Венеції, де після п'яти місяців хвороби, 17 березня 1853 року, Крістіан Доплер помер від туберкульозу легень.

Докладніше про його життєву та наукову долю можна прочитати у книжці чеського фізика Івана Штола "Крістіан Доплер", що була перекладена з чеської мови та вийшла друком 2004 року у видавництві "Свросвіт".

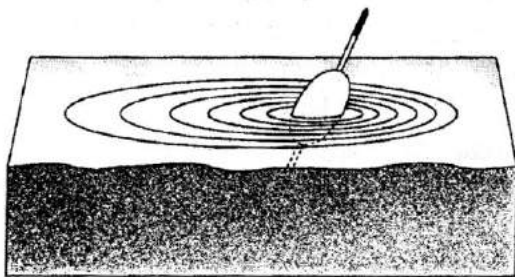
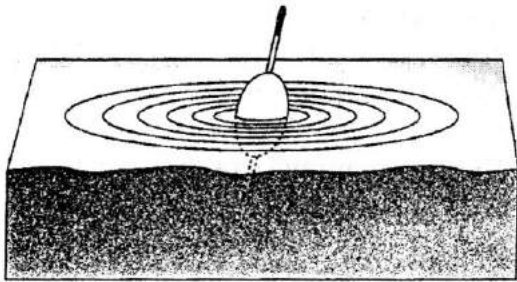
Розгляньмо докладніше ефект, який відкрив К. Доплер.

Ефект Доплера

Передбачений Доплером ефект спостерігається за будь-яких коливань, незалежно від їхньої природи.

Уявімо поплавок, що здійснює у воді лише вертикальний рух, тобто періодично занурюється та виринає. На поверхні води утворюється низка концентричних кілець різного діаметру, що мають спільний центр (поплавок).

Та якщо ми додамо горизонтальну складову руху (почнемо тягнути цей поплавок поверхнею води), то центри кілець змістяться вздовж напрямку переміщення.



Добре відомо, що звукові хвилі в однорідних середовищах поширюються з однаковою швидкістю, яка залежить лише від властивостей цього середовища. Однак, довжина хвилі та її частота змінюються під час руху джерела звуку і спостерігача. Чому так відбувається?

Розгляньмо кілька випадків прояву акустичного ефекту Доплера.

Уявімо ситуацію, коли ми стоїмо на автобусній зупинці та чуємо, що вулицею у напрямку до нас їде пожежний автомобіль із ввімкненою сиреною та, проїхавши повз нас, продовжує рух цією ж вулицею, але уже від нас.



Під час наближення машини ми чутимемо більшу висоту звуку, а з її віддаленням сирена даватиме звук на нижчій ноті.

Опишімо це математично.

У нашому випадку спостерігач є нерухомим відносно середовища, а джерело звуку рухається відносно нього зі швидкістю $v_{дж}$.

За час між двома імпульсами сирени $T_{дж}$ (період коливання) автомобіль проїде відстань:

$$v_{дж} T_{дж} = \frac{v_{дж}}{f_{дж}},$$

де $f_{дж}$ – частота коливань джерела звуку (частота імпульсів сирени).

Під час руху автомобіля довжина звукової хвилі в повітрі λ відрізнятиметься від її справжнього значення λ_0 , що випускається сиреною:

$$\lambda = \lambda_0 + v_{дж} T_{дж} = (v + v_{дж}) T_{дж} = \frac{v + v_{дж}}{f_{дж}},$$

де v – швидкість звуку.

Отже, частота хвилі, яку ми сприйматимемо, буде:

$$f'_{сп} = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{v + v_{дж}} f_{дж}.$$

Коли пожежний автомобіль наближається до нас, то $v_{дж} < 0$ і $f'_{сп} > f_{дж}$. Натомість, коли віддаляється, то $v_{дж} > 0$, а, отже, $f'_{сп} < f_{дж}$.

Якщо джерело звуку буде нерухомим відносно середовища, а спостерігач наближатиметься до нього чи віддалятиметься від нього з достатньою швидкістю, тоді також спостерігатиметься ефект Доплера. Але ситуація не буде аналогічною до попередньої.

Справді, довжина звукової хвилі не змінюватиметься:

$$\lambda = \lambda_0 = \frac{v}{f_{дж}}.$$



Сурмачі

Та швидкість її поширення у середовищі відносно спостерігача буде:

$$v + v_{cn}$$

Тому частота хвилі, яку сприйматиме спостерігач, буде:

$$f_{cn}'' = \frac{v + v_{cn}}{\lambda_0} = \frac{v + v_{cn}}{v} f_{дж}$$

Якщо спостерігач рухається в напрямку до джерела ($v_{cn} > 0$), то $f_{cn}'' > f_{дж}$, якщо ж віддаляється від джерела ($v_{cn} < 0$), то $f_{cn}'' < f_{дж}$.

У загальному випадку, коли і джерело, і спостерігач рухаються відповідно зі швидкостями $v_{дж}$ і v_{cn} , формула для ефекту Доплера набуває вигляду:

$$f_{cn} = \frac{v + v_{cn}}{v + v_{дж}} f_{дж}$$

Швидкості $v_{дж}$ і v_{cn} завжди вимірюють відносно середовища, в якому поширюються звукові хвилі. Це так званий нерелятивістський ефект Доплера.

У випадку електромагнетних хвиль у вакуумі (світло, радіохвилі) також спостерігається ефект Доплера. Оскільки для поширення електромагнетних хвиль не потрібно матеріального середовища, то можемо розглядати лише відносну швидкість v джерела і спостерігача.

Вираз для релятивістського ефекту Доплера має вигляд:

$$f_{cn}^{rel} = \sqrt{\frac{c - v}{c + v}} f_{дж}$$

де c – швидкість світла.

Якщо $v > 0$, джерело віддаляється від спостерігача і $f_{cn} < f_{дж}$.

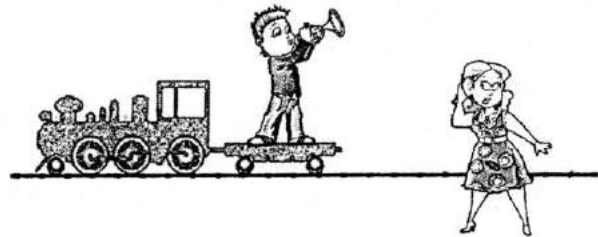
Якщо $v < 0$, то джерело наближається до спостерігача і $f_{cn} > f_{дж}$.

У часи Доплера досить курйозним способом проводили експерименти для перевірки цього явища. Кінний транспорт був надто повільним і лише поява залізниці дала змогу експериментувати.

Знаменитий нідерландський метеоролог Христоф Бейс-Баллот (*Christophorus Buys Ballot*, 1817–1890) 1845 року найняв паровоз з вантажною платформою, посадив на платформу двох сурмачів і попросив їх тримати ноту соль. Два сурмачі були потрібні для того, щоб один з них міг набирати повітря, поки інший тягне ноту, і звук би не переривався.

На пероні однієї станції між Утрехтом і Амстердамом Бейс-Баллот розмістив декількох музикантів без інструментів, але з абсолютним музичним слухом.

Паровоз став з різною швидкістю тягати платформу з сурмачами повз перон із слухачами, а ті визначали, яку саме ноту вони чувають.



Тоді спостерігачів змусили їздити, а сурмачі грали, стоячи на пероні. Експерименти тривали два дні, завдяки чому було доведено явище, що відкрив Доплер.

Подібні експерименти проводив Чарльз Монтігні (*Charles Montigny*, 1819–1890) у Бельгії і Джон Скотт Рассел (*John Scott Russell*, 1808–1882) у Шотландії.

У 1875 році відбулася точніша експериментальна перевірка ефекту Доплера, яку провели німецькі фізики.



На ділянці залізничної лінії Кельн–Мінден раз ураз проїжджав туди й назад локомотив з увімкненим гудком. На пероні стояла група спостерігачів, серед яких був капельмейстер кельнського оркестру барон фон Каульбарс (*von Kaulbars*). Він за допомогою скрипки відтворював зміну тону звуку – під час наближення локомотива йому доводилося зміщувати палець на грифі скрипки спершу донизу (оскільки, тон гудка зростав), а з віддаленням – догори (тон гудка знижувався).

Слід зазначити, що потяг рухався із швидкістю лише 20 м/с, тоді як швидкість звуку в повітрі – 330 м/с. Тобто фон Каульбарсу доводилося фіксувати зміну частоти лише на 12 %!

Революція в астрономії

Французький фізик Арман Фізо (*Armand Fizeau*, 1819–1896) у своїй статті 1848 року довів на простому акустичному досліді реальність принципу Доплера. Також провівши аналогію між тонами та кольорами, Фізо першим вказав на зміщення ліній у спектрах небесних світил, якщо існує відносне переміщення світлового джерела та спостерігача. Якщо вони наближаються один до одного, то внаслідок зростання частоти має спостерігатися зміщення ліній спектру до синього кінця (синій зсув), а у разі їхнього розбігання через зменшення частоти – до червоного (червоний зсув).

За допомогою цього явища астрономи опрацювали нові методи й почали їх розвивати. Англієць Вільям Гутінс (1824–1910) уперше 1868 року виміряв радіальну швидкість Сиріуса. Німецький астроном Герман Карел Вогель (1841–1907) виміряв швидкість обертання Сонця.

Згодом методом Доплера виміряно кутову швидкість планет, і нарешті дійшло й до Доплерових подвійних зір.

Г. Вогель 1889 року відкрив подвійну зорю Алгол у сузір'ї Персея, дві частини якої не можна розрізнити оптично, а лише з періодичних змін спектра.

Астрономи також навчилися оцінювати швидкість обертання зір довкола своєї осі за допомогою ефекту Доплера. Адже під час обертання один край небесного світила наближається до нас, а інший – віддаляється – це спричиняє зсув частоти.

І нарешті 1929 року американський астроном Едвін Павел Габбл (*Edwin Powell Hubble*, 1889–1953) виявив залежність між червоним зміщенням спектрів галактик і швидкістю їхнього віддалення від Землі (Закон Габбла). Це стало одним із підтверджень популярної теорії виникнення Всесвіту: Великого Вибуху (англ. *Big Bang*), яку запропонував бельгійський священник і вчений Жорж Леметр (*Georges Lemaître*, 1894–1966).

За допомогою явища, відкритого Доплером, сьогодні визначають навіть наявність довкола зір планет, які неможливо побачити жодним сучасним телескопом. Вимірюючи спектри випромінювання деяких зір, астрономи помітили, що вони ніби коливаються взад-вперед, і дійшли висновку, що примусити зорю до такого руху може планета, що обертається довкола неї. Це є найпоширеніший метод – більшість екзопланет виявлено саме так.

За збільшенням ширини ліній спектра можна визначити температуру плазми або фотосфери зорі. Розширення ліній $\Delta\lambda$ з підвищенням температури зумовлене зростанням хаотичного теплового руху атомів газу, що випромінюють або поглинають.

До того ж,

$$T \sim (\Delta\lambda)^2.$$



І мільйонери, і медики

Принцип дії радарів (від англ. radar – radio detecting and ranging – виявлення і визначення відстані за допомогою радіо) ґрунтується на ефекті Доплера: випромінювана ним електромагнетна хвиля відбивається від металевих предметів. Якщо предмет рухається в бік радара або від нього, частота відбитої хвилі змінюється пропорційно швидкості. Залишається виміряти цю різницю та обчислити швидкість.

Доплерівські радары застосовують для визначення швидкості будь-яких об'єктів: супутників, літаків, кораблів, автомобілів тощо.

Інспектори ДАІ завдяки радарам ловлять порушників правил дорожнього руху.

Ефект Доплера дає змогу вимірювати також швидкість потоку рідин і газів. Перевага цього методу полягає в тому, що не потрібно розміщувати датчики безпосередньо в потік. Швидкість визначається з розсіяння хвиль ультразвуку або оптичного випромінювання на неоднорідностях середовища (частинках суспензії, краплях рідини, що не змішуються з основним потоком, бульбашках газу в рідині тощо).

Метеорологи за допомогою доплерівського радара визначають силу вітру та швидкість хмар. Можна також оцінити швидкість морських та річкових течій.

Акустичне явище Доплера уже понад шістьдесят років застосовують у медицині, де воно внесло абсолютно новий вимір в ультразвукову діагностику. Цей ефект зробив можливим дослідження рухів людського плоду, вимірювання швидкості серцебиття, шлункових скорочень, а передусім – швидкості протікання крові судинами. Швидкість кровотоку можна встановити за відбиванням ультразвуку від червоних кров'яних тілець.

Після багаторічних зусиль вдалося проникнути ультразвуком крізь скроневу кістку до

кров'яного русла мозку. Явище Доплера може показати, якими судинами кров протікає швидше, а якими повільніше. За рівняннями Бернуллі можна встановити місця звуження мозкових судин і так передбачити небезпеку судинних захворювань.

Той же принцип дає змогу вимірювати витрати води в мережах холодного та гарячого водопостачання ультразвуковим витратоміром.

Накладні ультразвукові перетворювачі, що встановлюють зовні труби, випромінюють високочастотний сигнал, спрямований крізь стінку труби в потік рідини. Звукові імпульси відбиваються від наявних у рідині бульбашок газу і твердих мікрочастинок. Оскільки рідина тече, відбитий сигнал змінюється за частотою. Вимірюючи зсув частоти, витратомір точно визначає швидкість потоку, а за відомою площею поперечного перетину труби визначає об'ємні витрати і кількість рідини.

На підставі ефекту Доплера працюють детектори руху, які використовують, наприклад, в охоронних сигналізаціях.

Міжнародна супутникова пошуко-рятувальна система Коспас-Sarsat використовує ефект Доплера для визначення координат передатчика у випадку аварійних ситуацій.

Щаслива інтуїція Доплера

Фізичний принцип, до якого К. Доплер прийшов завдяки добрій інтуїції та який упродовж першого десятиріччя приймався з розгубленням і здивуванням, згодом став для фізики й техніки, й людства загалом справжнім благом.

Ефект, що відкрив австрійський фізик, викликав революцію в астрономії та сприяв виникненню астрофізики. Також це явище знайшло величезну кількість технічних застосувань, допомогло медикам, військовим та промисловцям.



Чому краплі води сферичної форми?



Коли ми дивимося на маленькі краплини води, то виникає враження, що наче вода наповнює маленький еластичний мішечок, на кшталт повітряної кульки. Та, звісно, довкола краплі немає ніякого мішечка. Що ж тоді утримує краплю в її класичній сферичній формі?

Це робить поверхневий натяг, тобто сила, яка тягне молекули з поверхні краплини до середини і створює невидиму оболонку довкола краплі.

Більші краплини розтягуються, оскільки заважкі. Сила тяжіння, що діє на велику краплину, більша від поверхневого натягу.

Чому ложечка стає гарячою, коли я розмішую своє какао?

Збираючись зранку до школи, хочеться випити горнятко гарячого какао.

Коли розмішуватимеш напій, то відчуєш, що ложка нагрілася. Чому так відбулося?

Гаряче какао містить енергію, а енергія тепла ніколи не стоїть на місці. Невпинно переміщується.

Ложечка стає гарячою, коли розмішуєш какао, оскільки енергія тепла переходить з гарячого напою ложки.



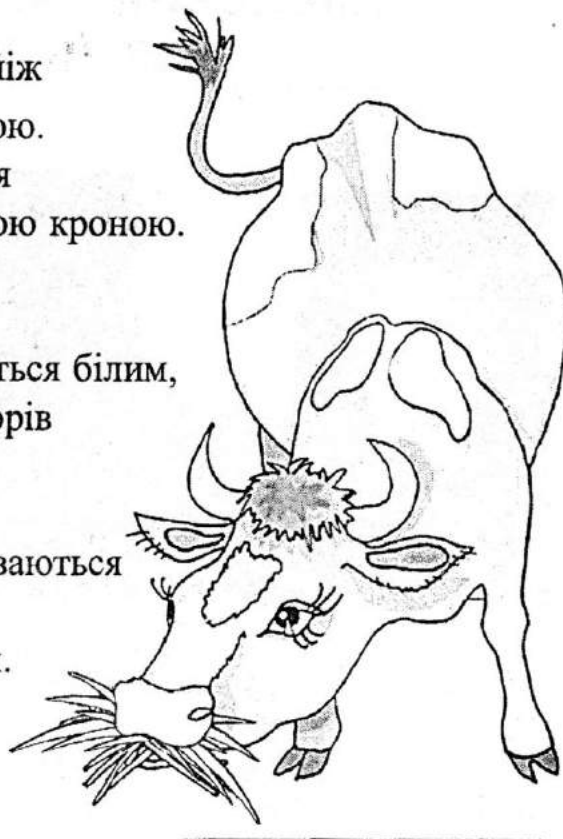


Чому трава зелена?

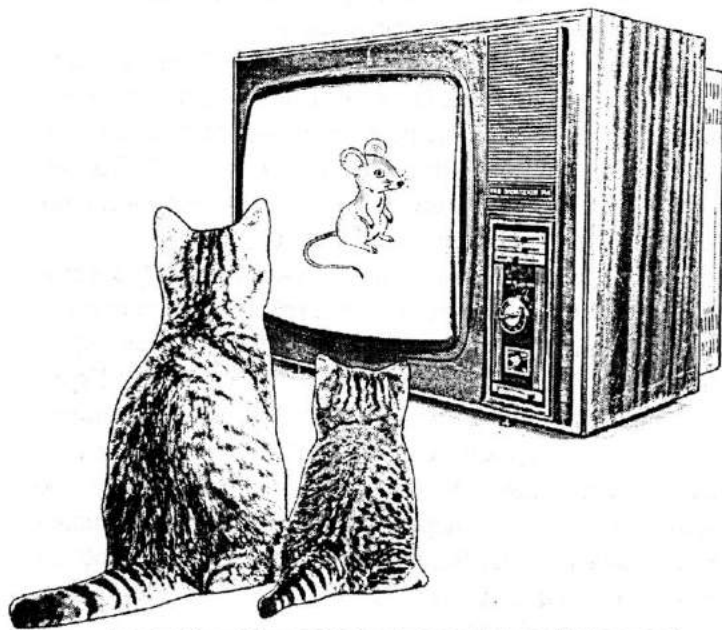
Як приємно у теплий літній день босоніж пробігтися соковитою зеленою травичкою. А коли стає спекотно, хочеться сховатися в тіні великого дерева з красивою зеленою кроною. Саме тоді може виникнути запитання – чому трава та листя зелені?

Попри те, що сонячне світло нам здається білим, воно складається з багатьох різних кольорів (це бачимо, спостерігаючи за веселкою). Усі предмети довкола себе ми бачимо завдяки тому, що світлові промені відбиваються від них до наших очей. Та не всі кольори однаково відбиваються. Деякі з них затримуються.

Трава є зеленою, оскільки відбиває лише зелений колір, а всі інші поглинає.



Чи коти бачать кольори?



Так, бачать. Але не всі, які бачиш ти. Коти не потребують бачити яскравих кольорів, оскільки більшість з них зайняті вночі полюванням на мишок.

Вони сприймають світ у відтінках зеленого, сірого і блакитного. Також кішки розрізняють фіолетовий і жовтий, хоча останній деколи можуть плутати з білим. А ось червоний, оранжевий та коричневий – ні.



НІМЕЦЬКИЙ УЧЕНИЙ, ЯКИЙ ПІЗНАВАВ УКРАЇНСЬКИХ ФІЗИКІВ



*Манфред Ахіллес з дружиною Ганнелоре
(Берлін, 2007. Світлина Г. Шопи)*

Відомий німецький фізик професор Манфред Ахіллес (Manfred Achilles) велику увагу приділяв популяризації фізики.

Працюючи у Гетінгенському університеті, він познайомився з українськими фізиками, які на той час також успішно там працювали. Це були Олександр Смакула та Остап Стасів.

Та особливого значення для проф. Ахіллеса набула дружба між українськими та німецькими фізиками тоді, коли той познайомився і з українським науковцем Олександром Проскурою, який на той час із родиною мешкав у Берліні. Між ними виникла не лише наукова співпраця, а й справжня людська дружба. За рекомендацією О. Проскури професор Ахіллес 2003 року приїхав до Львова на Міжнародну конференцію “Фізика процесів у середовищах для оптичного запису інформації”, присвячену 100-річчю від дня народження Остапа Стасіва, і виступив на пленарному засіданні з доповіддю “Остап Стасів у Геттінгені”.

Ось як писав проф. Ахіллес у статті “Д-р Олександр Проскура в нашій пам’яті” (“Світ фізики”, 2007. № 4): “Наші взаємини з Олександром Проскурою – це особлива історія, що почалася 2002 року ... з цього візиту розпочався досить жвавий український етап у моєму житті.

Поїздка та виступ пройшли без проблем. Та О. Проскура щодня телефонував моїй дружині – він побоювався, чи не трапилось зі мною у новій для мене країні якихось прикрощів. А я ж, зачудований спілкуваннями з тамтешніми колегами, майже забув про Берлін.

... ми часто розмовляли про історію фізики. Він мав глибокі знання з історії фізики, розповідаючи про те, чого часто я навіть не знав, як те, хто такий був Іван Пулюй (Коли проф. Ахіллес прочитав книжку про відомого фізика Івана Пулюя німецькою мовою “Іван Пулюй – загадка універсального таланту” (“Johann Puluj – Rätsel des universalen Talents”, – Євросвіт, 2001. – 264 с.), яку отримав від нас у Львові в подарунок, то в німецькому науковому виданні з’явилася стаття про цього українського фізика. – ред.). Олександр працював і служив своїй країні...

Як показав досвід нашого приятелювання, ми з Олександром думали подібно і діяли однаково навіть у найскладніші дні. З фізики нам відома “одночасність”. Ми не очікуємо її присутності у повсякденних подіях. Якби ми не були фізиками, то віддалися б цілком магічним думкам нашого дитинства – бо так багато відбувалося одночасно. Ми ніколи про це не говорили, однак обидва вірили в Бога – кожен своєю мовою.”

У Львівському аеропорті проф. Ахіллеса зустрів інший український фізик, професор Ярослав Довгий – двох учених згодом також поєднала людська дружба. (Як той шалик, який проф. Довгий віддав своєму німецькому колезі в аеропорті в холодну дощову львівську погоду січня).

Під враженням від спілкування з професорами та студентами, від знайомства зі Львовом німецький професор по-справжньому захопився Україною. Він продовжував цікавитись подіями в Україні, її історією, культурою, був постійним дописувачем журналу “Світ фізики”. Свою статтю в журналі Берлінського технічного університету про Львівську міжнародну конференцію він завершив думкою: “Це була чудова подія, яка здатна об’єднувати народи” (Es war ein wundervolles, volkerverbindendes Erlebnis).



Я познайомилася із професором саме у Львові під час Наукової конференції, він побував у редакції журналу "Світ фізики".

Разом із українським фізиком Олександром Проскурою та його дружиною Оленою я брала участь у науковій конференції у Німецькому вільному університеті, що була присвячена 80-річчю від дня народження професора Ахіллеса, де виступала з доповіддю про Львівський університет імені Івана Франка та українську фізику. Тоді ж відбулася презентація книжки "Різдвяні листи про знаменитих фізиків" ("Weihnachtsbriefe über bekannte Physiker", "Євросвіт, 2007. – 60 с.), що вийшла у серії "Бібліотека "Світ фізики" німецькою мовою.

Проф. Ахіллес 1992 року започаткував нову цікаву справу, яка стала для нього, його родинного кола, друзів і колег своєрідною традицією. До Різдвяних свят та Нового року професор Ахіллес надсилав своїм друзям і колегам разом з вітанням спеціально опрацьовану ним святково оформлений біографічний опис життя і діяльності відомого ученого. У кожній статті стисло й водночас принципово розкрито основні наукові досягнення вченого, але не просто як лабораторного дослідника, а на тлі найважливіших для нього життєвих подій, знахідок, особистих уподобань, труднощів, втрат. Така гуманістична спрямованість опису особистості та діяльності вченого безперечно викликає захоплення в адресатів, його численних колег і друзів. До того ж тексти майстерно побудовані і за змістом та формою, і за красою та шляхетністю думки.

До його такої незвичної праці долучилася і його дружина, відома художниця і мистецтвознавець пані Ганнелоре Ахіллес, яка доповнювала матеріали своїми ілюстраціями (Напевно постійні читачі нашого журналу зауважили, що деякі статті, особливо останні, були за підписами Манфреда та Ганнелоре Ахіллес).

Так професор популяризував світову науку широкому загалу.

Проф. Ахіллес прислав до редакції нові статті, які були перекладені з німецької та опубліковані в журналі "Світ фізики". Можливо, нам вдасться в майбутньому зібрати решту матеріалів та доповнити попередню книжку автора, чи видати її українською мовою для нашого читача.

Востаннє я зустрічалася із професором Ахіллесом у Берліні, в родині Проскурів, коли привезла щойно надруковану книжку Олександра Проскури "Осяяні світлом науки" (видавництво "Євросвіт", 2010. – 416 с.), яку дбайливо уклала його дружина Олена. Книжка вийшла з друку у Львові вже після смерті автора. Подружжя Ахіллесів високо оцінило це видання, в якому було багато матеріалів у легко викладеній науково-популярній формі про багатьох видатних фізиків та їхні досягнення.

Одна з основних праць професора Ахіллеса "Історичні досліди з фізики" ("Historische Versuche der Physik") вийшла кількома виданнями, її використовують як підручник в університетах Німеччини. Особливістю цієї книжки є те, що її автор власноручно відтворив досліди класиків науки, починаючи від Ньютона, Фаренгейта та Ампера, підтверджуючи їх із відповідним коментарем та вносячи потрібні корективи. Він докладно описав ці досліди, підготувавши підрунтя для оволодіння студентами культурою наукового експерименту з фізики. Книжка оригінально ілюстрована відповідно до змісту. Там описано також життя і діяльність корифеїв фізичної науки.

Один із розділів цієї монографії присвячено школі видатного фізика ХХ сторіччя Роберта Поля. У нього в Геттінгені працював українець Остап Стасів, який саме там, зокрема, виконав одне зі своїх основних фізичних досліджень, відкривши явище дрейфу центрів забарвлення в лужно-галоїдних кристалах під дією електричного поля. Це явище в фізиці одержало назву "хмарки Стасіва" і стало передісторією та передумовою відкриття транзистора.

Останні роки професор Ахіллес важко хворів. Та моє спілкування з ученим не переривалося. Ми спілкувалися через електронну пошту, публікували його матеріали. Останнього листа від професора я отримала зовсім недавно, де він згадує Остапа Стасіва. А 11-го червня 2014 року його не стало.

Це була надзвичайно талановита, інтелігентна, скромна людина, учений, який наприкінці свого життя подружився та полюбив українців. Ми ж відповідали йому щирою взаємністю.

Галина Шопа,
Львівський національний
університет імені Івана Франка



Фізики-мандрівники

Одного разу троє товаришів-фізиків мандрували на повітряній кулі.

Вітер заніс їх кудись до незнайомої місцевості.

Побачивши здалеку на полі якогось чоловіка, фізики трохи знизились і голосно закричали:

– Доброго дня! Не підкажете нам, де ми зараз перебуваємо?

Той після тривалих роздумів відповідає:

– Ви є в кошику повітряної кулі.

Фізики, дещо здивовані такою відповіддю, полетіли далі, та почали суперечку – ким же є той чоловік?

Зрештою один з мандрівників каже:

– Він є математиком!

– Чому ти так думаєш? – запитали його колеги.

– По-перше, він довго думав над відповіддю.

По-друге, його відповідь точна.

І, по-третє, абсолютно марна.



Форвард Коперник



На уроці астрономії вчителька запитала учнів:

– Чи знаєте ви, хто такий Микола Коперник?

У класі запанувала тиша. Та Іванко швидко підняв руку й вигукнув:

– Маріє Василівно, я знаю, хто такий Коперник!

– Тоді скажи нам усім, ким був цей великий чоловік.

– Це найкращий у світі футболіст! – відповів Іванко.

– ???

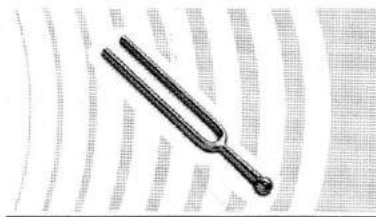
– Він так копнув Землю, що вона й досі обертається.



РЕЗОНАНСИ

Асоціації та афоризми

з колекції
проф. Ярослава Довгого



1. *Мудрість і наука*)))))))■

Наука – це організоване знання.
Мудрість – це організоване життя.

Іммануїл Кант

2. *Три знамениті дати квантової фізики*)))))))■

14 грудня 1900 р. – доповідь Макса Планка на засіданні Німецького фізичного товариства щодо квантової концепції.

27 січня 1926 р. – Ервін Шредінгер подав до друку основоположну статтю з квантової механіки.

23 березня 1927 р. – Вернер Гайзенберг подав до друку статтю щодо співвідношення невизначеності.

3. *Закон творчості*)))))))■

Творча діяльність людини розвивається стрибками – від осяяння через працю до нового осяяння.

4. *Хто як обсервує?*)))))))■

Фізик-теоретик Мічіо Кайку, знаний як вправний популяризатор науки, звернув увагу на таку, здавалось би, буденну прикмету: у тварин-хижаків (тигр, вовк, акула, кіт, орел) очі спереду, а у жертв (олень, заєць, карась, миша, голуб) – з боків. Цікаво?

А як у людини?

Хто вона за цим критерієм?..

5. *Де ворог?*)))))))■

Ваш ворог, панство, час, а не король.

В. Шекспір

6. *Закон Мура*)))))))■

Один із засновників Intel Corporation Гордон Мур 1965 року сформулював емпіричне правило: комп'ютерна потужність подвоюється приблизно кожні вісімнадцять місяців. Досі цей “закон Мура” справджується щодо здешевлення чипів, збільшення швидкодії та пам'яті.

7. *Спектр*)))))))■

Термін „спектр” увів І. Ньютон. У класичній латині, якою він публікував свої наукові праці, “spectrum” означає “дух”, “привид”, “з'ява”...

8. *Вияв Вищої Сили*)))))))■

Якби фізичні константи Всесвіту хоча б трішечки змінилися, життя стало б неможливим. Що це – щасливий збіг чи вияв якоїсь Вищої Сили?

9. *Сховався від вежі... у вежі*)))))))■

Гі де Мопассан регулярно обідав у ресторані Ейфелевої вежі.

– Як же так, – запитали його, – ви ж підписували протест проти її спорудження?..

– Це єдине місце у всьому великому Парижі, звідки її не видно, – відповів письменник.

10. *Будь оптимістом, бо...*)))))))■

Того, хто замислюється про далекі труднощі, неодмінно чекають близькі неприємності.

Конфуцій

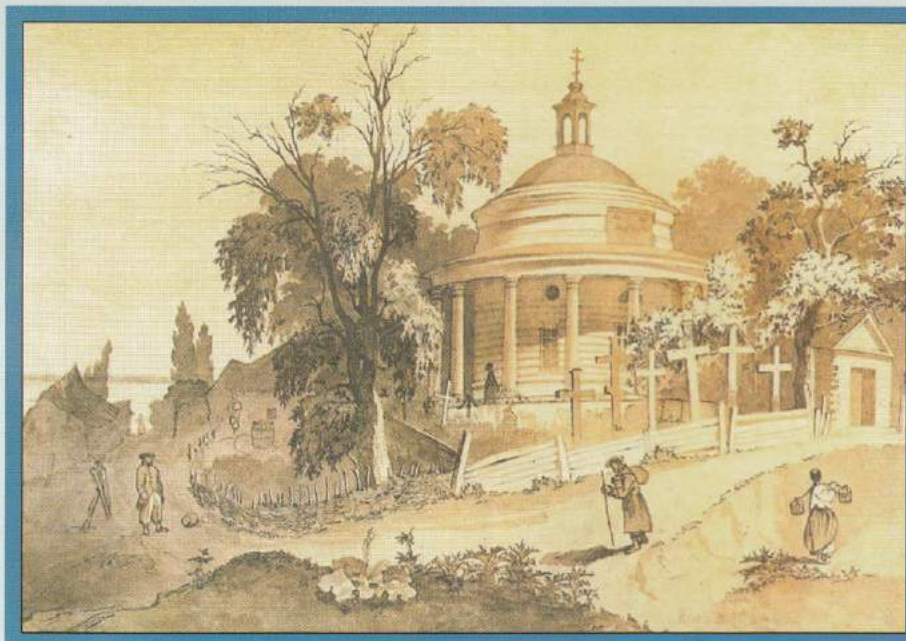
ШАНОВНІ ЧИТАЧІ!



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

200 років
Тарасу Шевченку
Тараса
Шевченка

**Тарас Шевченко
(1814–1861)
Аскольдова могила.
Сепія, акварель. 1846**



За горами гори, хмарою повиті,
Засіяні горем, кровію политі.
Зпоконвіку Прометея
Там орел карає,
Що день Божий довбе ребра
Й серце розбиває.
Розбиває, та не вип'є
Живущої крові,
Воно знову оживає,
І сміється знову.
Не вмирає душа наша,
Не вмирає воля.
І неситий не виоре
На дні моря поля.

Не скує душі живої
І слова живого.
Не понесе слави Бога,
Великого Бога.

...

І вам слава, сині гори,
Кригою окуті.
І вам, лицарі великі,
Богом не забуті.
Борітеся — поборете,
Вам Бог помагає!
За вас сила, за вас воля
І правда святая!

Тарас Шевченко. Кавказ