

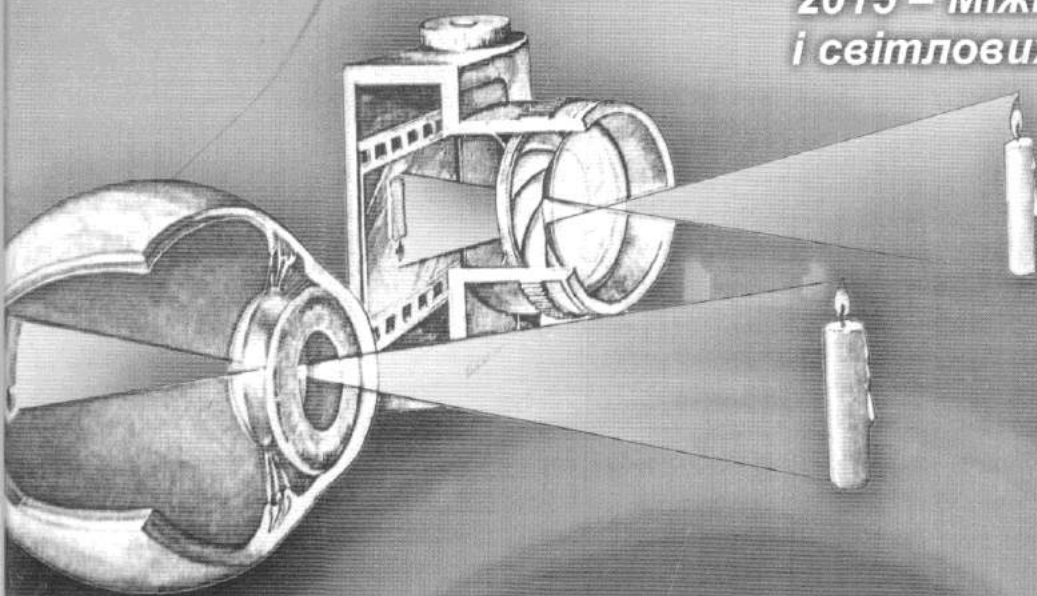
СВІТ ФІЗИКИ

№2
2015

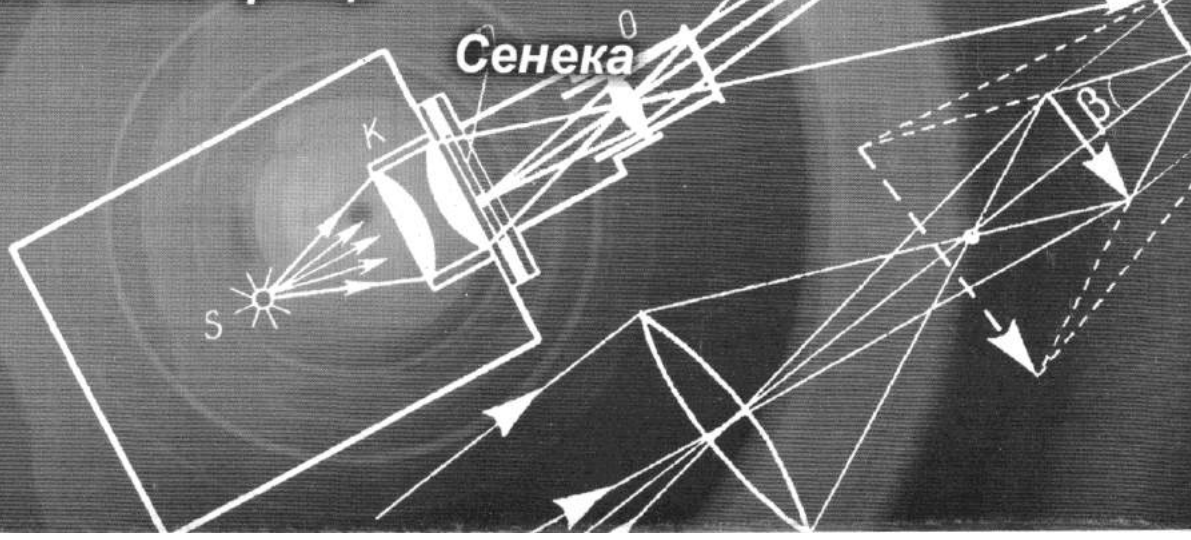
науково-популярний журнал



2015 – Міжнародний рік світла
і світлових технологій



*Вчись не для того, щоб знати більше,
а для того, щоб знати краще*



ЖИВІ ШАХИ

*Свято “мудрої гри” на стадіоні
(Перемога князя Мономаха над половцями)*

Іван Яремко

Не варто, мабуть, вкотре згадувати, як у Львові люблять шахи, як пишаються своїми гросмейстерами та їхніми успіхами на світовій арені. Варто лише пройти центральною алеєю, що веде від пам’ятника Тарасу Шевченкові до Оперного театру, щоб побачити у будь-який час за будь-якої погоди десятки шахових поєдинків на лавочках, щоб почути тут останні шахові новини та дізнатися чимало цікавого з історії древньої гри.

Особливу увагу та велике зацікавлення викликають різні заходи, спрямовані на подальшу пропаганду гри та заохочення до неї юного покоління.

Сьогоднішні львівські “первачки” вже з перших днів навчання у школі будуть знайомитися з шахами. Педагоги розповідатимуть їм не лише як пересуваються і взаємодіють білі й чорні фігури на шахівниці, а й захочуть привабити своїх учнів до нової гри розповідями про “живі шахи”, коли на великій шахівниці як фігури перебувають живі особи – люди й коні.

Учасниками такого дійства у Львові в останні роки перебувають учні спеціалізованої дитячо-юнацької школи “Дебют”, що виховала десятки гросмейстерів та майстрів. Театралізована вистава відбувалася на площі Ринок посеред старовинних будинків, у новому торгово-розважальному комплексі King Cross Leopold, і збирали сотні зацікавлених глядачів.

Подібне видовище у нашому місті вперше відбулося майже 74 роки тому, улітку 1941 року, на стадіоні, що сьогодні належить Університету фізичної культури на вулиці Черемшини. Тоді відділ культурної праці Українського Центрального комітету організував “живі шахи”, коли “безсмертну” партію видатних шахістів XIX сторіччя Андерсен – Кізерицький розіграли актори львівського Театру опери, головним режисером якого тоді був Володимир Блавацький, (на той час голова спортивного товариства “Україна”). Шаховим консультантом виступив Михайло Романишин, один з найкращих шахістів міста і майбутній батько відомого гросмейстера Олега Романишина.

Представлена партія ілюструвала історичну подію: битву князя Володимира Мономаха з половцями в 1111 році. Проти половецького хана (чорні), якого грав відомий львівський актор І. Гірняк, зі своєю дружиною (білі) виступив князь Мономах (актор Е. Курило). У складі обох дружин перебували полководці, боярини, вежі, великий бей і мурзи. Були на полі й справжні коні, а роль піонків (пішаків) виконували учні II Державної Гімназії.

Спеціальна програма, видана з цієї нагоди, докладно описує художнім словом кожен хід поєдинку, що складався з двадцяти трьох ходів. Тож, приведу завершення партії. 22. У вирішальний момент кидається в бій головний полководець (ферзь), щоб відтягнути кінноту від охорони Хана. І гине головний полководець під копитами половецької кінноти. 23. Та геройська смерть Полководця дала змогу вдертися бояринові (слонові) в Ханове шатро. Боярин вбиває Хана і половці здаються... Цікаво!

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 Шопя

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:

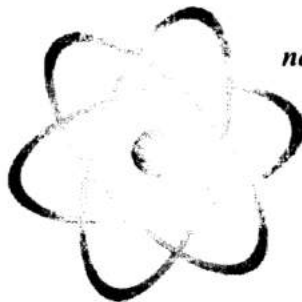
Редакція журналу "Світ фізики"
вул. Саксаганського, 1,
м. Львів 79005, Україна
тел. у Львові 380 (0322) 39 46 73
у Києві 380 (044) 416 60 68
phworld@franko.lviv.ua
www.franko.lviv.ua/publish/phworld

Відтоді як люди почали мислити, вони хотіли заглянути в майбутнє. Аби це зробити, треба проаналізувати минуле. Треба створити модель майбутнього на підставі минулого. Як це зробити?

Спостереження, вимірювання, створення гіпотези, її перевірка, аналіз результатів вимірювань приведе до створення теорії. Це є науковий метод, застосування якого спричинило до виникнення фізики. Можемо переконливо стверджувати, що фізика разом з математикою та інформатикою є підставою для розвитку техніки, сучасної цивілізації, продовжуючи людям життя та створюючи їм комфорт.

Саме фізика створила науковий метод прогнозування майбутнього, що привело до конструювання складних машин, які полегшили працю людині.

Спочатку проводили спостереження, тоді вимірювання, далі обчислення. Нині опрацювання даних здійснює комп'ютер. Комп'ютерні програми полегшують опрацювання великої кількості даних, перевірку гіпотези, підтвердження її. Та найважливішим у цьому ланцюжку є творча людина з її переконаннями проводити наукові дослідження і ефективність наукового методу – методу застосування спостереження, вимірювання, створення гіпотези та їхньої перевірки, формулювання законів природи. Законів, які дають змогу зрозуміти природні явища.



*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

Орлянський Олег. Геометрична оптика і фальсифікації

3

2. Фізика світу

Шопа Галина. “Батько оптики”

10

3. Олімпіади, турніри...

Умови задач IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (Запоріжжя, 2015)

14

4. Творчість юних

Левочко Войцех. Як їхати на велосипеді, аби не змокнути – розмірковує фізик

22

5. Гумор

25

6. Олімпіади, турніри...

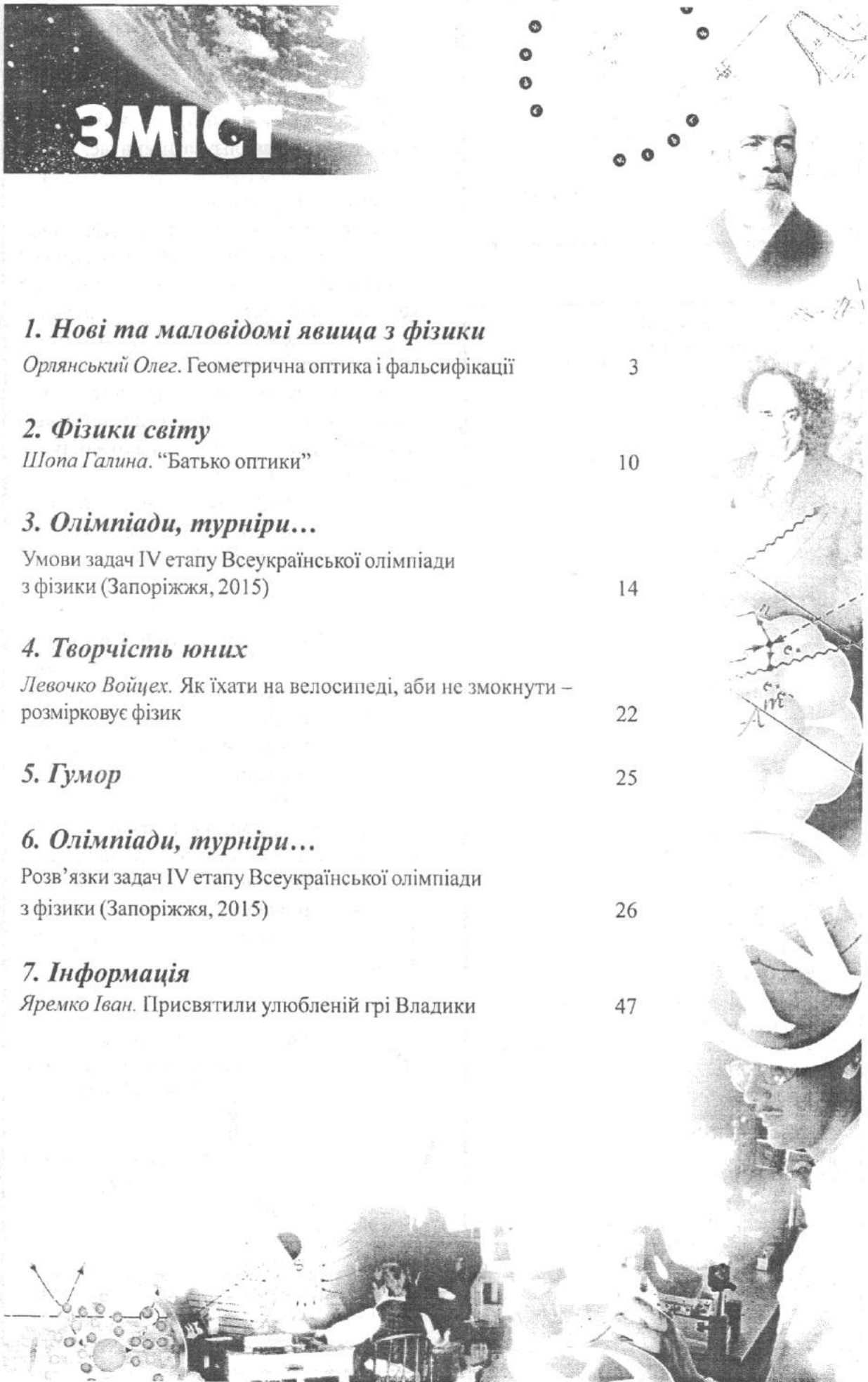
Розв’язки задач IV етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (Запоріжжя, 2015)

26

7. Інформація

Яремко Іван. Присвятили улюбленій грі Владики

47

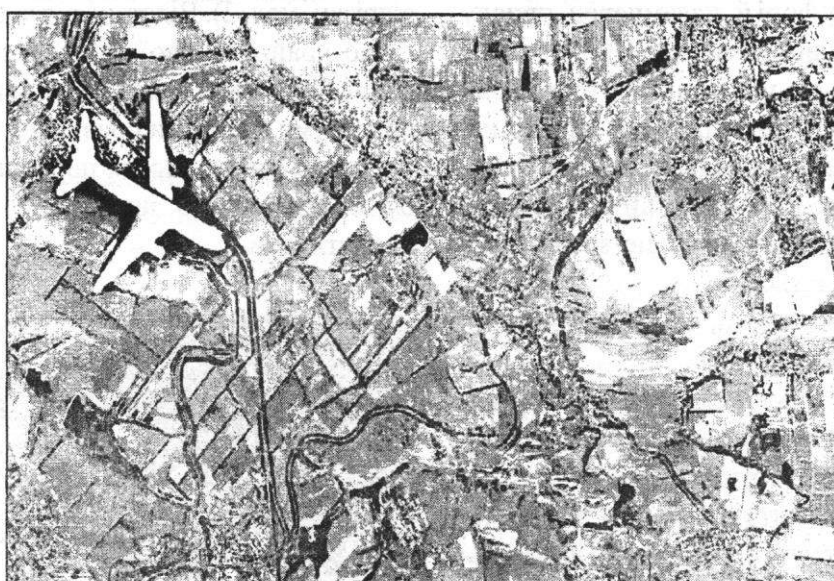




ГЕОМЕТРИЧНА ОПТИКА І ФАЛЬСИФІКАЦІЇ

Олег Орлянський,
кандидат фізико-математичних наук,
Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

Чисте небо не боїться блискавки й грому
Григорій Сковорода



Мал. 1

Дивною привабливістю для юного розуму володіють загадки і таємниці. Мій розум, мабуть, так і не подорослішав – мене досі приваблюють детективні історії на зразок тих, які розповідав Конан Дойль у знаменитих записках про Шерлока Холмса, або тих, які підносить сама пані Історія, вишукуючи загадки з глибоких кишень минулого.

Та ще більше мене захоплювали таємниці Природи, хвилююча прохолода непізнаного, чудова нагода здогадатися першим і зрозуміти. Напевно, тому я став фізиком.

Згодом я дізнався, як фізика пояснює загадкові історії, що сталися з людьми, і сприяє викриттю історичних загадок, які хвилюва-

ли людство. У цьому їй часто допомагають криміналістичний аналіз з валізою точних фізичних інструментів і радіоізотопний аналіз, що дає змогу датувати події минулого. Вони як дві працюючі мурашки у величезному мурашнику різноманітних можливостей, які надає фізика.

За шкільною програмою з фізики у 7-му класі школярі вивчають геометричну оптику. Навіть у своїй простій початковій частині, ще до вивчення лінз і заломлення світла, вона дає змогу семикласникам відчути себе хитро-мудрими детективами.

Не вірите? Переконайтеся самі!



За твердженням зловмисника перед нами світлина літака (мал. 1), яку зроблено з космосу військовим супутником на низькій орбіті.

Проаналізуймо, чи так це, і чи не намагаються нас ошукати.

Насамперед, уважно розгляньмо світлину.

На землі видно лінії доріг, поля і, ймовірно, якісь населені пункти.

Придивіться до дещо розмитого силуета літака на їхньому фоні й, насамперед, прислухайтесь до своїх відчуттів...

Вам не здається, що літак сфотографований з меншої відстані, ніж його висота над землею? Мені, наприклад, здається.

Подивіться ще раз. Якщо ви зі мною погоджуєтесь, залишається лише зрозуміти – чому нам так здається?

Адже якщо ми праві, то перед нами не супутникова світлина.

Будь-які супутники літають набагато вище і швидше, ніж літаки, там, де вже майже нема повітря, щоб гальмувати їхній рух.

Будь-які літаки літають набагато нижче і повільніше, ніж супутники, там, де достатньо повітря, щоб забезпечити підймальну силу крил.

Як не дивно, розібратися в причинах власних сумнівів чи недовіри до чогось буває досить непросто. Наш неусвідомлений досвід подає тривожний сигнал, але пояснити його раціонально виходить не завжди. Якщо люди не знаходять розумних пояснень своїм передчуттям, вони зазвичай посилаються на інтуїцію. Це не наш шлях! Інтуїцію не вважають аргументом у суперечці. Потрібні логічні обґрунтування, розшифрування інтуїтивних відчуттів.

Ще раз придивімося до світлини. Таке враження, що літак своїм силуетом закриває на поверхні землі дуже велику територію,

увесь населений пункт, який мусить значно перевищувати розміри найбільшого літального апарата. Та навіть без цього форма і пропорції літака змушують замислитись.

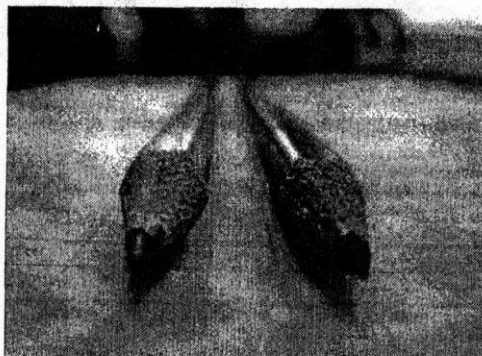
Лівий двигун повернутий до корпусу, а правий – ні. Якщо виміряємо довжини крил, то ліве крило літака, яке є далі від нас, виявиться трохи коротшим, ніж праве (для порівняння до передніх та задніх країв крил прикладено, відповідно, однакові за довжиною відрізки, мал. 2). Відстань від кінця лівого крила до крайньої лівої точки хвостового оперення, очевидно, менша, ніж відстані між аналогічними крайніми правими точками літака.

Хтось скаже, що це перспектива, що так буває завжди: що далі предмет, то меншим він виглядає.



Мал. 2

Абсолютно правильно! Якщо ми поблизу фотографуємо щось велике, наприклад, літак, то що далі від фотоапарата його деталі, то меншими вони вийдуть на світлині.



Мал. 3

На мал. 3 добре видно як з віддаленням зменшуються розміри олівців. Ця світлина зроблена з відстані, втричі меншої, ніж довжина олівця.

На мал. 4 ці ж олівці сфотографовані з відстані, втричі більшої від довжини олівця, далі світлину збільшили. Тепер помігити звуження олівців непросто.

Якщо ж фотографувати з відстані в тридцять довжин олівця, то на збільшеній світлині розгледіти звуження буде майже неможливо. Ми побачимо паралельні олівці з постійною товщиною уздовж всієї довжини.

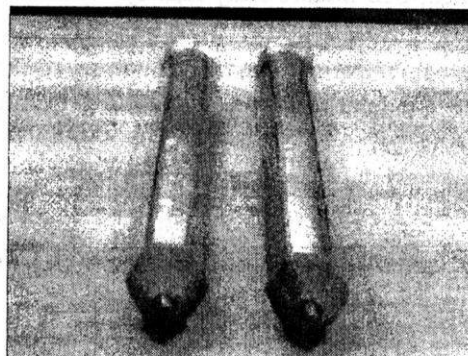
За такими ось деталями можна зрозуміти, з якої відстані було зроблено світлину, незалежно від того, користувався фотограф збільшенням під час знімання чи після нього. Звичайна геометрія.

Напрошується висновок, що літак сфотографовано (якщо це, звичайно, світлина) з порівняно невеликої відстані, що відповідає кільком його розмірам. Явно не з супутника.

Тепер розгляньмо місцевість під літаком.

Чи справді під ним населений пункт?

На оригіналі "світлин" літак перебуває на північному сході від донецького аеропорта.



Мал. 4

Існує кілька безкоштовних програм, що дають змогу користуватися супутниковими картами. Одна з них GoogleEarth. Встановіть її собі на комп'ютер і наберіть у пошуковому рядку: донецький аеропорт.

На північному сході від нього швидко знайдете характерний вигин дороги і з'ясуєте, що населений пункт під літаком називається Пантелеймонівка (будьте уважні, за 18 км на північний захід є маленьке село з такою ж назвою).

Дивлячись на мал. 2, промасштабуйте супутниковий знімок і за допомогою зручного інструменту "Лінійка" проведіть на ньому лінію, що відповідає довжині літака. На мал. 5 зображено результат.

Довжина лінії на місцевості майже 4,5 км. Якби світлин літака було зроблено з висоти орбіти супутника, це означало б, що літак має довжину 4,5 км, що абсолютно абсурдно.

Найбільший у світі літак АН-225 Мрія був спроектований і створений у Києві в конструкторському бюро ім. Антонова. Його довжина 84 метри. За твердженням зловмисника на його "світлин" Боїнг-777-200ЕК завдовжки 64 м, що летить на висоті 10 км.



Отже, розв'яжімо таку задачу.

Визначте, на якій висоті h над літаком, що летить, є точка спостереження, якщо літак завдовжки $l = 64$ м закриває собою $L = 4,5$ км поверхні землі.

Літак летить на висоті $H = 10$ км.

На схематичному мал. 6 шукана точка спостереження O є вершиною двох подібних трикутників OAB і OCD , основи яких

$$AB = l \text{ і } CO = L$$

відносяться як відповідні висоти h до $h + H$, тобто,

$$\frac{l}{L} = \frac{h}{h + H}$$

Звідси, знаходимо, що

$$h = \frac{lH}{L - l} \approx 144 \text{ м.}$$

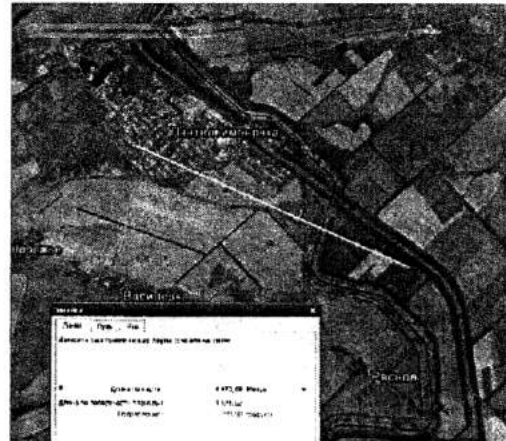
Точна відповідь може трохи відрізнятись від цієї. Це пов'язано з тим, що точка спостереження O зміщена трохи праворуч від курсу літака (мал. 2), а наші вимірювання відстані мають похибку.

Округлимо відповідь до 150 м.

Така висота, звичайно, ніякого стосунку до супутників не має, тому що їхні орбіти віддалені від поверхні Землі більше, ніж на 150 км.

Під час фотографування зі справжнього супутника, літак буде закривати на місцевості площу, трохи більшу від власної.

Подивіться на мал. 6 і подумки підніміть точку O на дуже велику висоту. Промені, що виходять з точки O і стосуються точок A і B літака, стануть майже паралельними, і відстань між точками C і D впритул наблизиться до AB . Цей ефект не залежить від типу фотокамери, якою ви користуєтесь, а пов'язаний з прямолінійним поширенням променів світла в повітрі.



Мал. 5

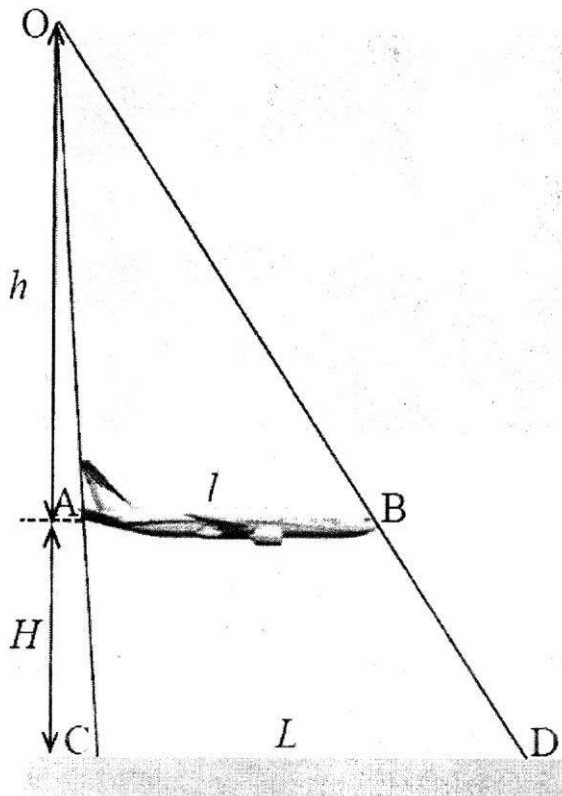
Уявіть, що в аеропорту ви вирішили сфотографувати щось і зайшли під фюзеляж літака, що там стоїть. Підніміть голову догори. Літак закриває блакить неба із численними білими хмарами. Яку б фотокамеру ви не тримали в руках, вона не дасть змоги сфотографувати небеса. А тепер, уявіть, що цей же літак пролітає високо над аеродромом, але трохи нижче від хмар. Його силует не закриває навіть маленької хмаринки, і ви можете зробити чудову світлину.

Як бачимо, і пропорції літака (мал. 2), і порівняння його розмірів з місцевістю однозначно свідчать про те, що ніякого стосунку до супутникової світлини рис. 1 не має.

До речі, про місцевості. Ви звернули увагу, що на справжній світлині із супутника з GoogleEarth (мал. 5) у лівій верхній частині вказано дату знімання із супутника 27 липня 2014 року?

Цю дату було обрано не випадково.

Зловмисник стверджує, що його світлину зроблено 17 липня 2014 року. З усіх мап місцевості, а їх у GoogleEarth є чимало, я вибрав ту, яка за часом була якомога ближчою. Різниця



Мал. 6

лише 10 днів, а відмінності мал. 2 від мал. 5 у кольорі полів, численних дрібних деталях, досить суттєві.

Погортавши в Google мапи, можна знайти карту за 18 вересня 2011 року, яку, мабуть, і було взято для фальсифікації ділянки з вигином дороги.

Щоб довести це, придивімось до правого нижнього кута мал. 1. Його збільшення зображено на мал. 7.

Як ви думаєте, що це за три темні плями у верхній частині мал. 7 і дві білі в нижній? Зверніть увагу, що перша і друга темні плями в чомусь повторюють форму білих плям. Білі плями – це хмари, а темні – їхні тіні.

Тіні – ще один додаток геометричної оптики, яким ми поки-що не користувалися. Час надолужити згаяне.

Перевірмо гіпотезу про хмари за Google картою за 18 вересня 2011 року.

На мал. 8 зображено відповідний фрагмент карти, схожість якого з мал. 7 не може бути випадковою. На мал. 8 також відсутня третя хмара (її передбачуване місце розташування я позначив знаком запитання).

Відсутність хмари на Google мапі цілком зрозуміле, а от на сфальсифікованій світлині – ні.

Річ у тім, що Google мапи щодня поповнюються новими супутниковими світлинами. Супутник не може зробити докладну світлину всієї земної поверхні відразу. Тому в міру надходження нових світлин, на них обрізають неякісні краї, й отримані листи нових карт накладають на вже існуючі.

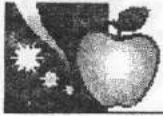
На мал. 8 знак запитання потрапив у затінену ділянку. Як можна переконатися в GoogleEarth, ця ділянка датується 13 вересня 2011 року. Отже, праву затінену частину карти (мал. 8) було зроблено на п'ять днів раніше, ніж ліву. Зрозуміло, що ніякої хмари тоді ще не було.

Щодо “супутникової світлини”, то її оригінал по-військовому чітко відмаркований:

UTC 1:19:47 JUL 17, 2014

Це означає, що світлину зроблено 17 липня 2014 року о 1-ій годині 19 хвилин 47 секунд за всесвітнім координованим часом (UTC), тобто, всі деталі сфотографовано одноментно.

Бажаючи нас ошукати, зловмисник замість правої затіненої частини приєднав іншу супутникову мапу, а тоді у фоторедакторі спробував замаскувати підроблення (придивіться уважно до мал. 7 і порівняйте з мал. 8). Однак в силу своєї обмеженості, поганої уяви та



Мал. 7

знання фізики він допустив дуже багато помилок, частину з яких під силу знайти семи-класнику, який щойно почав вивчати оптику. Зловмисник, напевно, думав, що якщо він погіршить якість світлини, то зробить неможливим встановлення істини, але він прорахувався. У буквальному сенсі. У сонячний день дві хмари не можуть відкидати три тіні.

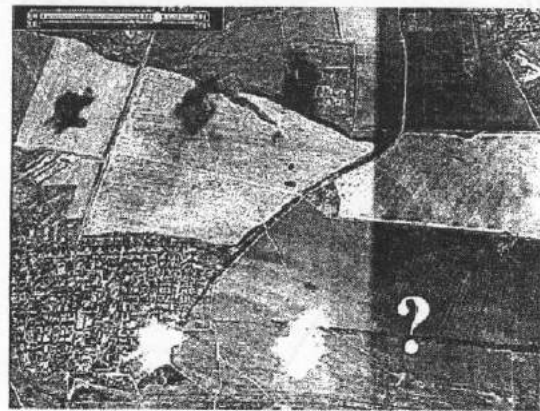
Як бачимо, “супутникова світлина” – це лише низькопробний фейк. Додаткові докази, очевидно, зайві. І все ж, не хочеться обривати розмову про геометричну оптику, так цілком і не поміркувавши, про що ще можуть розповісти тіні на світлинах.

Великі тіла, переважно, відкидають великі тіні, малі тіла – малі. Розмір тіні залежить не лише від висоти тіла, а й від довколишнього рельєфу. Рельєф також впливає на форму тіні та освітленість місцевості. Вранці та ввечері тіні довгі, удень – короткі. Напрямок тіні упродовж дня змінюється. На цьому засновано функціонування сонячного годинника.

Що там зловмисник стверджував щодо часу супутникової світлини?

Перша година ночі і приблизно 20 хвилин за всесвітнім координованим часом?

Зайдімо в Інтернет і проаналізуємо.



Мал. 8

З’ясуємо, що літній час в Україні відрізняється на три години, тобто, в Україні було двадцять хвилин на п’яту. Майже за півгодини до сходу сонця в Донецьку (див., наприклад, [Online calculator](#)).

Які можуть бути тіні на світлині в цей час і звідки така контрастність полів і населених пунктів?

З коментарів до світлини дізнаємося, що, час на ній зазначено у 12-годинному форматі. До того ж, мається на увазі не нічний час доби, а денний.

Ну-й-ну...

У 12-годинному форматі завжди додають АМ (ante meridiem – “до полудня”) або РМ (post meridiem – “після полудня”). Інакше безглуздо використовувати час, що дає похибку в 12 годин.

До речі, у UTC зазвичай 24-годинний формат.

А от у США, Канаді, Австралії, частково у Великій Британії та інших англomовних країнах поширений 12-годинний формат. Правда, він ніякого стосунку до UTC не має.

Зловмисник про це не підозрював, а само впевненість не дала йому змоги перевірити в Інтернеті.



Він, думаючи, що проставляє 12-годинний формат, мабуть, хотів надати своїй фальшивці велику переконливість і натякнути на приналежність супутника-шпигуна.

Ну, нехай. Припустимо навіть, що “світлинку” було зроблено о 16:20 год за київським часом. Це означає, що минуло вже чотири години після полудня. Сонце перемістилося на захід, і тіні мали б падати на північний схід. Чому тоді на мал. 7 вони спрямовані на північний захід?

Знову ляп.

У різних частинах фотомонтажу зловмисника тіні падають у різні боки, колір полів не відповідає сезону і таке інше...

Ми могли б поговорити й про інші (не пов’язані з геометричною оптикою) проколи зловмисника, що намагається нас ошукати. Однак, думаю, викладеного більше, ніж достатньо.

Багато хто, напевно, здогадалися, що історія зі псевдосвітлинкою має стосунок до трагедії малазійського Боїнга, збитого 17 липня 2014 року над територією, контролюваною ДНР. Це трагедія не лише 298 ні в чому не винних дорослих і дітей, а й членів їхніх сімей, рідних, друзів і знайомих. Це біль величезної кількості небайдужих людей у всьому світі, які не сприймають насильства і жорстокості.

Наука потребує свободи. Свободи думки, дискусій, отримання інформації.

Найважливішим критерієм інформації є її достовірність. Як відомо, знання без роздумів марні, а роздуми без знань небезпечні. Але подвійно небезпечні роздуми, засновані на помилкових знаннях.

Всі ми люди, і не можемо залишатися неупередженими до подій довкола. Інформація із зовнішнього світу проникає до нас, пере-

важно, оптичним каналом – через зіниці очей за законами геометричної оптики.

Як вам здається, на що більше подібні наші очі: на вікна у світ чи веб-камери, сигнал від яких можна підробити?

З анатомічного погляду очі подібні на дві веб-камери, з’єднані проводами зорових нервів з мозком.

На сітківку ока падає світло, викликаючи фотохімічні реакції в колбочках і паличках, через що зоровими нервами передаються електричні сигнали. Ці сигнали досягають спеціальної ділянки в потиличній частині мозку. Інтерпретація сигналів викликає зорові відчуття.

Чи можна спотворити інформацію на цьому короткому шляху всередині нас?

Звичайно. Про це свідчать оптичні ілюзії і той факт, що, напевно, кожна людина не раз помилково приймала щось одне за інше.

Система розпізнавання намагається пришвидшити процес опрацювання сигналів і поспішно підсовує нам вже готові образи.

Якщо задрімати в транспорті, що їде знайоמוю місцевістю, то, прокинувшись і, не впізнавши побачене за вікном, відчуваєш неприємне почуття розгубленості й паніки.

Якщо ж їхати якоюсь дорогою вперше, то подібних відчуттів не виникає.

Наш мозок – уважний цензор, який безперервно співставляє нову інформацію з наявною та оберігає нас від можливих неприємностей. Що ж тоді казати про автентичність спогадів! Тут викривлення можуть досягти вражаючих масштабів.

Фізика – модель довколишнього світу.

Наші уявлення про нього – те ж. Учений прагне зробити модель максимально точною, а вчитель – якомога точніше донести її до свідомості учня.

Як сказав Юліус Фучик “Правда переможе, але треба їй рішуче допомагати”.



“БАТЬКО ОПТИКИ”

В обґрунтуванні вибору року Генеральна Асамблея ООН у своїй резолюції зазначає, що 2015 рік є ювілейним для низки важливих праць в історії науки про світло. До таких, зокрема відноситься написання 1015 року праць з оптики Абу Алі аль-Хайсамом (Альхазеном).

Абу Алі аль-Хайсам – арабський учений – математик, механік, фізик і астроном. Він народився 965 року в Басрі (Персія, нині Ірак). Помер у Єгипті 1039 року в Каїрі. У середні віки в Європі згадувався під латинським іменем Альхазен (Alhazen).

Абу Алі аль-Хайсам здобув освіту в Басрі та Багдаді, подорожував Єгиптом та Іспанією. Велику частину свого життя провів у Іспанії, де проводив дослідження в галузі оптики, математики, фізики, медицини і розвитку наукових методів. Абу Алі аль-Хайсам завдяки своїм видатним здібностям у рідній Басрі обіймав посаду візира¹, проте любов до науки спонукала його залишити цю посаду і зайнятися лише наукою.

Коли до єгипетського халіфа² Ібн аль-Хакіма дійшли чутки, що Абу Алі аль-Хайсам



Абу Алі аль-Хайсам
(965–1040)

розробив проект регулювання вод Нілу, де планувалося збудувати греблю нижче від Асуана, він запросив ученого до Єгипту. Аль-Хакім, попри свою жорстокість до ворогів, був покровителем наук. В його будинку були астрономічні прилади, він зібрав бібліотеку, яка була другою за важливістю та кількістю зібрань.

Однак, об'їздивши вздовж Нілу за течією і проти, Ібн аль-Хайтам зрозумів, що його ідея регулювати потік води за допомогою великих конструкцій не буде працювати і переконався у неможливості здійснення цього проекту через недосконалість технічних засобів того часу.

¹Візир – у мусульманських монархіях титул сановника вищого рангу (аналог європейського прем'єр-міністра), політичного або релігійного радника султана або халіфа. Візир був другою особою в державі після халіфа.

²Халіф (з арабського – наступник, заступник) – титул ісламського правителя, як керівника віруючих і наступника Мухамеда, верховного глави ісламської общини, якого вибирали для здійснення духовного і світського керування в ісламському світі.



Дізнавшись про це, халіф розчарувався у здібностях ученого і призначив його на адміністративну посаду. Спочатку той прийняв пропозицію халіфа, та незабаром зрозумів, що Ібн аль-Хакім був небезпечним правителем, якому не можна довіряти.

Ібн аль-Хакім посадив ученого під домашній арешт і конфіскував його майно. Щоб врятувати своє життя, Ібн аль-Хайсам був змушений симулювати божевілля до самої смерті аль-Хакіма. За його наступників він отримав свободу і мешкав у пошані до самої смерті поблизу мечеті у Каїрі. Писав тексти, викладав математику і заробляв гроші, копіюючи тексти.

Достовірних даних про вченого небагато. Є відомості, що він повернувся з Єгипту до Сирії, інші джелела пишуть, що він короткий час був у Багдаді, деякі, – що під час свого “божевілля” мешкав у Басрі.

Однак відомо, що у той час він написав понад 90 праць, більшість з них присвячені математиці, астрономії, оптиці та механіці.

Ібн аль-Хайсам поєднував у своїх наукових заняттях ретельні експерименти зі строгими математичними доведеннями. Нерідко його називають “батьком оптики”.

На честь вченого названо кратер на Місяці та астероїд.

У “Книзі коментарів до вступу до “Начал Евкліда” Ібн аль-Хайсам намагався довести п’ятий постулат Евкліда. Його доведення було помилковим, але саме він уперше розглянув так званий “чотирикутник Ламберта”, у якого три внутрішні кути прямі. Він сформулював три можливі варіанти для четвертого кута: гострий, прямий, тупий. Обговорення цих трьох гіпотез багато разів виникало у пізніших дослідженнях п’ятого постулату.

У трактаті “Про вимір параболічного тіла” Ібн аль-Хайсам приводить формули для суми послідовних квадратів, кубів і четвертих степенів та низку інших формул для сум рядів. За допомогою цих формул він проводив обчислення, рівносильне обчисленню означеного інтеграла.

У трактаті “Про ізопериметричні фігури” Ібн аль-Хайсам зробив спробу довести, що коло має найбільшу площу з усіх фігур рівного периметра, а куля – найбільший об’єм з усіх тіл з рівними поверхнями.

Ібн аль-Хайсаму належать також праці “Про квадратуру кола”, “Про вимір кулі”, “Про побудову семикутника”, “Про побудову п’ятикутника, вписаного в квадрат”, “Про властивості висоти трикутника”, “Про циркулі для конічних перетинів”, “Про витяг кубічного кореня”, “Про параболі”, “Про гіперболи”, “Про магічний квадрат”. Відомо також, що він застосовував геометричні методи для розв’язку рівнянь 4-го ступеня.

Ібн аль-Хайсаму належить фундаментальна праця з оптики – “Книга оптики” в семи книгах.

У першій книзі Ібн аль-Хайсама стає очевидним, що його дослідження світла ґрунтуються на експериментальних даних, а не на абстрактній теорії. Він зазначає, що світло, незалежно від джерела (наприклад, сонячне світло, світло від вогню, або світло, відбите від дзеркала), має одну й ту ж природу. Він дає перше правильне пояснення бачення, показуючи, що світло відбивається від об’єкта в око.

У галузі фізіологічної оптики він дав опис будови ока, слідуючи давньогрецькому вченому Галену (131–211 рр. після Р. Х.), і на дослідній основі доводив неспроможність поглядів



давньогрецьких учених Платона та Евкліда про світло як про промені, які виходять з ока і “обмацують” предмети.

Ібн аль-Хайсам висунув власну теорію, за якою “природне світло і кольорові промені впливають на око”, а “зоровий образ отримується за допомогою променів, що випромінюються видимими тілами і потрапляють в око”. Він вважав, що кожній точці спостережуваного предмета відповідає деяка точка ока, яку воно сприймає. Він дав правильне уявлення біокулярного зору, а також висловив припущення про скінченність швидкості світла.

Дослідження оптики привело ученого до використання камери-обскури, проведення дослідів із заломлення світла та експериментів з різними видами дзеркал (пласкими, сферичними тощо).

У другій книзі з оптики учений обмірковує візуальне сприйняття, а в третій – розглядає умови, які потрібні для гарного зору та помилки, що викликають поганий зір.

У четвертій книзі найважливішим є аналіз теорії відображення. Ібн аль-Хайтам подав експериментальне доведення дзеркального відображення випадкових, а також важливе значення світла, повне формулювання законів відображення та опис конструкції і використання мідного інструменту для вимірювання відбиття від сферичної, циліндричної, конічної площин і дзеркал, опуклих чи увігнутих.

У шостій книзі оптики учений вивчав помилки в баченні через відображення, а також розглядав заломлення.

Складалося враження, що він шукав закон заломлення, який йому не вдалося виявити, та його “пояснення” заломлення, звичайно, є частиною історії формулюванні цього закону. Пояснення, засноване на ідеї, що світло – це рух, який допускає змінну швидкість.



Ібн ал-Хайсам показав, що кут падіння не пропорційний до кута заломлення. Ґрунтовніше, ніж Птолемей, розглянув явище астрономічної рефракції. Оцінивши кут занурення Сонця під горизонт у момент початку ранішніх сутінків, визначив висоту земної атмосфери в 52 000 кроків. Першим згадав про збільшувальну дію скляного сферичного сегменту.



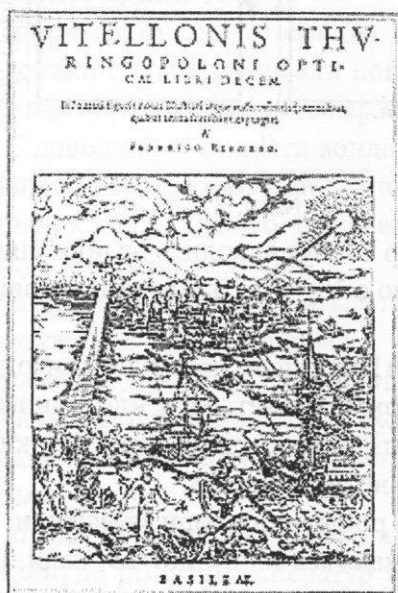
У XII сторіччі цей твір було перекладено латинською мовою під назвою “Скарб оптики” (лат. *Opticae thesaurus*), і він зробив великий вплив на розвиток оптики в Європі. Перший значний європейський твір з оптики, “Перспектива” Е. Вітелло¹ є в значною мірою опрацювання трактату Ібн аль-Хайсама.

Ібн аль-Хайсам написав також низку трактатів про запальне скло і трактати “Про світло Місяця”, “Про гало і веселку”, “Про власності тіней”.

Ібн ал-Хайсаму також належить низка творів з астрономії та геодезії. “Про світло світил”, “Про форми затемнень”, “Про рух Мі-

сяця”, “Про визначення полюса з найвищою точністю”, “Про паралакс Місяця”, “Про часові лінії”, “Про сутність слідів, видимих на поверхні Місяця”, “Про визначення азимута кібли” (кіблою називають напрям на Мекку), “Про визначення меридіана лише за тінню”, “Про горизонтальний сонячний годинник”, “Про відмінності в висотах світил”, “Про способи спостережень”, “Про визначення відстані між двома містами за допомогою геометрії” та інші.

У “Книзі про форму світу” Ібн ал-Хайсам розвиває викладені ал-Фаргані та ал-Хазином ідею про масивні ефірні орбіти планет.



Титульний аркуш “Оптики” Вітелло (Базель, 1572)

¹Еразм Ціолек *Витело* (пол. *Erazmus Ciolek Witelo*, бл. 1220 – бл. 1280) – середньовічний учений, поляк по матері та німець по батькові. Навчався бл. 1250 року у Сорбонні. Був у дружніх стосунках з Вільгельмом з Мербеке, якому присвятив свою “Оптику” в 10 книгах, яку написав між 1270 і 1278 роками.

Цей твір є опрацюванням “Книги оптики” Ібн аль-Хайсама. Основу оптики Вітелло становить неоплатонівська метафізика світла. Він розглядав вивчення світла як засіб введення математичної певності в науку про природу. Експериментальне мистецтво в галузі оптики досягає у Вітелло вельми високого рівня. Досліджуючи веселку, він сконструював найкращу для свого часу призму для вивчення спектра. Вітелло розглядав також естетичне значення окремих кольорів та якостей спостережуваного предмета.

Трактат Вітелло істотно вплинув на майбутніх учених, аж до Леонардо да Вінчі та Йоганна Кеплера. Перший трактат Кеплера з оптики називається “Доповнення до Вітелія” (виданий 1604 року).

УМОВИ ЗАДАЧ ІV ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Запоріжжя, 2015)

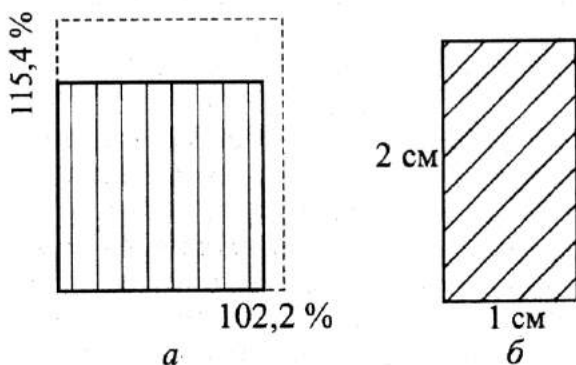
8 клас

Задача 1.

Квадратна пластинка, що зроблена з анізотропного матеріалу, під час нагрівання до деякої температури розширюється у вертикальному напрямку в $k = 1,154$ раза, а в горизонтальному – у $n = 1,022$ раза.

На мал. 1, a напрямком найбільшого розширення матеріалу зображено прямими лініями.

З цієї пластинки вирізають прямокутний фрагмент (мал. 1, b) так, що напрямком найбільшого розширення становить кут 45° з основою, його також нагрівають до тієї ж температури.



Мал. 1

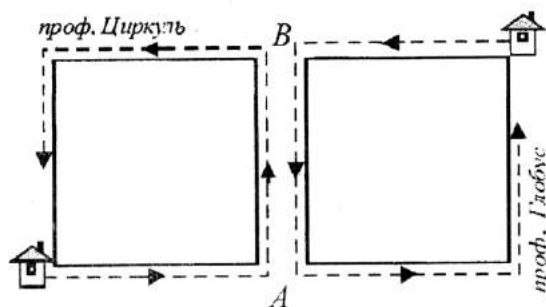
У скільки разів збільшаться під час нагрівання довжини бічних сторін та площа фрагменту?

Вказівка. Анізотропними називають матеріали, що мають різні фізичні властивості в різних напрямках.

Задача 2.

Щовечора професор Глобус та професор Циркуль виходять на прогулянку й роблять “коло”, кожен довкола свого кварталу.

Квартали – однакові квадрати.



Мал. 2

Професор Глобус виходить на прогулянку завжди точно о 18^{00} год і йде вулицею повільно.

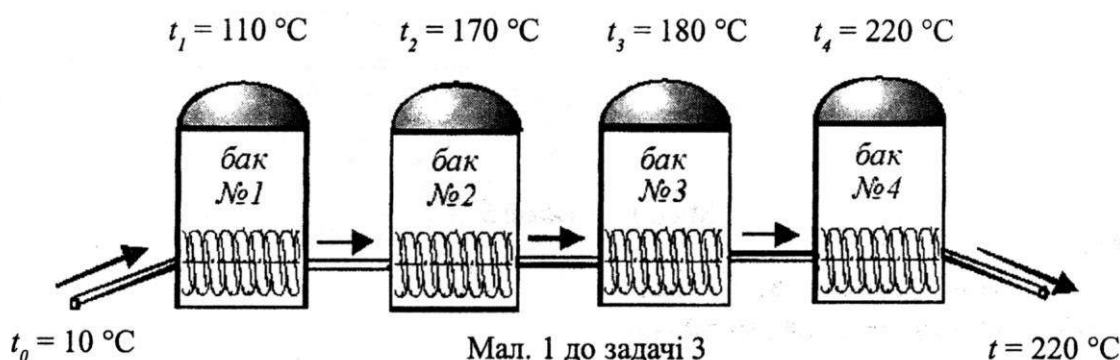
Професор Циркуль на прогулянку виходить тоді, коли йому заманеться та йде швидко.

Швидкості професорів від прогулянки до прогулянки не змінюються.

За багато років професори зауважили, що вони зустрічаються на вулиці AB , коли професор Циркуль виходить з дому в проміжок часу з 18^{05} до 18^{40} год.

1. У скільки разів швидкість професора Циркуля більша від швидкості професора Глобуса?

2. Скільки часу триває прогулянка професора Глобуса?

**Задача 3.**

У цеху встановлено чотири баки, в яких відбуваються хемічні реакції з виділенням тепла.

Баки мають систему охолодження – охолоджувальну рідину прокачують крізь систему послідовно з'єднаних змійовиків (мал. 1).

До того ж, в кожному баку встановлюється постійна температура реагентів: 110; 170; 180 та 220 °C (за початкової температури охолоджувальної рідини 10 °C).

Попри гарну теплоізоляцію баків, вони все ж таки сильно нагрівали повітря в цеху. Тому для підтримування температури повітря 20 °C доводилося вмикати кондиціонери.

Запропонуйте новий спосіб послідовного з'єднання баків, для якої нагрівання повітря у цеху було б мінімальним.

На скільки відсотків вдасться тоді зменшити потужність кондиціонерів?

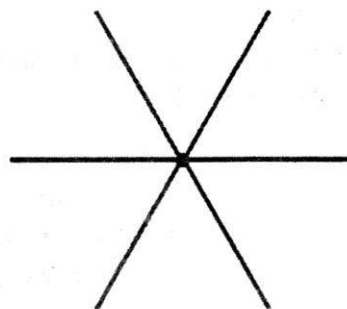
Вважайте, що якість змійовиків дуже висока й на виході кожного з них охолоджувальна рідина має температуру рідини, що охолоджується.

Потоки тепла з баків у повітря прямо пропорційні до різниці температур усередині та зовні баків.

Витік тепла в повітря настільки малий порівняно з відбором тепла крізь теплообмінники, що ним можна знехтувати.

Задача 4.

В одному з проєктів марсоходу його колеса зроблені з шести пластин-стрижнів, довжиною $a = 10$ см кожна (мал. 1).



Мал. 1

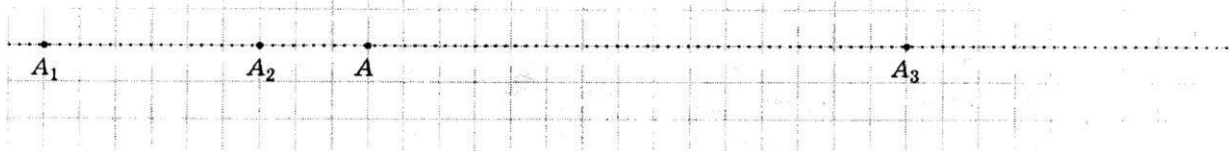
У стандартному режимі руху горизонтальною поверхнею колеса марсохода обертаються рівномірно, а сам він переміщується зі швидкістю $v = 1$ см/с.

Знайдіть максимальну швидкість точок колеса марсохода.

Яку максимальну висоту перешкоди може переїхати марсохід, не зачепивши її верхівку?

Які точки колеса описують траєкторії максимальної довжини?

Побудуйте таку траєкторію та вкажіть її довжину за один оберт.



Мал. 1 до задачі 5

Задача 5.

На мал. 1 зображено світну точку A та три її зображення, що отримані за допомогою оптичної системи, яка складається з лінзи та великого плоского дзеркала.

Відомо, що зображення A_1 та A_2 уявні, а зображення A_3 – дійсне. Усі точки лежать на головній оптичній осі лінзи, перпендикулярній до площини дзеркала.

Накресліть можливі розташування елементів оптичної системи.

Визначте межі ділянки, звідки можна побачити всі три зображення.

Задачі запропонували:

Є. П. Соколов (1–3),

О. Ю. Орлянський (4),

І. М. Гельфгат (5).

9 клас

Задача 1.

Прямий відрізок алюмінієвого дроту утримують за нитку AB над широкою посудиною з водою (мал. 1).

Верхню точку A нитки починають опускати зі швидкістю $v = 1$ см/с.

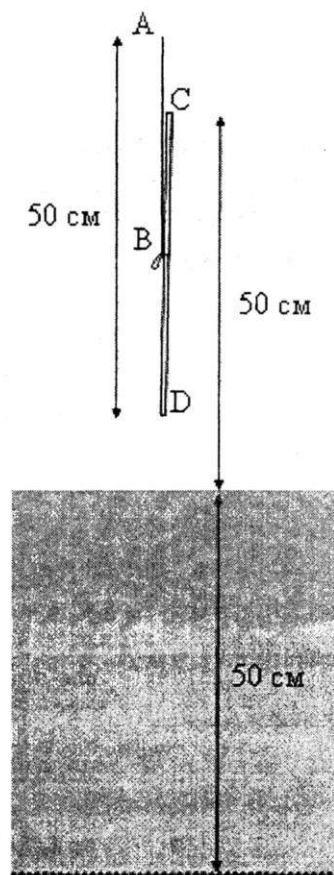
Побудуйте:

1. Графік залежності сили натягу нитки від часу;

2. Траєкторію верхньої точки C дроту.

Опором води знехтуйте.

Довжина дроту CD – $l = 40$ см; площа перерізу – $S = 1$ мм²; густина алюмінію – $\rho = 2,7$ г/см³; відстань BD – $h = 21$ см; пришвидшення вільного падіння – $g = 9,8$ м/с²; довжина відрізка AD – $b = 50$ см.

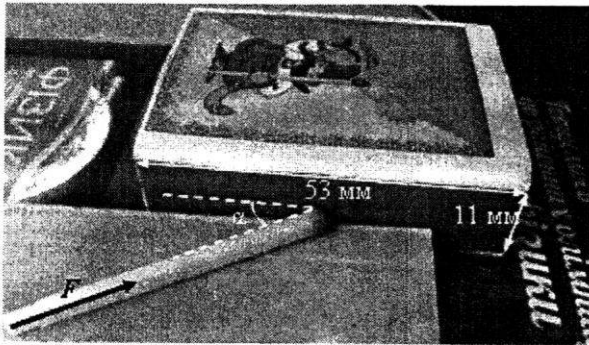


Мал. 1

Задача 2.

Сірник запалили, провівши ним уздовж половини довжини спеціальної смужки на сірниковій коробці (мал. 1).

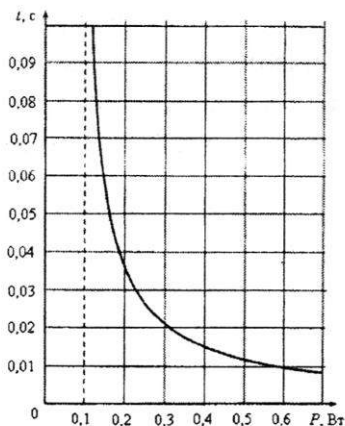
Сірник рухався рівномірно під кутом $\alpha = 60^\circ$ до поверхні. Уздовж нього було прикладено силу $F = 1$ Н.



Мал. 1

1. Вважаючи, що половина виконаної роботи пішла на нагрівання речовини в ділянці контакту голівки сірника, оцініть, яка маса цієї речовини нагрілася до температури загорання $250\text{ }^\circ\text{C}$ (питома теплоємність речовини $c = 1\text{ Дж}/(\text{г}\cdot\text{К})$).

2. На експериментальному графіку (мал. 2) з урахуванням теплових втрат наведений час запалювання сірника залежно від переданої йому потужності. З якою швидкістю рухався сірник в описаному досліді?



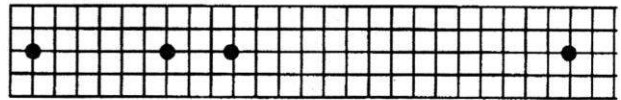
Мал. 2

Поясніть, чому за потужності, меншій від деякого значення (0,1 Вт на графіку) сірник взагалі не загорасться.

Варто зазначити, що робота залежить від кута між силою і переміщенням $A = F \cdot l \cdot \cos \alpha$.

Задача 3.

На малюнку зображено світну точку A та три її зображення, отримані за допомогою оптичної системи, що складається з лінзи та великого плоского дзеркала.



Відомо, що зображення A_1 та A_2 уявні, а зображення A_3 – дійсне.

Накресліть можливе розташування елементів оптичної системи.

Визначте межі ділянки, звідки можна побачити всі три зображення.

Задача 4.

Кабель повітряної лінії електропередачі має композитну структуру (довкола центральних сталевих оцинкованих дротин розташовані алюмінієві).

Кожен наступний шар навивають у напрямку, протилежному до попереднього.

На мал. 1 зображено кабель, що складається із 7 сталевих і 30 алюмінієвих дротин однакового діаметру $d = 2,2\text{ мм}$.



Мал. 1

Поясніть таку будову кабелю та визначте опір 1 км його довжини.

Як Ви вважаєте, зі скількох алюмінієвих дротин складається наступний шар у товстіших кабелях?

Визначте кут, під яким навивають дротини наступного шару.

Питоми опори сталі та алюмінію:

$$\rho_{\text{ст}} = 0,13\text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}, \quad \rho_{\text{ал}} = 0,027\text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}.$$

10 клас

Задача 5

Ділянка електричної схеми містить сім резисторів (див. мал.).

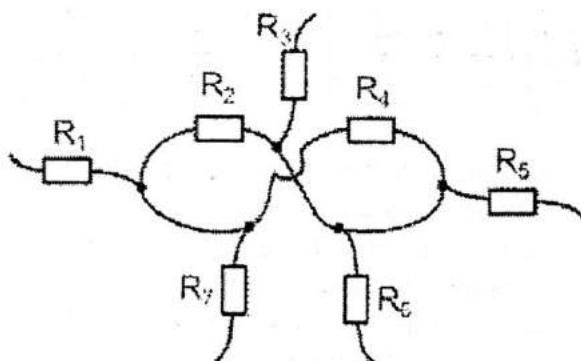


Схема коректно працює, якщо номінали вказаних резисторів дорівнюють їхнім номерам ($R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом і т. д.).

Резистор R_2 перегорів, і замінити його новим резистором номіналом 2 Ом неможливо.

Для відновлення працездатності схеми один із резисторів, що залишилися, замінили резистором іншого номіналу.

Який резистор було замінено?

Резистор якого номіналу впаяли замість нього?

Задачі запропонували:

О. Ю. Орлянський (1, 2, 4),

І. М. Гельфгат (3),

Є. П. Соколов (5).

Задача 1.

Пінгвіни обладнали невеликий айсберг під атракціон.

Айсберг отримав симетричну форму і горизонтальну крулу верхівку-майданчик радіусом r , що плавно переходить у гладенький схил для спуску у воду. Біля води схил знову стає горизонтальним, а айсберг набуває радіуса R (мал. 1).

Пінгвін, рухаючись прямолінійно, розганяється на горизонтальному майданчику, падає на лід і спускається донизу.

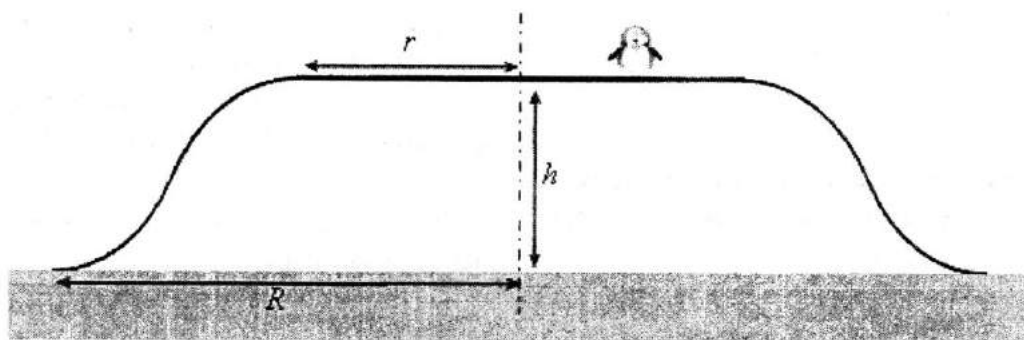
1. За якої умови пінгвін увійде у воду з максимальною швидкістю і скільки вона дорівнюватиме?

2. За якої умови пінгвін увійде у воду під мінімальним кутом до берегової лінії айсберга і скільки цей кут дорівнюватиме?

Опором повітря, тертям під час спуску схилом знехтуйте.

Вважайте, що під час спуску пінгвін не відривається від поверхні айсбергу.

Коефіцієнт тертя між лапами пінгвіна і поверхнею горизонтального майданчика буде $\mu = 0,5$. Висота надводної частини айсберга $h = 5$ м, радіуси $r = 5$ м, $R = 10$ м, $g = 9,8$ м/с².



Мал. 1 до задачі 1

Задача 2.

Кабель повітряної лінії електропередачі має композитну структуру. Довкола сталевих оцинкованих дротин розташовані алюмінієві.

Кожен наступний шар навивають у напрямку, протилежному до попереднього.

На мал. 1 зображено кабель, що складається з 7 внутрішніх сталевих і 30 алюмінієвих дротин однакового діаметру $d = 2$ мм.



Мал. 1

Поясніть таку будову кабелю та визначте опір 1 км його довжини.

Зі скількох алюмінієвих дротин складається наступний шар у товстіших кабелях та під яким кутом їх навивають?

Питомі опори сталі та алюмінію

$$\rho_{ст} = 0,13 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м},$$

$$\rho_{ал} = 0,027 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}.$$

Задача 3.

З планети радіусом 6400 км із пришвидшенням вільного падіння поблизу поверхні 10 м/с^2 готують запуск космічної обсерваторії (КО), яка б мала рухатися по орбіті планети, але "попереду" неї на відстані, що приблизно дорівнює 1,5 млн. км.

Планета є однорідною кулею, атмосфера та добове обертання відсутні. Вона рухається довкола центральної зорі коловою орбітою радіусом 150 млн. км зі швидкістю 30 км/с.

На планеті є тунель, що проходить діаметром планети якраз у напрямку орбітального руху планети.

1. Як можна застосувати цей тунель для економії палива під час запуску КО? Скільки відсотків палива можна зекономити?

Двигун КО розрахований на одне короткочасне вмикання. Згоряння палива можна вважати миттєвим.

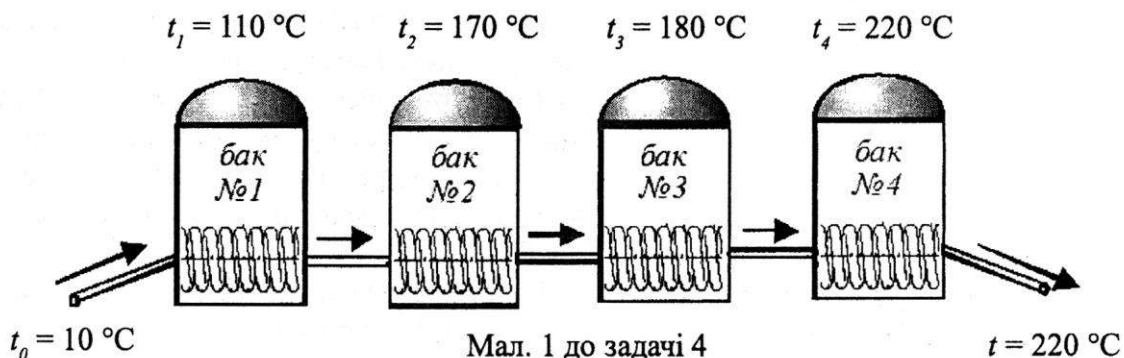
2. Як зміниться відстань між планетою та КО після одного повного оберту КО довкола зорі, якщо в заданому положенні її швидкість спрямована по дотичній до колової орбіти та дорівнює 29,99 км/с?

Задача 4.

У цеху встановлено чотири баки, в яких відбуваються різні хемічні реакції з виділенням тепла.

Щоб охолодити баки, організовано систему охолодження – охолоджувальну рідину прокачують крізь систему послідовно з'єднаних змійовиків (мал. 1).

До того ж, в кожному баку встановлюється постійна температура реагентів: 110; 170; 180 та 220 °C (за початкової температури охолоджувальної рідини 10 °C).



Мал. 1 до задачі 4

Попри добру теплоізоляцію баків, вони все ж таки сильно нагрівали повітря в цеху. Тому, щоб підтримати температуру повітря $20\text{ }^\circ\text{C}$, доводилося вмикати кондиціонери.

Запропонуйте таку послідовність з'єднання баків, для якої нагрівання повітря у цеху було б мінімальним.

На скільки відсотків вдасться тоді зменшити потужність кондиціонерів?

Вважайте, що якість змішувиків дуже висока й на виході кожного з них охолоджувальна рідина має температуру реагенту, що охолоджується. Потоки тепла з баків у повітря прямо пропорційні до різниці температур усередині та зовні баків з однаковим коефіцієнтом пропорційності.

Витік тепла з бака в повітря дуже малий порівняно з відбором тепла через змішувик, тому ним можна знехтувати.

Теплообміном між охолоджувальною рідиною та повітрям кімнати знехтуйте.

Охолоджувальну рідину подають у баки послідовно.

Теплова потужність хемічних реакцій у кожному баці постійна.

Задача 5.

Ділянка електричної схеми містить сім резисторів (див. мал.).

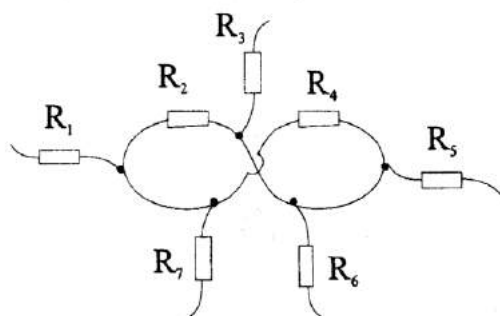


Схема коректно працює, якщо номінали вказаних резисторів дорівнюють їхнім номерам ($R_1 = 1\text{ Ом}$, $R_2 = 2\text{ Ом}$ і т. д.).

Резистор R_2 перегорів, а замінити його новим резистором номіналом 2 Ом неможливо.

Щоб відновити працездатність схеми одного із резисторів, що залишилися, замінили резистором іншого номіналу.

Який резистор було замінено?

Резистор якого номіналу впаяли замість нього?

Задачі запропонували:

О. Ю. Орлянський (1, 2),

І. М. Гельфгат (3),

Є. П. Соколов (4, 5).

II клас

Задача 1.

Постійне магнетне поле спрямоване уздовж осі Oz . Його індукція змінюється в просторі за законом $B = B_0(1 + y/L)$.

У площині $y = 0$ у поле влітає електрон, вектор початкової швидкості якого v_0 спрямований уздовж осі Oy .

Який напрямок середньої швидкості переміщення електрона за час набагато більший від періоду циклотронного обертання?

Оцініть її величину.

Задача 2.

Еластична гумова куля розширюється, об'єм кулі зростає з постійною швидкістю u .

На кулі сидить мурашка. У момент часу t_0 на поверхню кулі впала крихта хліба на відстані L від мурашки уздовж поверхні кулі.

Радіус кулі в цей момент часу R_0 .

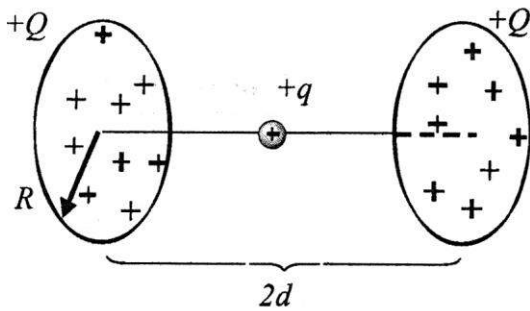
Мурашка голодна, й одразу почала рухатися у напрямку їжі, що може бути на поверхні кулі в точці падіння лише фіксований інтервал часу τ , а тоді злетить з поверхні кулі.

З якою швидкістю v має рухатись мурашка в напрямку крихти хліба, щоб гарантовано пообідати нею?

Розміри мурашки та крихти хліба значно менші, ніж розмір кулі.

Задача 3.

Заряджена мала намистинка може ковзати без тертя вздовж нитки, що з'єднує центри двох нерухомих паралельних рівномірно заряджених круглих пластин (мал. 1).



Мал. 1

Знайдіть період малих коливань намистинки поблизу положення рівноваги.

Заряди намистинки та кожної пластини однойменні й дорівнюють q та Q , відповідно. Маса намистинки дорівнює m , радіус пластин – R , відстань між пластинами – $2d$.

Задача 4.

Вода в електричному чайнику потужністю 2 кВт нагрілася від 20 до 100 °С за 4 хв.

Якщо потужність нагрівника чайника зменшили до 1,46 кВт, час закипання води збільшився до 8 хв.

Визначте:

1. Масу води в чайнику;
2. Час охолодження води від 100 до 95 °С після вимикання чайника.

Питома теплоємність води дорівнює 4,2 кДж/(кг·К), температура в кімнаті 20 °С, теплоємністю чайника знехтуйте.

Вважайте теплові втрати пропорційними до різниці температур води та повітря в кімнаті.

Задача 5.

Металеву пружину жорсткістю k використовують також як котушку (з активним опором

R_0) електромагнету, відштовхуючи підвішений на цій пружині як вантаж постійний магнет із силою, пропорційною до сили струму через неї: $F_M = \alpha I$.

Осердя електромагнету закріплене, разом з верхнім кінцем пружини.

У положенні рівноваги за відсутності струму рухомий електрод встановлюється точно посередині реостату з повним опором R .

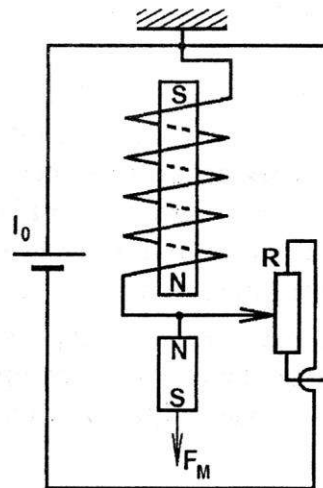
За наявності струму цей електрод зсувається на відстань x у напрямку дії сили F_M , змінюючи опір між рухомим електродом та крайнім виводом реостату на величину

$$\Delta R = \beta x.$$

Зсув x вважайте дуже малим порівняно з віддаллю між вантажем та осердям електромагнету.

Якою буде сила струму I_1 через пружину, якщо під'єднати до системи джерело сталого струму ($I_0 = \text{const}$, див. мал.)?

Перехідними процесами знехтуйте.



Задачі запропонували:

- I. О. Анісімов (1),
С. Й. Вільчинський, О. С. Томалак (2),
Є. П. Соколов (3),
І. М. Гельфгат (4),
О. І. Кельник (5).*



Як їхати на велосипеді аби не змокнути – розмірковує фізик¹

Войцех Левочко

Про що думає людина, яку застала злива, коли та їде на ровері? За винятком небагатьох, більшість людей у такому випадку мріє якнайшвидше добратися додому. З'ясуємо чи нелюбов до зливи у людини можна безпосередньо пояснити законами фізики. Можна легко довести – що швидше їхатимемо, то менше змокнемо. Це не так очевидно, якщо взяти до уваги, що зі збільшенням швидкості збільшується потік, тобто маса води за одиницю часу, що проникає в поверхню.

Як легко зрозуміти, підставою до теоретичних міркувань стала, очевидно, “мокра” злива.

Я не старався змушувати “мокру” голову думати – радше послухав би голос природи та змусив би ноги працювати краще, аби якнайшвидше опинитися під дахом і на “сухо” відповісти собі на запитання, як залежить намочнення від швидкості їзди змоклого.

Теплий чай, олівець в зубах, і як це часто буває у фізиків, починаємо зі створення для цього простої моделі. Треба намалювати малюнок!

Добрий малюнок – це половина роботи фізиків під час розв'язування фізичних завдань. Мал. 1 гарний, образний, та заскладний для цієї задачі. Треба щось простіше.

Другий малюнок значно кращий і простіший.

Нехай призма (мал. 2) символізує змоклого велосипедиста.



Мал. 1

Приймемо таке припущення:

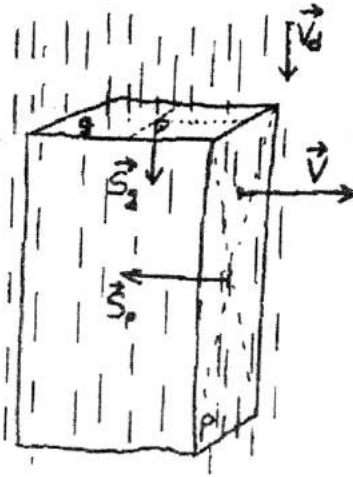
– змоклий велосипедист поглинає в себе достатню кількість води, тобто кожна крапля дощу, що контактує із велосипедистом, поглинається ним (відбиття крапель виключаємо). Таке припущення легко виконується, якщо одяг велосипедиста вовняний. Звичайно, існує певна скінченна максимальна кількість води, що поглинає одяг, за якої модель не працюватиме. Не можна змокнути забагато;

– велосипедист рухається зі сталою швидкістю \vec{v} у перпендикулярному напрямку до однієї з бокових поверхонь, завдяки чому лише дві поверхні (передня p і верхня g) контактують із краплями дощу;

¹Фотон, 2002, перекл. з польської.



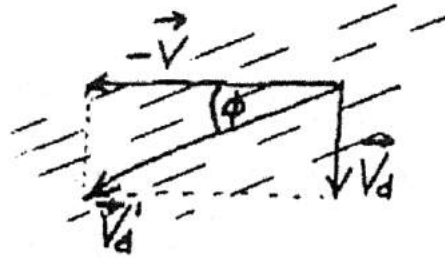
– хоча надворі злива, погода безвітряна, тобто дощ падає зі сталою швидкістю крапель \vec{v}_d . Додатково – просторова щільність розташування крапель ρ стала на усьому шляху опадів.



Мал. 2. Для спрощення на малюнку змоклого велосипедиста зображено як призму. Дощ падає у напрямку перпендикулярному до землі (\vec{v}_d), змоклий велосипедист рухається у напрямку перпендикулярному до однієї з бокових поверхонь (\vec{v}). Дощ падає на дві поверхні – верхню і передню, які позначимо через S_g і S_p . Вектори \vec{S}_g і \vec{S}_p направлені перпендикулярно до поверхонь S_g і S_p , повернені до внутрішньої частини паралелепіпеда і відповідають значенню величини цих поверхонь

Пам'ятаймо, що з погляду змоклого велосипедиста, дощ падає не вертикально – у системі відліку, що пов'язана із змоклим велосипедистом, який рухається зі швидкістю \vec{v} відносно землі, краплі дощу мають швидкість \vec{v}'_d (мал. 3), подана з перетворень Галілея:

$$\vec{v}'_d = \vec{v}_d - \vec{v}. \quad (1)$$



$$v'_d \sin \phi = v$$

$$v'_d \cos \phi = v_d$$

Мал. 3. У системі відліку, що зв'язана зі змоклим велосипедистом, який рухається зі швидкістю \vec{v} , дощ не падає прямо, а косо

Визначимо намокнення $N = m/t$ як кількість (маса) води, поглиненої за одиницю часу крізь поверхню змоклого ($u \text{ кг/с}$). Зауважимо, що так визначене намокнення можемо записати як просторову щільність дощу ρ , швидкості крапель \vec{v}_d , поверхні сторони S і косинуса кута ϕ між вектором швидкості та напрямком вертикалі до змоклої поверхні.

Виражене через скалярний добуток намокнення N матиме вигляд:

$$\begin{aligned} N &= \rho (\vec{v}'_d \cdot \vec{S}_g + \vec{v}'_d \cdot \vec{S}_p) = \\ &= \rho (v'_d \cdot S_g \sin \phi + v'_d \cdot S_p \cos \phi). \end{aligned} \quad (2)$$

Компоненти у виразі (2) є причинами намокнення, що йде від індивідуальних поверхонь. Використовуючи зв'язки тригонометричних даних, із мал. 3 намокнення можемо записати як:

$$N = \rho v_d S_g + \rho v \cdot S_p. \quad (3)$$



Перший член у виразі (3) є сталою величиною, яку взяли із метрологічних даних і верхньої поверхні змоклого велосипедиста. Другий член пропорційний до швидкості v змоклого велосипедиста.

Зауважимо, з виразу (3) випливає, по-перше, що очевидно з банальних спостережень, що коли швидкість дорівнює нулеві ($v = 0$), то намокає лише верхня поверхня S_g . По-друге, намокнення зростає разом із швидкістю v .

То може втікати від зливи не варто?

Та ні!

Припустимо, що відстань змоклого велосипедиста до дому становить l . Рухаючись із постійною швидкістю v , час t дорівнюватиме:

$$t = \frac{l}{v}. \quad (4)$$

Намокненням \wp називатимемо всю кількість води, що поглинув намоклий велосипедист під час свого руху:

$$\wp = N \cdot t. \quad (5)$$

Використовуючи (3) і (5), отримаємо:

$$\wp = \rho l S_g \frac{v_d}{v} + \rho l S_p. \quad (6)$$

Залежність (6) намокнення \wp від швидкості v зображено на мал. 4.

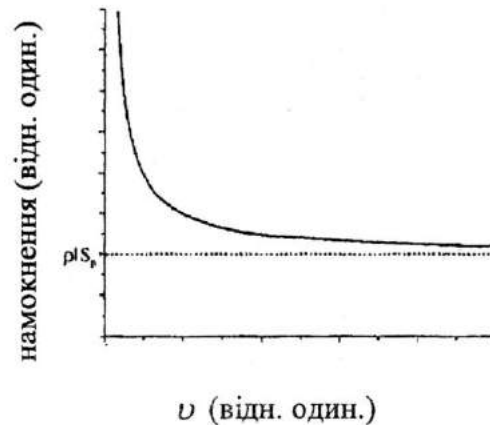
Як видно, намокнення є тим менше, чим вища швидкість. Це інтуїтивно очевидно, бо хочеться якнайшвидше втекти від дощу.

Цікавими є випадки для двох граничних швидкостей:

$$v = 0 \text{ і } v \rightarrow \infty.$$

По-перше, очевидно, змоклий стоїть (перебуває у стані спокою), а, отже, ніколи не втече від дощу, намокнення триватиме вічно (принаймні до часу, коли розпогодиться), тобто буде нескінченним.

У другому випадку, за нескінченних швидкостей (або принаймні значно вищих від швидкості дощу, настільки аби можна було знехтувати першим членом у рівнянні (6)) намокнення асимптотично наближається до певної мінімальної величини $\rho l S_p$.



Мал. 4. Намокнення є нескінченне, коли велосипедист перебуває у стані спокою. Мінімальне намокнення для нескінченної швидкості велосипедиста є кількість дощової води, що міститься у призмі, площа передньої поверхні якої S_p і довжини l , яка була до прибуття велосипедиста

Зауважмо, що $l S_p$ об'єм призми визначено через поверхню S_p на дорозі l .

$\rho l S_p$ – кількість (маса) води, що міститься у призмі. Тобто, це є мінімальна кількість води, яку поглинає велосипедист під час руху.

Випадок нескінченної швидкості v є рівнозначний нульовій швидкості крапельок дощу. То так, якби краплі були утворені в тумані, а змоклий велосипедист “витинав” у ньому тунель свого поперечного перерізу.

Отже, не можна втекти від зливи!

Як швидко ми б не рухалися, ніколи не уникнути певного мінімального намокнення, величина якої залежить від роду дощу, відстані від дому і від розміру нашого тіла (худий мокне менше).



“Вчися, і може станеш добрим шевцем!”

Після зустрічі з відомими фізиками, які у своїх галузях досягнули великі здобутки, зустріньмося на хвильку із шевцем.

Кожна людина, які б величезні досягнення не осягнула чи зробила вагоме відкриття, аби рухатися землею, мусить з нею контактувати. Контакт без ковзання, контакт, щоб не пошкодити собі ноги, аби не змерзнути, аби не намокнути.

Людина завжди потребує вигідного взуття.



Колись казали:

“Як не будеш вчитися, то підеш до шевця”.

Було це одне з популярних, хоча й не дуже мудре прислів'я, а мало означати, що аби стати шевцем, небагато треба вміти, а може й те, що виготовлення взуття є чимось принизливим?

Варто задуматися, хто зробив кращу кар'єру: шевці Ніке, Адідас і Пума чи фізики Доплер або Томпсон.

Підіть до шевця і запитайте, скільки треба вчитися, аби сидіти за в'язальним гачком і придавлювати шкіру на підшвах, не пошкодивши собі пальців, не кажучи вже про постійне сидіння. Скільки треба вміти, аби зробити взуття для танцівника, туриста, велосипедиста, футболіста чи для нетипових ніг (немає двох однакових стоп).

Треба зважувати, вимірювати, думати і працювати – фізично й розумово.

Можна й треба, як у кожній справі, прагнути до досконалості. А досягнути досконалості у ремонті чи виготовленні взуття, можна бути задоволеним не менше, ніж маючи наукові титули.

“Вчися, і може станеш добрим шевцем!”

¹Із книжки Войцеха Діндорфа “Моя фізика” (Wojciech Dindorf. *Moja Fifyka*. – Wydawnictwo Szkolne PWN, 2003).

²*Nike* – один з найбільших виробників спортивних товарів у світі. Компанію засновано 1964 року студентом Філом Найтом, бігуном на середні дистанції в команді Університету Орегону, та його тренером Біллом Боуерманом у Юджині. *Adidas* – німецька компанія, один зі світових лідерів виробництва спортивних товарів. Заснована 1924 року братами Дасслерами. Сучасна назва з'явилася 1948 року, після того, як брати Дасслер розірвали ділові стосунки та утворили власні компанії. *Adidas* походить від перших трьох літер ім'я (Adi) і трьох перших літер прізвища (Das) засновника фірми Адольфа Дасслера (Adolf Dassler). Рудольф Дасслер за таким самим принципом назвав свою фірму *Руда*, а згодом перейменував її в *Рума*. Нині компанії отримують мільярдні статки.

РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ ІV ЕТАПУ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ (Запоріжжя, 2015)

8 клас

Задача 1.

Головна ідея розв'язку задачі така. Кожна частина тіла змінює свою форму незалежно від інших її частин. Тобто кожна частина тіла однаково розшириться незалежно від того, нагрівається вона окремо, сама собою, або нагрівається в складі тіла.

Метод 1.

Складання квадрата.

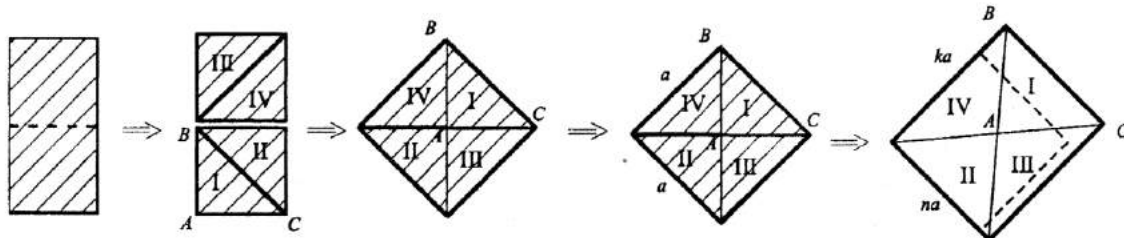
Прямокутник можна розрізати на частини так, щоб скласти з них квадрат тієї ж площі (на мал. 2 розглянуто випадок, коли прямокутник можна розрізати на чотири частини).

Як деформується такий квадрат відомо: один бік збільшується в $k = 1,154$ раза, інший – в $n = 1,022$ раза.

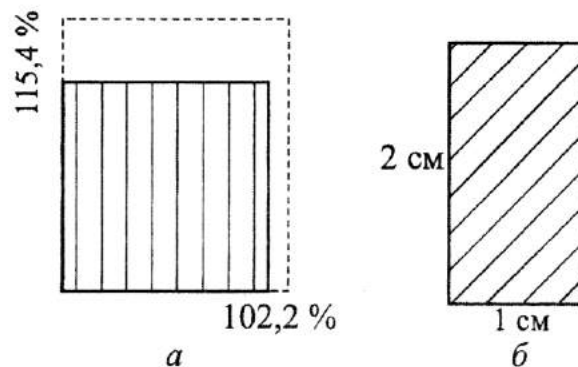
Тому з мал. 2 маємо:

$$\frac{S}{S_0} = kn = 1,18,$$

$$\frac{AB}{AB_0} = \frac{AC}{AC_0} = \sqrt{\frac{k^2 + n^2}{2}} = 1,09.$$



Мал. 2



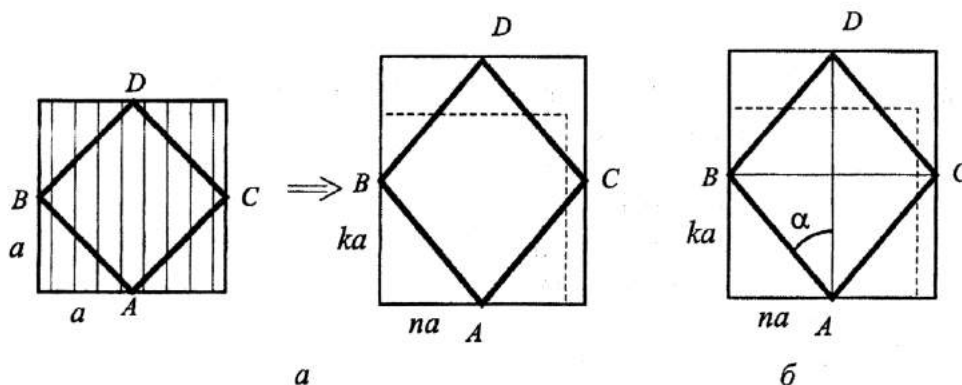
Мал. 1

Метод 2.

Деформація квадрату в ромб.

Будь-який прямокутник можна розрізати на певну кількість різних квадратів, в яких лінії найбільшого розширення проходять уздовж однієї з діагоналей.

Кожен такий “косий” квадрат (мал. 3) вписаний у відповідний “прямий” (подібний до того, що задано в умові задачі).



Мал. 3

Тепер zdeформуємо “прямий” квадрат і подивімося, що відбувається із зображеним на ньому “косим” квадратом.

З деформацією “прямий” квадрат перетворюється в прямокутник, а “косий” квадрат – у ромб, та за площею залишається половиною квадрата.

Отже, площа “прямого” квадрата під час деформації збільшиться в $k \cdot n$ разів, у стільки ж разів збільшиться і площа “косого” квадрата:

$$\frac{S}{S_0} = k \cdot n.$$

З малюнка видно, що обидва боки “косого” квадрата, AB і AC , залишаться рівними і після деформації. Зважаючи на те, що до деформації вони дорівнювали

$$AB_0 = AC_0 = \sqrt{2}a,$$

а після деформації

$$AB = AC = \sqrt{k^2 + n^2}a,$$

отримуємо

$$\frac{AB}{AB_0} = \frac{AC}{AC_0} = \sqrt{\frac{k^2 + n^2}{2}}.$$

З’ясуємо одну неясність, яка деколи виникає під час ознайомлення з відповідями.

Здавалося б, що якщо сторона квадрата збільшиться в p разів, то його площа обов’язково мала збільшитися в p^2 разів.

У нашому випадку такого співвідношення немає. Чому?

Тому, що деформований “косий” квадрат вже не є квадратом!

Під час деформації він перетворюється в ромб.

Площа ромба дорівнює:

$$S = AB \cdot AC \cdot \sin(2\alpha), \quad (\text{мал. 3, б})$$

і, якщо врахувати, що для нашого випадку

$$\sin \alpha = \frac{n}{\sqrt{k^2 + n^2}}$$

і

$$\cos \alpha = \frac{k}{\sqrt{k^2 + n^2}},$$

отримуємо:

$$\begin{aligned} S &= AB \cdot AC \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \\ &= \sqrt{\frac{k^2 + n^2}{2}} AB_0 \cdot \sqrt{\frac{k^2 + n^2}{2}} AC_0 \times \\ &\times 2 \cdot \frac{n}{\sqrt{k^2 + n^2}} \cdot \frac{k}{\sqrt{k^2 + n^2}} = knS_0. \end{aligned}$$

Отже, маємо:

$$\frac{S}{S_0} = k \cdot n = 1,18,$$

$$\frac{AB}{AB_0} = \frac{AC}{AC_0} = \sqrt{\frac{k^2 + n^2}{2}} = 1,09.$$

Задача 2.

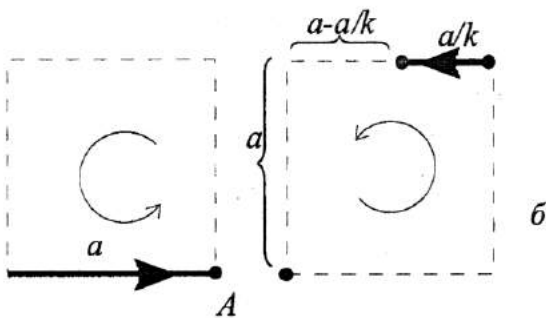
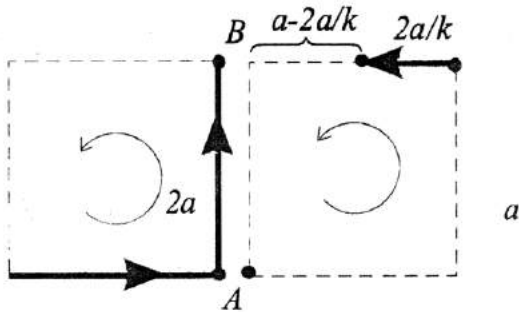
Позначмо професорів літерами G і C (від лат. *globi* – глобус і *circini* – циркуль). Та припустимо, що швидкість C у k разів більша, ніж швидкість G . Зауважимо, що з умови задачі відразу випливає, що $k > 1$ (покажіть це самі).

Чому професори не зустрінуться, якщо професор C вийде занадто рано?

Тому, що C йде швидко і встигне пройти всю вулицю раніше, ніж професор G дійде до кута B . Ось тому він і має “чекати” упродовж часу $t_1 = 5$ хв.

Нехай він “чекає” не вдома, а на розі B .

Розрахуймо, скільки часу йому доведеться чекати (мал. 1, a).



Мал. 1

До кута B професору C треба пройти відстань $2a$, де a – сторона кварталу.

Професор G пройде за цей же час відстань

$$\frac{2a}{k}.$$

Йому залишиться ще пройти відстань

$$a - \frac{2a}{k},$$

за час

$$\frac{\left(a - \frac{2a}{k}\right)}{V}.$$

Саме стільки часу професорові C доведеться чекати:

$$t_1 = \left(1 - \frac{2}{k}\right) \cdot \frac{a}{V}.$$

Це є перше рівняння.

Чому професори не зустрінуться, якщо C затримається у будинку більше, ніж на $t_2 = 40$ хв?

Тому, що професор G встигне пройти вулицю AB , перш ніж C дійде до кута A .

Знову запропонуємо професору C “зачекати” колегу не вдома, а на розі A , та розрахуймо, скільки часу йому доведеться “чекати” (рис. 1, b).

Доки C пройде одну сторону кварталу (відстань a), його колега пройде відстань:

$$\frac{a}{k}.$$

і йому залишиться ще пройти ще відстань:

$$2a - \frac{a}{k}.$$

На це він витратить час:

$$t_2 = \left(2 - \frac{1}{k}\right) \cdot \frac{a}{V}.$$

Із системи рівнянь:

$$\begin{cases} t_1 = \left(1 - \frac{2}{k}\right) \cdot \frac{a}{V} \\ t_2 = \left(2 - \frac{1}{k}\right) \cdot \frac{a}{V} \end{cases} \quad (1)$$

отримуємо відповідь:

$$k = \frac{2t_2 - t_1}{t_2 - 2t_1} = \frac{2 \cdot 40 - 5}{40 - 2 \cdot 5} = 2,5.$$

Швидкість професора C в два з половиною рази більша від швидкості професора G .

Із системи рівнянь (1) також маємо:

$$\frac{a}{V} = \frac{1}{3}(2t_2 - t_1).$$

Звідси для $T_1 = \frac{4a}{V}$ (часу прогулянки професора G) отримаємо:

$$\begin{aligned} T_1 &= 4 \frac{a}{V} = \frac{4}{3} \cdot (2t_2 - t_1) = \\ &= \frac{4}{3} \cdot (2 \cdot 40 - 5) = 100 \text{ хв.} \end{aligned}$$

Отже,

1. Швидкість професора Циркуля у два з половиною рази більша від швидкості професора Глобуса;

2. Прогулянка професора Глобуса триває 100 хвилин.

Задача 3.

Загальна втрата тепла з баків (потужність теплових втрат) дорівнює:

$$\begin{aligned} P &= k \cdot (t_1 - t_0) + k \cdot (t_2 - t_0) + \\ &+ k \cdot (t_3 - t_0) + k \cdot (t_4 - t_0) = \\ &= k \cdot [(t_1 + t_2 + t_3 + t_4) - 4t_0], \end{aligned}$$

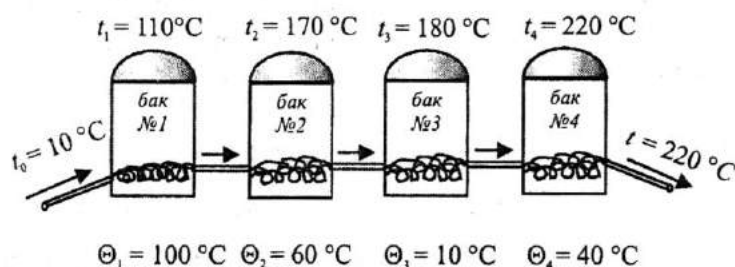
де $t_0 = 20^\circ\text{C}$ – температура повітря в цеху; k – коефіцієнт, який характеризує інтенсивність витоку тепла з бака.

Звідси видно, що для зменшення загального витоку тепла з баків треба зменшити “сумарну” температуру баків

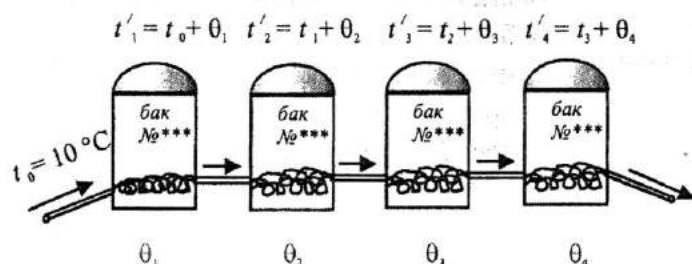
$$\Theta = t_1 + t_2 + t_3 + t_4.$$

Погляньмо, чим визначається ця “сумарна” температура і температура реагентів у кожному баці.

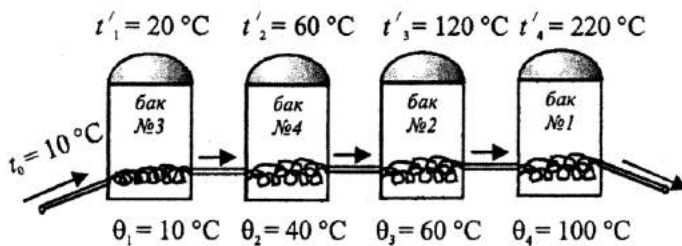
Те, що є характеристикою бака і не залежить від під’єднання – це інтенсивність хемічних реакцій усередині бака і пов’язана з нею потужність тепла, що виділяється. Її можна характеризувати температурою Θ , на



Мал. 1



Мал. 2



Мал. 3

яку має нагріватися охолоджувальна рідина після проходження крізь бак. У стаціонарному стані рівняння теплового балансу для кожного бака дає:

$$P = c \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot \Theta.$$

Величину додаткового нагрівання води Θ для кожного бака подано на мал. 1.

Нехай маємо нове з'єднання баків.

Щоб не плутати нові номери зі старими, позначимо "температури нагрівання баків" за допомогою $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ і θ_4 .

Тоді температура в першому баці дорівнюватиме:

$$t'_1 = t_0 + \theta_1,$$

де t_0 – початкова температура охолоджувальної рідини.

Такою ж буде і температура води на виході з першого бака.

Температура у другому баці буде:

$$t'_2 = t'_1 + \theta_2 = t_0 + \theta_1 + \theta_2.$$

Температура у третьому:

$$t'_3 = t'_2 + \theta_3 = t_0 + \theta_1 + \theta_2 + \theta_3.$$

Температура у четвертому:

$$t'_4 = t'_3 + \theta_4 = t_0 + \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4.$$

А "сумарна" температура баків дорівнює:

$$\begin{aligned} \Theta' &= t'_1 + t'_2 + t'_3 + t'_4 = \\ &= 4 \cdot t_0 + 4 \cdot \theta_1 + 3 \cdot \theta_2 + 2 \cdot \theta_3 + 1 \cdot \theta_4. \end{aligned}$$

Для початкового під'єднання баків ця величина дорівнювала $\Theta = 680^\circ\text{C}$.

Нашим завданням є постаратися зробити її якомога меншою.

Для мінімізації скористаємося тим, щоб сума

$$\Theta' = 4 \cdot t_0 + 4 \cdot \theta_1 + 3 \cdot \theta_2 + 2 \cdot \theta_3 + 1 \cdot \theta_4$$

була якомога меншою. Біля більшого множника слід ставити якомога меншу від величини θ_i .

Тоді отримаємо:

$$\begin{aligned} \Theta' &= 4 \cdot t_0 + 4 \cdot \theta_3 + 3 \cdot \theta_4 + \\ &+ 2 \cdot \theta_2 + 1 \cdot \theta_1 = 420^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Розрахуємо тепер, на скільки можна зменшити потужність кондиціонерів.

У першому способі під'єднання потужність тепловиділення дорівнювала:

$$P = k \cdot [(t_1 + t_2 + t_3 + t_4) - 4t_a] = 600 \cdot k.$$

За нового під'єднання:

$$P' = k \cdot [(t_1 + t_2 + t_3 + t_4) - 4t_a] = 340 \cdot k.$$

Відтак, потужність підігріву повітря цеху зменшилася в 1,76 рази (на 43 %).

Отже, потужність кондиціонерів можна зменшити в 1,76 разів (на 43 %), якщо з'єднати баки так:

- перший – бак № 3,
- другий – бак № 4,
- третій – бак № 2,
- четвертий – бак № 1.

Задача 4.

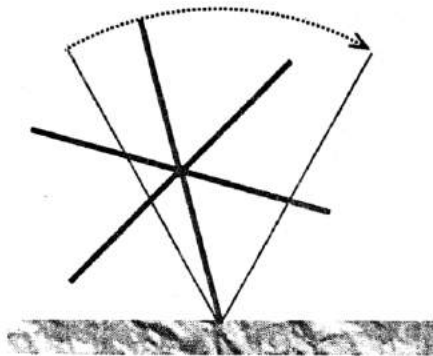
Сусідні пластини колеса утворюють дві сторони рівностороннього трикутника. Тому за один оберт колесо переміщується на відстань

$$l = 6a = 60 \text{ см,}$$

а період його обертання буде

$$T = \frac{6a}{v}.$$

Найбільшу швидкість матиме найвіддаленіша точка від центру обертання, у якому колесо дотикається до поверхні (мал. 1).



Мал. 1

Віддалена точка за $1/6$ періоду проходить відстань, що дорівнює $1/6$ довжини кола радіусом $r = 2a$.

Отже, її швидкість буде:

$$v_{\max} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2}{3}\pi v \approx 2,1 \text{ см/с.}$$

Унаслідок симетрії (до того ж колесо можна подумки прокотити і в один, і в протилежний бік) перешкода найбільших розмірів, через яку колесо може переїхати, не зачепивши її верхівку, також матиме симетричну форму. Та це не буде рівностороннім трикутником.

І ось чому.

Під час обертання (мал. 2) пластини ABC переходить у $A^*B^*C^*$. Кожна точка пластини описує дугу кола.

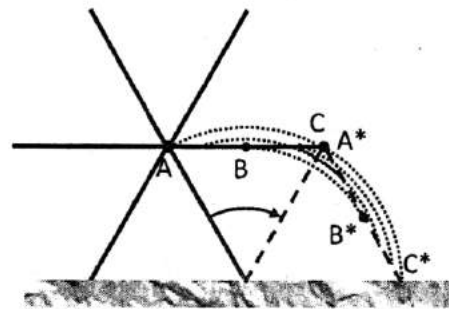
Найбільший радіус кола

$$r_{\max} = a$$

буде у точок A і C , а найменший

$$r_{\min} = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$

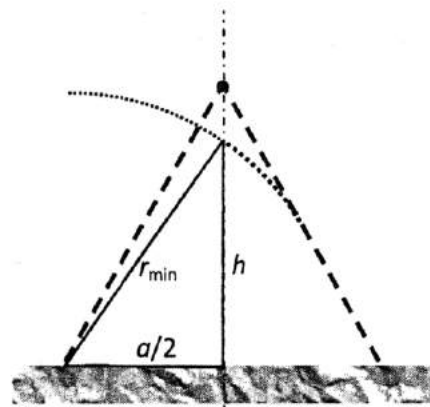
у точки B .



Мал. 2

Дуга саме цього кола й обмежує максимальну висоту перешкоди.

На мал. 3 зображено як дуга кола найменшого радіуса перетинає вертикальну вісь симетрії.



Мал. 3

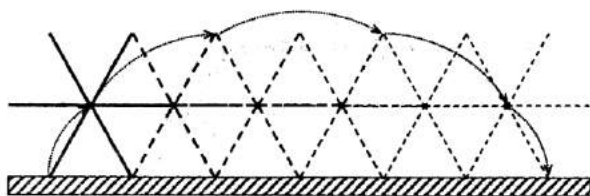
За теоремою Піфагора знаходимо:

$$h = \sqrt{r_{\min}^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \frac{a}{\sqrt{2}} \approx 7,07 \text{ см.}$$

Траєкторія будь-якої точки колеса складається з дуг у 60° кіл різного радіусу.

За один оберт найдовшою буде траєкторія крайньої точки колеса.

Її траєкторію зображено на мал. 4.



Мал. 4

Довжина цієї траєкторії буде:

$$\begin{aligned} l &= \frac{\pi}{3} (a + \sqrt{3}a + 2a + \sqrt{3}a + a) = \\ &= \frac{2\pi}{3} (2 + \sqrt{3}) a = 78,1 \text{ см,} \end{aligned}$$

що більше, ніж, наприклад, довжина траєкторії центральної точки колеса

$$l_A = 2\pi a = 62,8 \text{ см.}$$

Задача 5.

Оскільки одне зображення є дійсним, лінза має бути збиральною, вона розташована між точками A і A_3 .

Очевидно, що дзеркало може бути розташоване тільки ліворуч від лінзи. Всі точки лежать на головній оптичній осі лінзи, перпендикулярної до площини дзеркала.

Одне з уявних зображень є результатом відображення світла від дзеркала, а інше – результатом заломлення світла в лінзі.

Дійсне ж зображення є результатом послідовного відображення світла від дзеркала та заломлення в лінзі (тобто точка A_3 є зображенням у лінзі якоїсь із точок A_1 або A_2).

Отже, дзеркало розташоване в середині відрізка AA_1 або AA_2 .

Розгляньмо ці випадки.

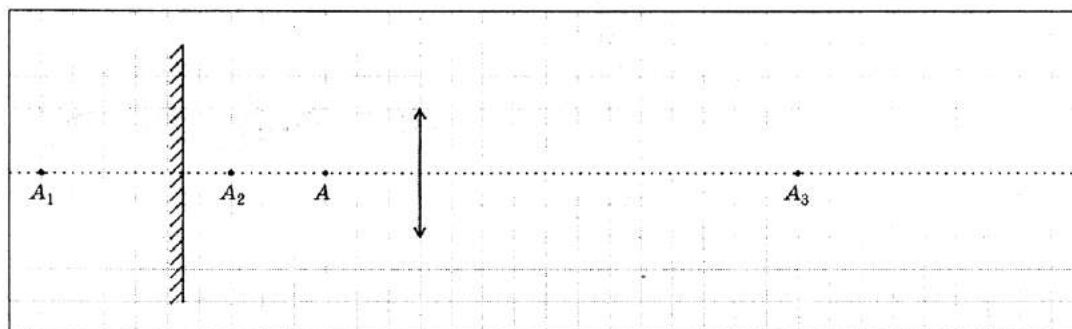
1. Точка A_1 є зображенням точки A у дзеркалі.

Тоді точка A_2 буде уявним зображенням точки A в лінзі, точка ж A_3 – дійсним зображенням у лінзі точки A_1 .

Скористаймося формулою тонкої лінзи.

Виміримо відстані в клітинках, позначмо відстань оптичного центру лінзи від точки A через d . Отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{1}{d} - \frac{1}{d+3} = \frac{1}{F}, \\ \frac{1}{d+9} + \frac{1}{15-d} = \frac{1}{F}. \end{cases}$$



Мал. 1 до задачі 5

Звідси

$$d^2 + 2d - 15 = 0,$$

$$d = 3, F = 6.$$

Відповідні елементи та їхнє розташування зображено на мал. 1.

На мал. 2 виділено ділянку, звідки можна побачити зображення A_1 .

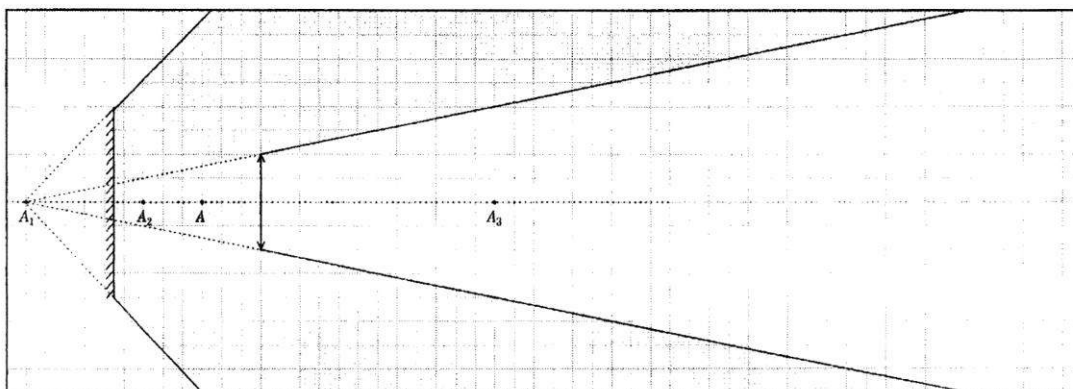
На мал. 3 і 4 виділено ділянки, звідки можна побачити зображення A_2 та A_3 , відповідно.

Оскільки ділянки на мал. 2 і 4 обмежені паралельними прямими, ці ділянки не перетинаються.

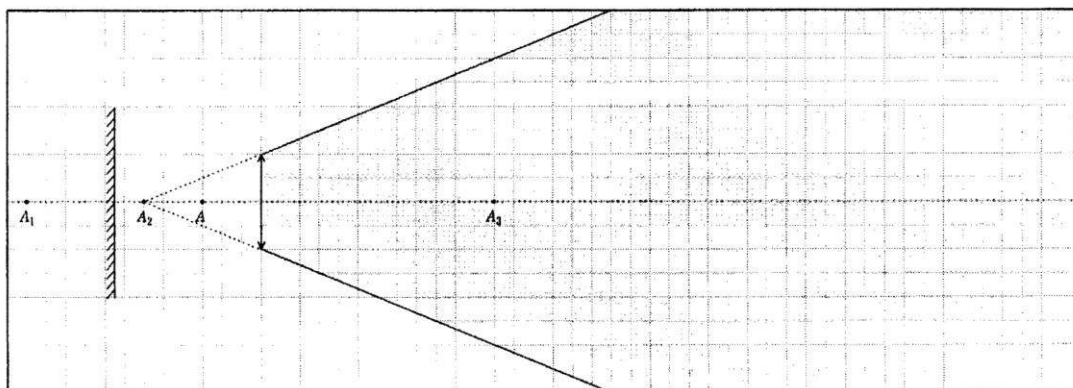
Отже, побачити одночасно з якоїсь точки всі три зображення неможливо.

2. Точка A_2 є зображенням точки A у дзеркалі.

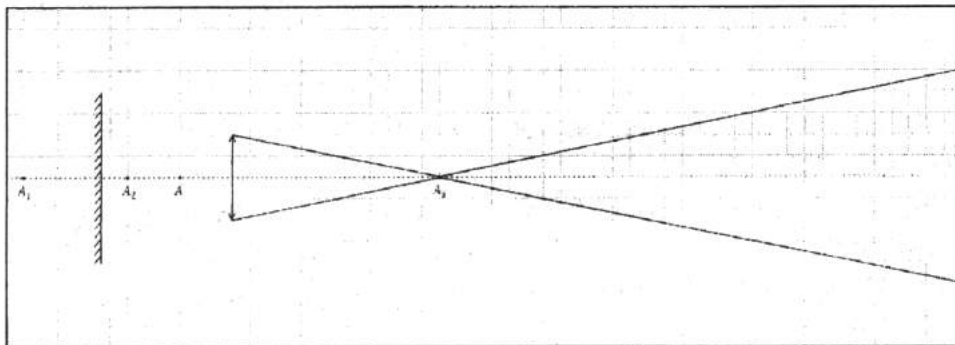
Тоді точка A_1 буде уявним зображенням точки A в лінзі, точка ж A_3 – дійсним зображенням у лінзі точки A_2 .



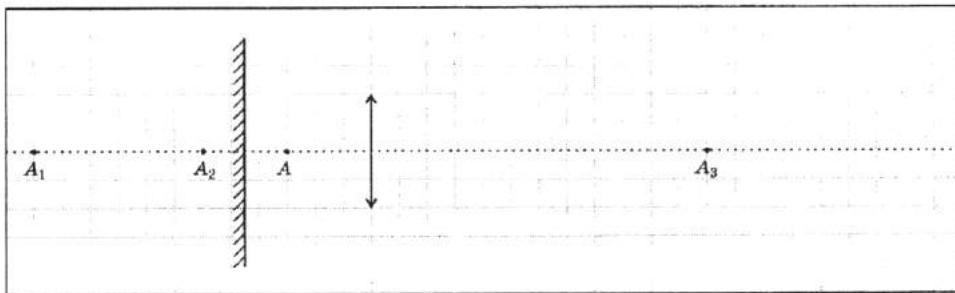
Мал. 2



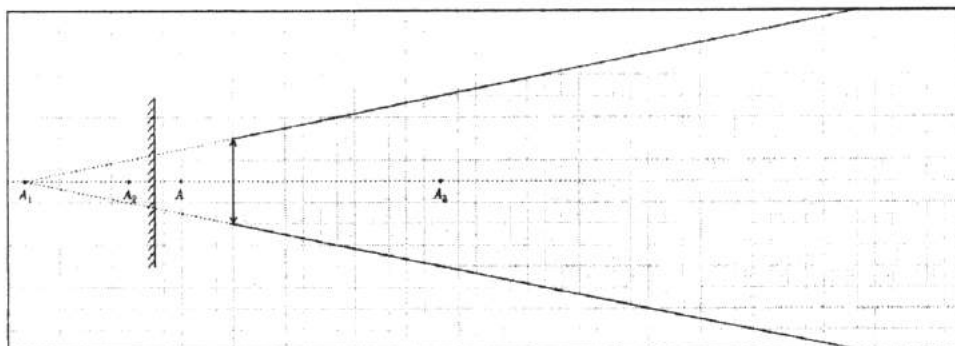
Мал. 3



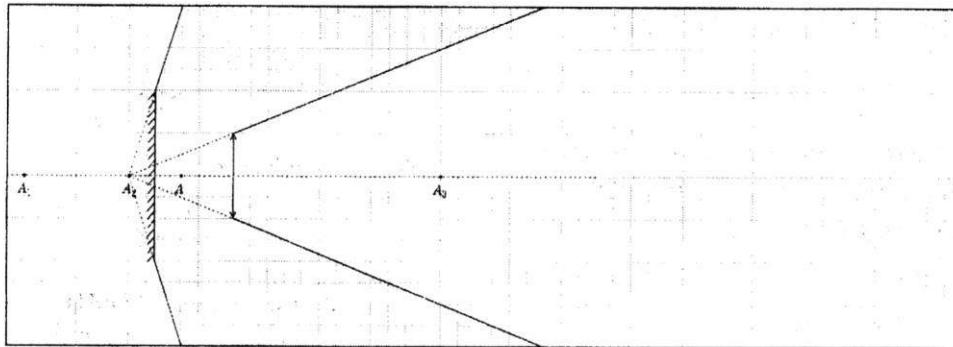
Мал. 4



Мал. 5



Мал. 6



Мал. 7

Аналогічно до першого випадку, отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{1}{d} - \frac{1}{d+9} = \frac{1}{F}, \\ \frac{1}{d+3} + \frac{1}{15-d} = \frac{1}{F}. \end{cases}$$

Звідси отримуємо:

$$d^2 + 2d - 15 = 0$$

і $d = 3$ (легко показати, що це не випадковий збіг), однак тепер $F = 4$.

Відповідні елементи та їхнє розташування зображено на мал. 5.

На мал. 6 виділено ділянку, звідки можна побачити зображення A_1 .

На мал. 7 виділено ділянку, звідки можна побачити зображення A_2 .

Оскільки ділянки на мал. 6 і 7 не перетинаються, подальший розгляд непотрібний. Побачити одночасно з якоїсь точки всі три зображення неможливо.

9 клас

Задача 1.

Відстань від точки D до поверхні води дорівнює 10 см. Отже, перші 10 с сила натягу нитки дорівнюватиме mg дроту:

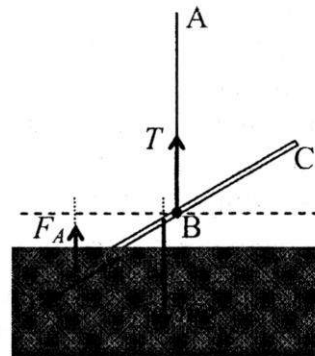
$$T_1 = mg.$$

Далі на нижню частину дроту почне діяти сила Архімеда, яка зменшуватиме силу натягу на

$$\rho_v g S v t.$$

Оскільки дріт перебуває у дещо нахиленому положенні, сила Архімеда намагатиметься його повернути.

Розгляньмо умови рівноваги частково зануреного у воду дроту, що перебуває у нахиленому положенні (мал. 1).



Мал. 1

Позначмо довжину зануреної частини x . Сила Архімеда буде:

$$F_A = \rho_v g S x = \frac{\rho_v}{\rho} mg \frac{x}{l},$$

прикладена до середини зануреної частини, відстань від якої до точки B дорівнює

$$h - \frac{x}{2}.$$

Сила тяжіння прикладена до середини дроту, відстань від якої до точки B дорівнює

$$h - \frac{l}{2} = 1 \text{ см.}$$

Відносно точки B момент сили Архімеда обертає дrottинку за годинниковою стрілкою, а момент сили тяжіння проти.

З умови рівноваги маємо:

$$F_A d_A = mg d_{mg}.$$

Плечі сил відносяться як згадані відстані. Отже,

$$F_A \left(h - \frac{x}{2} \right) = mg \left(h - \frac{l}{2} \right)$$

або

$$\frac{\rho_a}{\rho} mg \frac{x}{l} \left(h - \frac{x}{2} \right) = mg \left(h - \frac{l}{2} \right).$$

Звідси отримуємо квадратне рівняння:

$$x^2 - 2hx + l(2h - l) \frac{\rho}{\rho_a} = 0.$$

Підставляємо числові дані та знаходимо два корені: 6 см і 36 см.

Якщо $x < 6$ см, або $x > 36$ см перемагатиме момент сили тяжіння, і дріт набуватиме вертикального положення, навіть, якщо спробувати його від нього відхилити.

Якщо ж дrottинку занурити на

$$6 \text{ см} < x < 36 \text{ см,}$$

перемагатиме момент сили Архімеда, і дrottинка відхилитиметься від вертикального положення, змінюючи об'єм зануреної частини, доки не настане рівновага або за

$$x = 6 \text{ см,}$$

якщо точка B вище від рівня води, або за

$$x = 36 \text{ см,}$$

якщо точка B нижче від рівня води.

Отже, після того, як нижня точка дrottинки торкнеться води, упродовж наступних 6 с

дrottинка зберігатиме вертикальне положення, а сила натягу змінюватиметься за законом

$$T = mg - F_A = mg \left(1 - \frac{\rho_a \nu t}{\rho l} \right),$$

досягнувши значення

$$T_2 = \frac{17}{18} mg.$$

Після цього дrottинка нахилитиметься, зберігаючи під водою ті ж 6 см, доки точка B не торкнеться води. Цей режим руху за незмінної сили натягу

$$T_2 = \frac{17}{18} mg$$

відбуватиметься упродовж 15 с, через що дrottинка набуде горизонтального положення. Тоді вона знову почне нахилитися, але під водою будуть вже 36 см її довжини.

Оскільки

$$36 \text{ см} - 21 \text{ см} = 15 \text{ см.}$$

цей режим відбуватиметься також упродовж 15 с за незмінної сили натягу

$$T_3 = \frac{2}{3} mg.$$

Дrottинка набуде вертикального положення, виглядаючи над водою на 4 см. Далі дrottинка занурюватиметься 4 с, а сила натягу нитки зменшуватиметься за законом:

$$T = mg \left(\frac{2}{3} - \frac{\rho_a \nu t}{\rho l} \right)$$

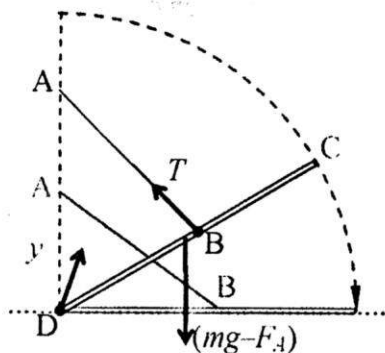
$$\text{від } T_3 = \frac{2}{3} mg \text{ до } T_4 = \frac{17}{27} mg.$$

Наступні 10 с повністю занурена дrottинка опускатиметься під водою за сили натягу нитки

$$T_4 = \frac{17}{27} mg,$$

доки не торкнеться дна.

Якщо вважати, що дротинка не проковзуватиме, подальший рух її верхньої точки буде рухом уздовж чверті дуги кола радіусом 40 см.



Мал. 2

На мал. 2 зображено одне з можливих положень дротинки та її кінцевий стан, якщо вона лежить на дні посудини.

З умови рівноваги відносно точки D знаходимо:

$$Td_T = \frac{17}{27} mgd_{mgA}.$$

Цього разу також можна обійтися без використання тригонометричних функцій, якщо, наприклад, площу трикутника ABD записати двома способами:

$$\frac{1}{2} AB \cdot d_T = \frac{1}{2} AD \cdot \frac{21}{20} d_{mgA}.$$

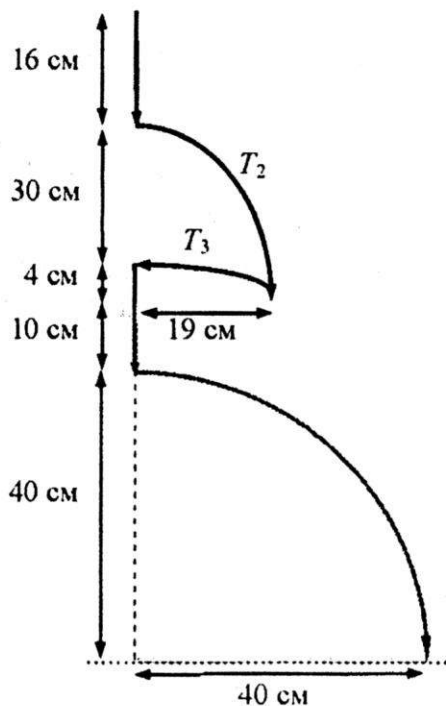
Отже,

$$T = \frac{17}{27} \cdot \frac{20}{21} \cdot \frac{AB}{AD} mg,$$

де $AB = 29$ см, $AD = 50$ см $- vt$.

Значення AD , коли дротинка лягає на дно, знаходимо з теореми Піфагора

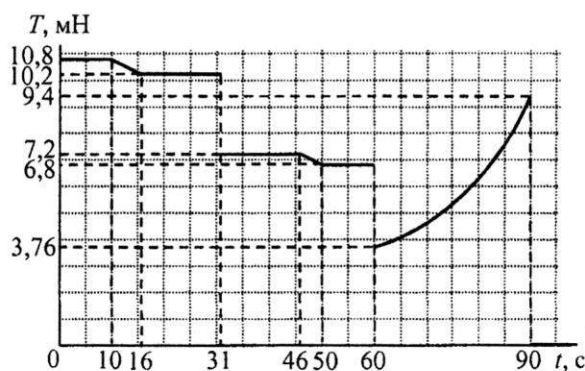
$$y = \sqrt{AB^2 - BD^2} = 20 \text{ см.}$$



Мал. 3

Точка C рухалась уздовж дуги кола упродовж 30 с. Останні 20 с руху точки A нитка буде не натягнутою.

Траєкторія точки C за всі 100 с руху, а також графік залежності сили натягу нитки зображено на мал. 3 і 4.



Мал. 4

Задача 2.

1. Під час переміщення сірника зі сталою швидкістю вся робота, яку виконує сила F , переходить у тепло. Роботу виконує складова сили F уздовж напрямку переміщення,

$$A = Fl \cos \alpha,$$

де за умовою l дорівнює половині довжини смужки. Половина цієї роботи йде на нагрів речовини ділянки контакту голівки сірника:

$$\frac{1}{2} Fl \cos \alpha = cm(t - t_0),$$

звідси,

$$m = \frac{Fl \cos \alpha}{2c(t - t_0)} = \frac{FL \cos \alpha}{4c(t - t_0)}.$$

Судячи зі світлини, експеримент могли проводити у кімнаті. Отже, можна за початкову температуру сірника обрати кімнатну

$$t_0 = 20^\circ\text{C}.$$

Підставляємо числові дані та виконаємо обчислення маси:

$$\begin{aligned} m &= \frac{FL \cos \alpha}{4c(t - t_0)} = \\ &= \frac{1 \cdot 53 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 60^\circ}{4 \cdot 10^3 \cdot (250 - 20)} = 28,8 \cdot 10^{-9} \text{ кг}. \end{aligned}$$

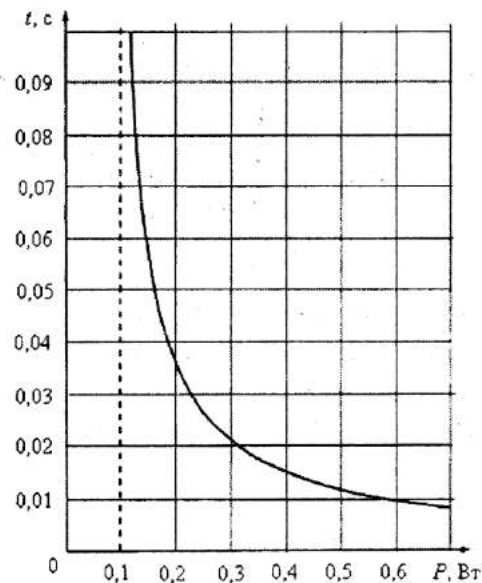
Виконаємо перевірку одиниць вимірювання шуканої величини:

$$\begin{aligned} m &= \frac{FL \cos \alpha}{4c(t - t_0)} = \\ &= \left[\frac{\text{Н} \times \text{м}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \times \text{К}} \times ^\circ\text{C}} \right] = \left[\frac{\text{Дж}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \times \text{К}} \times \text{К}} \right] = [\text{кг}]. \end{aligned}$$

2. Швидкість рівномірного руху сірника:

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

де l – шлях, який пройшов сірник до моменту загорання за час t .



Треба зазначити, що графік дає змогу визначити кількість теплоти за час t . Проте, слід зауважити, що кількість теплоти надана системі, яку зображено на графіку змінюється з часом і є не постійною, тому

$$Pt \neq \text{const}.$$

Критерієм вибору точки є умова, що теплота, отримана сірником, має бути більша від теплоти, яку потрібно для загорання сірника.

Це можна зробити, перебираючи різні значення часу, або потужності. Наприклад, припустимо, що сірник унаслідок тертя отримував потужність

$$P_1 = 0,4 \text{ Вт}.$$



Тоді за графіком відповідний час його руху до загоряння був

$$t_1 = 15 \text{ мс.}$$

Отже, отримана ним кількість теплоти буде:

$$Q_1 = P_1 t_1 = 6 \text{ мДж.}$$

У нашому випадку кількість теплоти дещо більша

$$Q = \frac{1}{2} Fl \cos \alpha = 6,625 \text{ мДж.}$$

Підставляємо інші значення і після декількох спроб знаходимо найточніше:

$$P = 0,25 \text{ Вт,}$$

$$t \approx 26,5 \text{ мс.}$$

Виходить, що відстань $l = 26,5$ мм сірник подолав за $t \approx 26,5$ мс. Швидкість сірника була 1 м/с.

Звісно, можна було знайти значення потужності й часу без перебору чисел, помітивши, що у нашому випадку

$$Pt = 6,625 \text{ мДж.}$$

Якщо побудувати цю криву

$$t = \frac{6,625 \text{ мДж}}{P}$$

поверх запропонованого графіка, то точка перетину і дасть потрібні значення потужності і часу.

3. Під час нагріву зі збільшенням температури збільшуються теплові втрати.

Отже, якщо сірник рухати повільно, речовина може й не прогрітися до температури загорання.

Задача 3.

Оскільки одне зображення є дійсним, лінза має бути збиральною, вона розташована між точками A і A_3 .

Очевидно, дзеркало може бути розташоване тільки ліворуч від лінзи. Всі точки лежать на головній оптичній осі лінзи, перпендикулярної до площини дзеркала.

Одне з уявних зображень є результатом відбивання світла від дзеркала, а інше – результатом заломлення світла в лінзі.

Дійсне ж зображення є результатом послідовного відбивання світла від дзеркала та заломлення в лінзі (тобто точка A_3 є зображенням у лінзі якоїсь із точок A_1 або A_2).

Відтак дзеркало розташоване в середині відрізка AA_1 або AA_2 .

Розгляньмо ці випадки.

1. Точка A_1 є зображенням точки A у дзеркалі.

Тоді точка A_2 буде уявним зображенням точки A у лінзі, точка ж A_3 – дійсним зображенням у лінзі точки A_1 .

Скористаємося формулою тонкої лінзи. Вимірюватимемо відстані в клітинках, позначимо відстань оптичного центру лінзи від точки A через d .

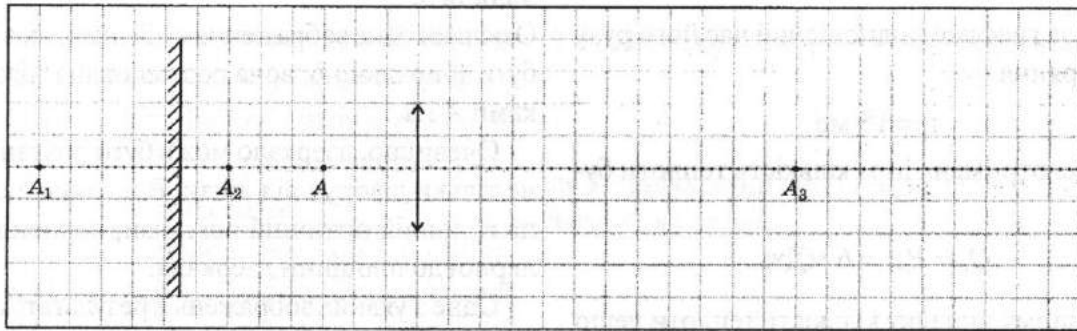
Отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{1}{d} - \frac{1}{d+3} = \frac{1}{F}, \\ \frac{1}{d+9} + \frac{1}{15-d} = \frac{1}{F}. \end{cases}$$

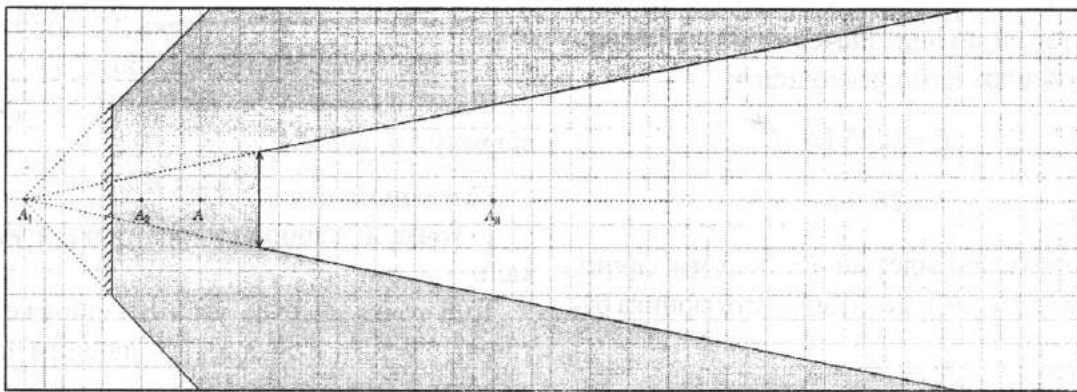
Звідси,

$$d^2 + 2d - 15 = 0 \quad \text{і} \quad d = 3, \quad F = 6.$$

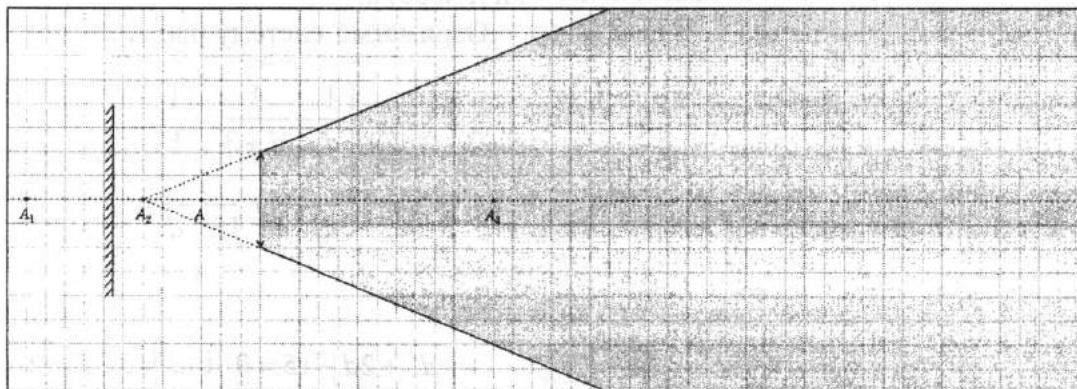
Відповідні елементи та їхнє розташування зображено на мал. 1.



Мал. 1



Мал. 2



Мал. 3

На мал. 2 виділено ділянку, звідси можна побачити зображення A_1 .

На мал. 3 і 4 виділено ділянки, звідси можна побачити відповідно зображення A_2 та A_3 .

Оскільки ділянки на мал. 2 і 4 обмежені паралельними прямими, ці ділянки не перетинаються.

Отже, побачити одночасно з якоїсь точки всі три зображення неможливо.

2. Точка A_1 є зображенням точки A у дзеркалі.

Тоді точка A_1 буде уявним зображенням точки A в лінзі, точка ж A_3 – дійсним зображенням у лінзі точки A_2 .

Аналогічно, як у першому випадку, отримаємо систему рівнянь:

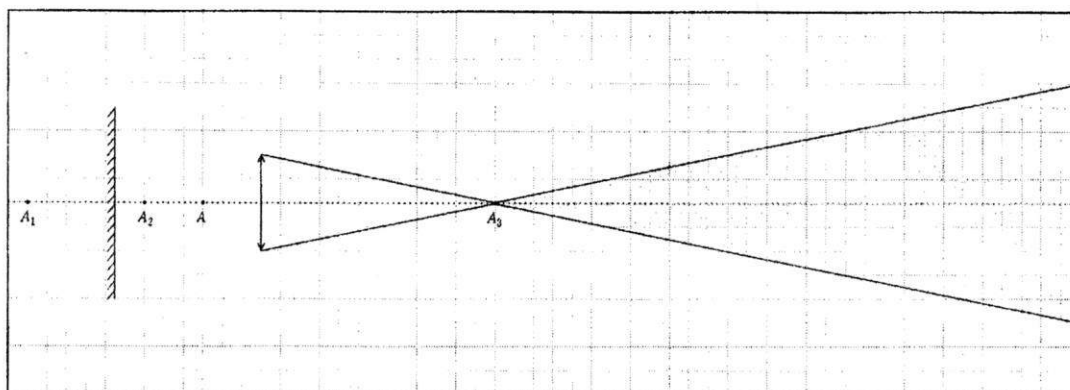
$$\begin{cases} \frac{1}{d} - \frac{1}{d+9} = \frac{1}{F}, \\ \frac{1}{d+3} + \frac{1}{15-d} = \frac{1}{F}. \end{cases}$$

Звідси отримуємо таке саме рівняння

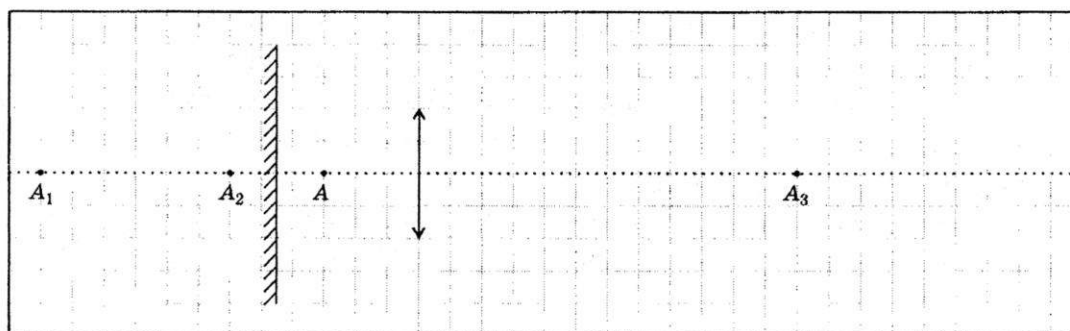
$$d^2 + 2d - 15 = 0 \quad \text{і} \quad d = 3$$

(легко показати, що це не випадковий збіг), однак тепер $F = 4$.

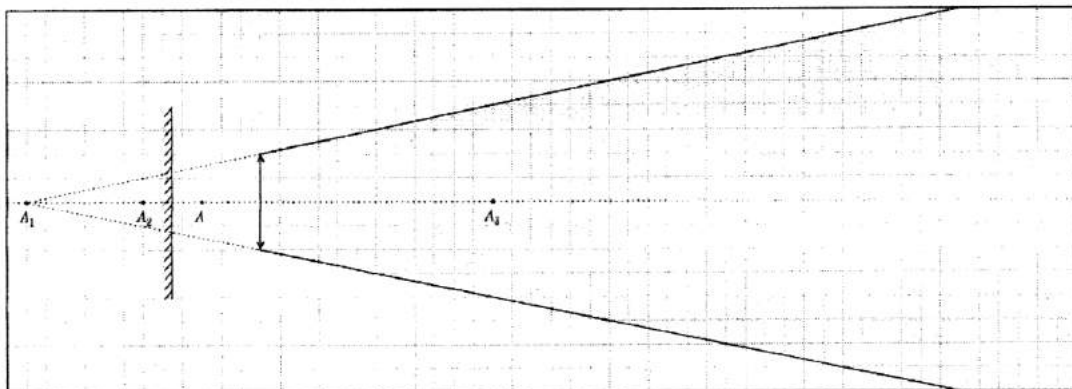
Відповідні елементи та їхнє розташування зображено на мал. 5.



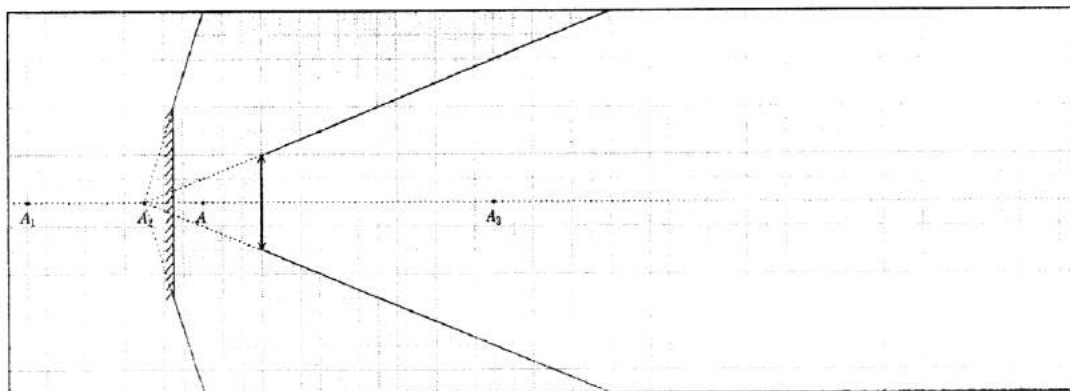
Мал. 4



Мал. 5



Мал. 6



Мал. 7

На мал. 6 виділено ділянку, звідки можна побачити зображення A_1 .

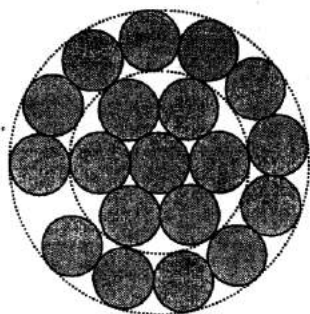
На мал. 7 виділено ділянку, звідки можна побачити зображення A_2 .

Оскільки ділянки на мал. 6 і 7 не перетинаються, подальший розгляд непотрібний. Побачити одночасно з якоїсь точки всі три зображення неможливо.

Задача 4.

Сталь у дротах використовують завдяки її міцності. Це дає змогу зменшити кількість опор ліній електропередач, збільшивши між ними відстані. Щоб сталь не ржавіла під дією атмосферної вологи, її вкривають тонким шаром цинку. Алюміній виконує головну роль дроту, як добрий і досить дешевий провідник струму (його питомий опір майже у 5 разів

менший від опору сталі). Та алюміній – м'який метал, тому алюмінієвий дріт навивають довкола сталевого. Шари дроту навивають у протилежних напрямках, щоб ніякий з дротів не "провалився" між дротами попереднього шару, або не піднявся над іншими.



Мал. 1

Розгляньмо перпендикулярний переріз дроту, вважаючи, що всі дроти прямі й ні нащо не навиваються (мал. 1).

Як бачимо, якщо перший шар з шести дротів ліг ідеально (ніяких зазорів між дротинками), то у другому шарі може бути не більше ніж 12 дротинок. Аби вони щільно прилягали один до другої, слід їх трохи повернути. Тоді кожна дротинка другого шару навиватиметься на циліндр діаметром $3d$, а її форма нагадуватиме гвинтову лінію.

Із світлин в умови задачі справді можна зробити висновок, що другий шар налічує 12 дротинок (на світлині видно шість, рівно половину). Тоді третій шар за умовою матиме $30 - 12 = 18$ алюмінієвих дротинок. На світлині у перпендикулярному до напрямку дроту перерізі виразно видно 8 дротинок, що менше від половини від 18. Це можна пояснити збільшеним розміром циліндричної поверхні шару і тим, що фотографували дріт, мабуть, зблизька.

Що більший радіус циліндричної поверхні, то меншу її частину ми побачимо на світлині. Кількість дротинок у шарі можна швидко оцінити, поділивши довжину кола, що проходить через центри відповідних дротинок на діаметр дроту d .

Для другого шару радіус кола дорівнює $2d$. Тому

$$N_2 \approx \frac{2\pi \cdot 2d}{d} = 4\pi \approx 12,57,$$

тобто 12 дротинок і ще трохи вільного місця, як на мал. 1.

Результат такої оцінки дещо завищений і буде тим точніший, чим більший радіус має черговий шар дротинок.

Для третього шару

$$N_3 \approx 6\pi \approx 18,85,$$

тобто 18 дротинок і вільне місце.

Для четвертого шару

$$N_4 \approx 8\pi \approx 25,13.$$

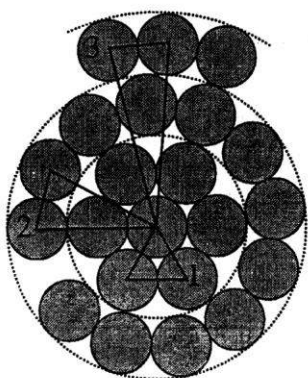
Оскільки отримане і дещо завищене число близьке до 25, слід провести точніші розрахунки. Попередньо можна зробити висновок, що у четвертому шарі точно може бути 24 дротинки або менше. Звісно, можна й одним дротом виток до витка намотати увесь четвертий шар. Але тоді за фактично однакової витрати алюмінію опір шару буде у 242 рази більший (у 24 рази завдяки довжині і у 24 рази завдяки площі перерізу).

Тому кількість дротинок у шарі має бути якомога більшою, але й такою, що дає змогу їм надійно втримуватись завдяки щільного навивання.

Альтернативні обчислення:

Перевіримо тепер кількість дротинки у шарах дроту точнішими обчисленнями.

На мал. 2 ми бачимо три рівнобедрені трикутники зі спільною вершиною посередині центральної дротини й основами однакової довжиною d , що з'єднують центри сусідніх дротинки, відповідно, 1-го, 2-го і 3-го шарів. Бокові сторони цих трикутників мають довжини d , $2d$, $3d$.



Мал. 2

Якщо позначити номер шару літерою n , то довжина бокової сторони буде nd , а кут α_n , під яким її видно з центра, буде таким, що

$$\sin \frac{\alpha_n}{2} = \frac{1}{2n}$$

(із співвідношення між протилежним катетом та гіпотенузою).

Для першого шару

$$n = 1, \\ \sin \frac{\alpha_1}{2} = \frac{1}{2},$$

цей кут

$$\alpha_1 = 60^\circ,$$

що рівно у 6 разів менше від 360° .

Отже, до першого шару входять 6 дротинки, повертати яких немає потреби.

Для другого шару

$$n = 2, \\ \sin \frac{\alpha_2}{2} = \frac{1}{4}.$$

За допомогою калькулятора знаходимо кут

$$\alpha_2 = 28,955^\circ,$$

що у 12,433 рази менший від 360° .

Отже, другий шар складається з 12 дротинки, між якими залишається зайвий простір (див. мал. 1).

Для третього шару

$$n = 3, \\ \sin \frac{\alpha_3}{2} = \frac{1}{6},$$

кут

$$\alpha_3 = 19,188^\circ,$$

що у 18,762 рази менше від 360° .

Маємо 18 дротинки і досить значний зайвий простір, для заповнення якого дроти слід повернути на такий кут, щоб відповідні розміри кожної збільшились приблизно у

$$k_3 \approx 18,762/18 \approx 1,042 \text{ рази.}$$

Для четвертого шару

$$n = 4, \\ \sin \frac{\alpha_4}{2} = \frac{1}{8},$$

кут

$$\alpha_4 = 14,362^\circ,$$

що у 25,067 рази менше від 360° .

Отже, теоретично четвертий шар може складатися з 25 дротинки. Але тоді кут навівання буде настільки незначним, що дротинкам цього шару буде важко втриматись, і після деякого часу експлуатації дроту вони почнуть провисати. Напевно четвертий шар складається з 24 дротинки, які слід повернути так, щоб розміри їхніх перерізів, перпендикулярні

до напрямку на центр дроту, збільшилися приблизно у

$$k_4 \approx 25,067/24 \approx 1,044 \text{ рази.}$$

Це майже стільки ж, скільки у випадку третього шару ($k_3 \approx 1,042$), що технологічно зручно.

На мал. 3 ми бачимо згори верхню дротинку, яка утворює з напрямком дроту кут β і має перпендикулярний до цього напрямку переріз шириною $\frac{d}{\cos \beta}$.

Для третього шару (зовнішньому на світліні в умові задачі)

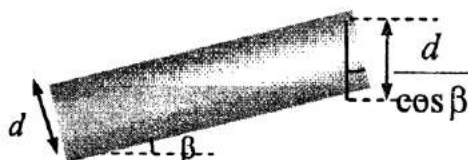
$$\frac{1}{\cos \beta_3} = k_3,$$

звідси знаходимо,

$$\beta_3 = 16,3^\circ.$$

Аналогічно для четвертого шару:

$$\beta_4 = 16,7^\circ.$$



Мал. 3

Перевіримо одержаний результат на прикладі третього шару.

Це можна зробити як мінімум двома способами:

1. Провести дотичну до якоїсь дротинки посередині дроту, виміряти сторони прямокутного трикутника (мал. 4, праворуч) і знайти кут γ ;

2. Підрахувати кількість дротинок, що перетинають лінію вздовж напрямку дроту (мал. 4, ліворуч).



Мал. 4

Обидва способи дають приблизно однаковий кут $\gamma \approx 11^\circ$.

За нашими розрахунками він мав би дорівнювати $16,3^\circ$.

Причина розбіжності може бути як у наближеності наших розрахунків, так навіть у тому, що дріт на світліні зробили "стрункішим", розтягнувши його електронну світліну випадково, або з естетичних міркувань. Та голова причина, мабуть, у неідеальності дроту. На світліні це добре видно. В окремих місцях дротинки деформовані, про що свідчить й різна відстань між стрілочками на мал. 4. Це призводить до того, що у реальному виробництві під час намотування середні відстані між центрами дротинок у шарі перевищують діаметр однієї дротинки, через що кут намотування виявляється меншим, ніж теоретично розрахований. Це майже напевне робить дуже проблематичним намотування 25 дротинок у четвертому шарі дроту.

Отже, четвертий шар дроту складається з 24 дротинок, які під час намотування утворюють кут менший від теоретично розрахованого $\beta_4 = 16,7^\circ$.

На тому ж виробництві, де був зроблений дріт із світліни, цей кут можна оцінити у 12° .

Тепер розрахуємо опір $l = 1$ км дроту зі світліни.

Оскільки кут $\gamma \approx 11^\circ$ малий, довжина дротинки перебільшуватиме довжину дроту лише у

$$\frac{1}{\cos \gamma} \approx 1,02 \text{ рази.}$$

Знехтуємо цим, вважаючи, що струм кожною дротинкою тече перпендикулярно до її перерізу $\pi d^2/4$.

Опір однієї дротинки

$$R = \frac{\rho l}{S} = \frac{4\rho l}{\pi d^2}.$$

Загальний опір $R_{\text{заг}}$ паралельного з'єднання 7 сталевих і 30 алюмінієвих дротинок:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{\text{заг}}} &= \frac{7\pi d^2}{4\rho_{\text{ст}}l} + \frac{30\pi d^2}{4\rho_{\text{ал}}l} = \\ &= \frac{\pi d^2}{4l} \left(\frac{7}{\rho_{\text{ст}}} + \frac{30}{\rho_{\text{ал}}} \right). \end{aligned}$$

Звідси знаходимо:

$$R_{\text{заг}} \approx 0,23 \text{ Ом.}$$

Задача 5

Сформулюємо головний принцип, за допомогою якого аналізуватимемо умову задачі.

Зображення з'єднувальних проводів на електричних схемах умовно: їхню форму і довжину можемо змінювати довільно, а точки під'єднання можемо зсувати уздовж з'єднувальних проводів (не перескакуючи через опір R_2).

Виходячи з цього принципу, змістимо точки під'єднання до "вісімки" опорів R_6 , R_3 і R_7 , а тоді "розкрутимо" "вісімку" (мал. 1). Тепер бачимо, що у запропонованій схемі опорів R_2 і R_4 увімкнено паралельно.

Тому у початковій схемі опори R_2 і R_4 відігравали роль одного опору з номіналом

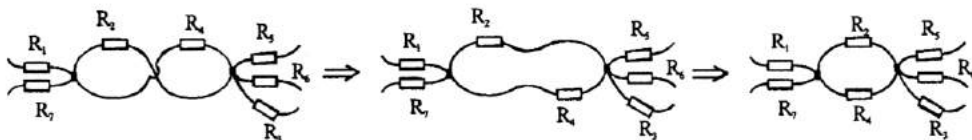
$$R_{\text{заг}} = \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4} = \frac{4}{3} \text{ Ом.}$$

Після того, як опір R_2 перегорів, для відновлення працездатності схеми досить замінити опір R_4 одним опором із номіналом

$$R_x = \frac{4}{3} \text{ Ом.}$$

Отже, резистор R_4 замінили новим резистором з опором

$$R_x = \frac{4}{3} \text{ Ом.}$$



Мал. 1. До задачі 5 9-го класу



ПРИСВЯТИЛИ УЛЮБЛЕНІЙ ГРІ ВЛАДИКИ

Іван Яремко

У Головній залі Національного університету “Львівська Політехніка” 12 серпня 2015 року відбувся міжнародний блискавичний шаховий турнір львівських гросмейстрів на честь Мойсея українського народу, багатолітнього Глави Греко-католицької церкви Митрополита Андрея Шептицького.

Добре відомі прагнення Митрополита через віру, громадські ініціативи і державно-політичну діяльність підтримувати український народ, його моральні цінності, людський інтелект, національну культуру і науку, а, отже, торувати шлях до відбудови національної хати – демократичної соборної Української держави.

Андрей Шептицький був добре знаний і своїм меценатством, яке простягалось на різні сфери діяльності української інтелігенції, зокрема й на підтримку українських спортоворуханкових товариств на чолі із “Соколом Батьком”, в яких українська молодь плекала силу духа і волі, фізичний гарт і любов до рідного краю.



Під час відкриття турніру



“Народе, вір! Вір мому слову!
Над попелища і могили
Зніметься ясний, сніжнокрилий
Дух правди і волі...!”

На початках своєї розвиненої праці Митрополит Андрей звернув свою пильну увагу на серце Архиепархії – Духовну семінарію. Митрополит став проводити візитації, ходив на богослужіння, на рекреацію, грав з вихованцями в шахи, адже древня інтелектуальна гра на шахівниці була Андрею Шептицькому небайдужа.

Особистим світським радником Митрополита багато років був найкращий український шахіст міжвоєнного періоду професор Степан Попель¹, тож можна сподіватися, що й їхні розмови не раз торкалися шахів.

Шахи з давніх-давен були популярні у Львові, ще наприкінці XIX сторіччя чимало столиків у кав’ярнях та цукернях займали шахісти, за партіями яких спостерігали десятки прихильників.

25 листопада 1894 року у Львові було засновано перший на теренах Галичини шаховий клуб, після Першої світової війни одним з найсильніших у місті було Товариство українських шахістів ТУШ, з якого вийшли відомі та сильні майстри на чолі зі Степаном Попелем.

¹ Докладніше про професора та відомого шахіста можна прочитати в книжці “Романтик шахів та його епоха. Степан Попель”. – Львів: Євросвіт, 2009. – 240 с.



Присутні спостерігають за цікавою інтелектуальною грою

Львів і досі залишається шаховою столицею України. У місті народилися, вирости та навчалися понад сорок міжнародних гросмейстерів. У Львові мешкає чемпіонка світу серед жінок Марічка Музичук, “шаховий гетьман” України Василь Іванчук, учасники Всесвітніх шахових олімпіад Анна Музичук, Марта Літинська, Олександр Белявський, Адріан Михальчишин, Олег Романишин, Андрій Волокітін, Юрій Криворучко, Олександр Іпатов, міжнародні гросмейстери Олександр Арещенко, брати Андрій та Юрій Вовки, Михайло Олексієнко, Мартин Кравців, Олександр Сулипа та інші.

У Львівському державному університеті фізкультури понад тридцять років діє шахова спеціалізація, звідки вийшли знані нині тренери та педагоги. Дитячо-юнацька-спортивна школа “Дебют” підготувала за роки діяльності понад десять гросмейстерів. Подальший імпульс у розвиток шахів дасть і прийнята цього року програма навчання шахів у початкових класах загальноосвітніх шкіл.

Заснований три роки тому “Клуб львівських гросмейстерів” проводить не лише спор-

тивну діяльність, а й бере участь у різноманітних акціях суспільного значення. Зокрема, цього року було проведено товариський матч із шахістами Одеси, проведено блиц-турнір із збором коштів на лікування бійців АТО.

У турнірі, присвяченому 150-річчю від дня народження Митрополита Андрея Шептицького, брали участь десять провідних гросмейстерів Львова: чемпіонка світу з блискавичної гри Анна Музичук, переможці та призери міжнародних турнірів – наш гість з Ісландії Маргейр Петурссон, Адріан Михальчишин, Олег Романишин, Ярослав Жеребук, Олександр Сулипа, Андрій Волокітін, Мартин Кравців, Юрій Вовк, Олександр Арещенко.

Після майже тригодинної боротьби за шахівницями, де не було непереможених, з кращими результатами на фініш вийшли Ярослав Жеребук та Юрій Вовк, які набрали по 6,5 очок. Третє місце поділили Андрій Волокітін та Олександр Арещенко. Щоб визначити переможця, довелося зіграти додаткову партію, в якій кращим був Жеребук. Студентові Техаського університету, який приїхав додому на канікули, й дістався перший приз. Але без відзначень та нагород не залишився жоден з учасників.

Були нагороджені також усі учасники дитячого турніру, який проходив на столах поруч з гросмейстерськими, серед яких наймолодшою була п’ятирічна Яна Саврун з Городка. Серед дівчаток найкращий результат показала Ярина Грига (Городок), серед хлопчиків перемогли львів’яни – дошкільник Олександр Хомич та школяр Даниїл Мосесов. Свої нагороди вони отримували з рук гросмейстрів, тож надовго запам’ятають таку урочистість.

Організаторами цього урочистого дійства виступили: Громадська Рада “Святий Юр”, Благодійний Фонд “Святий Юр”, Національний університет “Львівська Політехніка”, Львівська обласна федерація шахів.

Серія книжок “БІБЛІОТЕКА МОЛОДОГО НАУКОВЦЯ”



1. Довгий Я. *Розповіді про фізиків*. – Львів: Євросвіт, 2015. – 520 с.
2. Довгий Я. *Чарівне явище надпровідність*. – Львів: Євросвіт, 2000. – 440 с.
3. Проскура О. *Осяяні світлом науки. Нариси з історії фізики*. – Львів: Євросвіт, 2010.

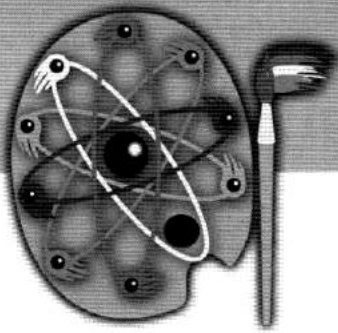
Серія книжок “Бібліотека “СВІТ ФІЗИКИ”

1. Олекса Біланюк. *Тахіони*. – Львів: Євросвіт, 2002. – 160 с.
2. Шопа Г., Бондарчук Я. *Творчість – його кредо*. – Львів: Євросвіт, 2003. – 92 с.
3. Іво Краус. *Вільгельм Конрад Рентген* (пер. з чеськ.). – Львів: Євросвіт, 2004. – 94 с.
4. Штол Іван. *Крістіан Доплер* (пер. з чеськ.). Львів: Євросвіт, 2004. – 72 с.
5. *Василь Міліячук* / За ред. О. Попеля. – Львів: Євросвіт, 2005. – 20 с.
6. *Життя, віддане науці* / За ред. І. Николина. – Львів: Євросвіт, 2005. – 106 с.
7. Манфред Ахіллес. *Різдвяні листи про знаменитих фізиків* (нім. мовою). – Львів: Євросвіт, 2007. – 56 с.
8. Мриглод І. та ін. *Микола Боголюбов та Україна*. – Львів: Євросвіт, 2009. – 192 с.
9. *Спектри кристалів. Збірник на пошану професора Ярослава Довгого* / Упорядник Галина Шопа. – Львів: Євросвіт, 2013. – 132 с.
10. Стадник В., Курляк В. *З когорти плугатарів* (з нагоди 80-річчя від дня народження Миколи Олексійовича Романюка). – Львів: Євросвіт, 2011. – 116 с.
11. В. Алексейчук, О. Гальчинський, Г. Шопа. *Обласні олімпіади з фізики. Задачі та розв’язки*. – Львів: Євросвіт, 2004. – 184 с.
12. Б. Кремінський. *Всеукраїнські олімпіади з фізики. Задачі та розв’язки*. 3-тє вид. – Львів: Євросвіт, 2007. – 344 с.

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



**Георгій Якутович
(1930–2000)**

Ілюстрація до драматичної поеми
Івана Кочерги
"Ярослав Мудрий"



Георгій Вячеславович Якутович – український митець-графік, ілюстратор, майстер ліногравюри, ксилографії та офорту, художник кіно. Заслужений діяч мистецтв УРСР (1968), Народний художник УРСР (1990), Член-кореспондент Академії мистецтв СРСР (1988), Професор Академії мистецтв України (1995), Член Національної спілки художників України, лауреат Державної премії України ім. Т. Г. Шевченка (1983, 1991).

Студіював мистецтво в Київському художньому інституті (1948–1954, клас І. Плещинського). Працював у техніках книжної і станкової графіки, а також у сфері кіномистецтва. Перебував під впливом творчості Георгія Нарбута та школи «бойчукістів», а також надихався фольклорним монументалізмом і простотою творчості Дієго Рівери.

Відомий майстерними дереворитами до «Фата моргана» М. Коцюбинського (1957), «Ярослав Мудрий» і «Свіччине весілля» І. Кочерги (1962), «Козак Голота» М. Пригари (1966), «Захар Беркут» І. Франка (1972), «Кленові листки» В. Стефаника, «Повість про Ігорів похід» (1977), «Слово минулих літ» (1981).

Художник створив окремі гравюри на історичні теми: «Іван Вишенський», «Олег Гориславич» тощо, а також цикли на теми українських народних казок, старовинної української музики; листівки на мотиви українських народних пісень: «Марічка» (1960), «Є у мене топір...» (1963); брав участь у створенні фільму «Тіні забутих предків» (режисер С. Параджанов, 1964).

Працював багатьма графічними техніками дерево- і ліногравюри та гравюри на металі, вдало поєднуючи реалізм з різними формальними спрощеннями, що притаманні графічним технікам, завдяки чому його графіки мають вигляд наскрізь сучасних, модерністичних творів. Особливо корисно на його стилі відбився вплив гуцульського народного мистецтва з логістикою його геометричних форм.

Відомий сучасний художник Сергій Якутович – його син.

Георгій Якутович помер 21 листопада 2000 року в Києві, похований на Байковому кладовищі.