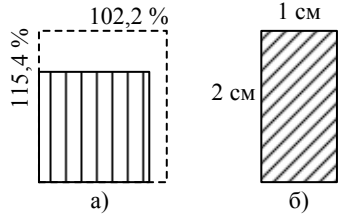


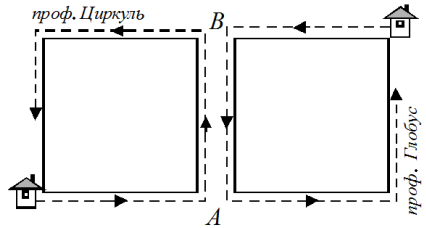
Теоретичний тур

8-й клас

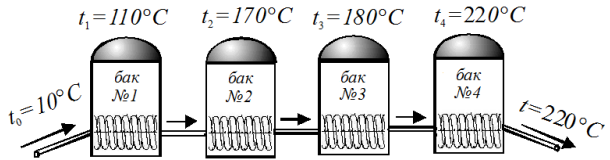
8.1. Квадратна пластинка, зроблена з анізотропного матеріалу, при нагріванні до деякої температури розширюється у вертикальному напрямку в $k = 1,154$ рази, а в горизонтальному – у $n = 1,022$ рази. На мал. 1а напрям найбільшого розширення матеріалу показаний прямими лініями. З цієї пластинки вирізають прямокутний фрагмент (мал. 1б) таким чином, що напрям найбільшого розширення складає кут 45° з основою, і також нагрівають його до тієї самої температури. У скільки разів збільшаться при нагріванні довжини бічних сторін та площа фрагменту? Вказівка: анізотропними називають матеріали, що мають різні фізичні властивості в різних напрямках.



8.2. Щовечора професор Глобус та професор Циркуль виходять на прогулянку й роблять “коло”, кожен навколо свого кварталу. Квартали – однакові квадрати (див. мал.). Професор Глобус виходить на прогулянку завжди точно о 18:00, йде вулицею повільно. Професор Циркуль на прогулянку виходить коли йому заманеться, йде швидко. Швидкості професорів від прогулянки до прогулянки не змінюються. За багато років професори зауважили, що вони зустрічаються на вулиці АВ, коли професор Циркуль виходить з дому в проміжок часу з 18:05 до 18:40. 1) У скільки разів швидкість професора Циркуля більша за швидкість професора Глобуса? 2) Скільки часу триває прогулянка професора Глобуса?

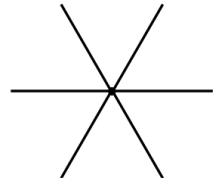


8.3. У цеху встановлено чотири баки, в яких ідуть хімічні реакції з виділенням тепла. Баки мають систему охолодження – охолоджувальна рідина прокачується через систему послідовно з’єднаних змійовиків (див. мал.). При цьому в кожному баку встановлюється постійна температура реагентів: 110°C , 170°C , 180°C та 220°C (при початковій температурі охолоджувальної рідини 10°C). Незважаючи на добру теплоізоляцію баків, вони все ж таки сильно нагрівали повітря в цеху. Тому для підтримання температури повітря 20°C доводилося вмикати кондиціонери. Запропонуйте новий спосіб послідовного з’єднання баків, для якої нагрівання повітря у цеху було б мінімальним. На скі-

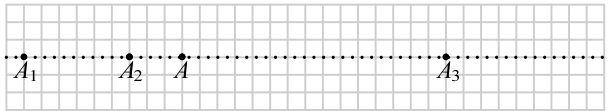


льки процентів вдасться при цьому зменшити потужність кондиціонерів? Вважати, що якість змійовиків дуже висока й на виході кожного з них охолоджувальна рідина має температуру рідини, що охолоджується; потоки тепла з баків у повітря прямо пропорційні різниці температур усередині та зовні баків; витік тепла в повітря нехтовно малий у порівнянні з відбором тепла через теплообмінники.

8.4. В одному з проектів марсоходу його колеса зроблені з шести пластин-стержнів (*див. мал.*), довжиною $a = 10$ см кожна. 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.



8.5. На *мал.* показано 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, а всі точки лежать на головній оптичній осі лінзи, перпендикулярній до площини дзеркала. Накресліть можливі розташування елементів оптичної системи. Визначте межі області, звідки можна побачити всі три зображення.

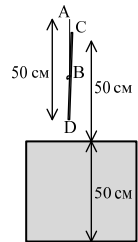


Задачі запропонували Є. П. Соколов (1-3), О. Ю. Орлянський (4), І. М. Гельфгат (5).

9 клас

9.1. Прямий відрізок алюмінієвого дроту утримують за нитку AB над широкою посудиною з водою (*див. мал.*). 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 $CD = 40$ см, площа перерізу $S = 1$ мм², густина алюмінію $\rho = 2,7$ г/см³, відстань $BD = 21$ см, прискорення вільного падіння $g = 9,8$ м/с², довжина відрізка $ADB = 50$ см.

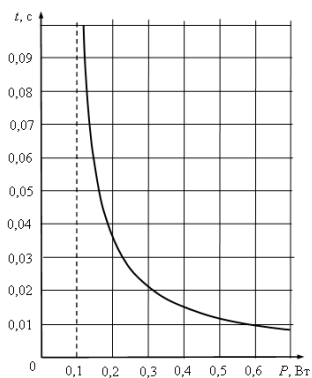


9.2. Сірник запалили, провівши ним уздовж половини довжини спеціальної смужки на сірниковій коробці (*див. мал.*). Сірник рухався рівномірно під кутом $\alpha = 60^\circ$ до поверхні. При цьому вздовж нього була прикладена силу $F = 1$ Н. 1). Вважаючи, що половина виконаної роботи пішла на нагрів речо-



вини в області контакту голівки сірника, оцініть, яка маса цієї речовини нагрілася до температури загорання 250°C (питома теплоємність речовини $c = 1 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot\text{K})$).

2). На експериментальному графіку (див. мал.) з урахуванням теплових втрат наведений час запалювання сірника в залежності від переданої йому потужності. З якою швидкістю рухався сірник в описаному досліді? Поясніть, чому при потужності, меншій деякого значення ($0,1 \text{ Вт}$ на графіку) сірник взагалі не загорається. Варто зазначити, що робота залежить від кута між силою і переміщенням $A = F \cdot l \cdot \cos\alpha$.

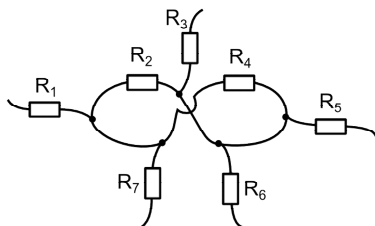


9.3. Див. 8 кл. № 5.

9.4. Дріт повітряної лінії електропередачі має композитну структуру (навколо центральних сталевих оцинкованих дротинок розташовані алюмінієві). Кожен наступний шар навиваються у напрямку, протилежному попередньому. На малюнку зображено дріт, що складається з 7 сталевих і 30 алюмінієвих дротинок однакового діаметру $d = 2,2 \text{ мм}$. Поясніть таку будову дроту та визначте опір 1 км його довжини. Як Ви вважаєте, зі скількох алюмінієвих дротинок складається наступний шар у більш товстих дротах? Визначте кут, під яким навиваються дротинки наступного шару. Питомі опори сталі та алюмінію $\rho_{\text{ст}} = 0,13 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$, $\rho_{\text{ал}} = 0,027 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$.



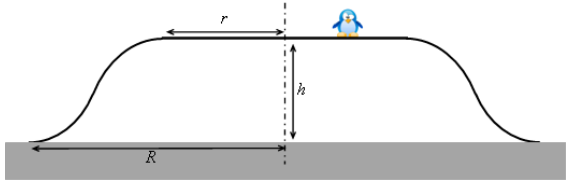
9.5. Ділянка електричної схеми містить сім резисторів (див. мал.). Схема коректно працює, якщо номінали вказаних резисторів дорівнюють їхнім номерам ($R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$ і т. ін.) Резистор R_2 перегорів, и замінити його новим резистором номіналом 2 Ом неможливо. Для відновлення працездатності схеми один із резисторів, що залишилися, замінили резистором іншого номіналу. Який резистор було замінено? Резистор якого номіналу впаляти замість нього?



Задачі запропонували О. Ю. Орлянський (1, 2, 4), І. М. Гельфгат (3), Є. П. Соколов (5).

10 клас

10.1. Пінгвіни обладнали невеликий айсберг під атракціон. Айсберг отримав симетричну форму і горизонтальну круглу верхівку-майданчик радіусом r , що плавно переходить у гладен



ський схил для спуску у воду. Біля води схил знову стає горизонтальним, а айсберг набуває радіусу R (див. мал.). Пінгвін, рухаючись прямолінійно, розганяється на горизонтальному майданчику, падає на лід і спускається вниз. 1) За якої умови пінгвін увійде у воду з максимальною швидкістю і чому вона дорівнює? 2) За якої умови пінгвін увійде у воду під мінімальним кутом до берегової лінії айсбергу і чому цей кут дорівнює? Опором повітря, тертям під час спуску схилом знехтувати. Вважати, що під час спуску пінгвін не відривається від поверхні айсбергу. Коефіцієнт тертя між лапами пінгвіна і поверхнею горизонтального майданчика $\mu = 0,5$. Висота надводної частини айсберга $h = 5$ м, радіуси $r = 5$ м, $R = 10$ м, $g = 9,8$ м/с².

10.2. Див. 9 кл. № 4.

10.3. З планети радіусом 6400 км із прискоренням вільного падіння поблизу поверхні 10 м/с² готується запуск космічної обсерваторії (КО), яка б мала рухатися по орбіті планети, але «попереду» неї – на відстані, що приблизно сягає 1,5 млн. км. Планета є однорідною кулею, атмосфера та добове обертання відсутні. Вона рухається навколо центральної зорі коловою орбітою радіусом 150 млн. км зі швидкістю 30 км/с. На планеті є тунель, що проходить по її діаметру – якраз у напрямку орбітального руху планети. 1) Як можна застосувати цей тунель для економії палива при запуску КО? Скільки відсотків палива можна зекономити? Двигун КО розрахований на одне короткочасне вмикання; згорання палива можна вважати миттєвим. 2) Як зміниться відстань між планетою та КО після одного повного обертання КО навколо зорі, якщо в заданому положенні її швидкість спрямована по дотичній до колової орбіти й дорівнює 29,99 км/с?

10.4. Див. 8 кл. № 3.

10.5. Див. 9 кл. № 5.

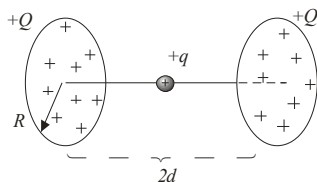
Задачі запропонували О. Ю. Орлянський (1 – 2), І. М. Гельфгат (3), Є. П. Соколов (4, 5).

11 клас

11.1. Постійне магнітне поле спрямоване вздовж 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 вздовж осі Oy . Який напрямок середньої швидкості переміщення електрона за час набагато більший періоду циклотронного обертання? Оцініть її величину.

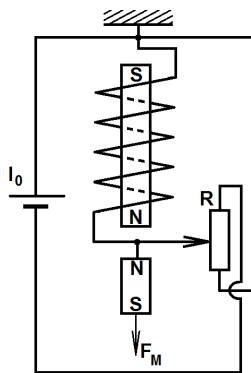
11.2. Еластична гумова куля розширюється, об'єм кулі зростає з постійною швидкістю u . На кулі сидить мураха. В момент часу t_0 на поверхню кулі впала крихта хлібу на відстані L від мурахи вздовж поверхні кулі. Радіус кулі в цей момент часу R_0 . Мураха голодна, і одразу почала рухатись в напрямку їжі, яка може знаходитись на поверхні кулі в точці падіння лише фіксований інтервал часу τ , а потім злетить з поверхні кулі. З якою швидкістю v повинна рухатись мураха в напрямку крихти, щоб гарантовано пообідати нею? Розміри мурахи та крихти хліба значно менші за розмір кулі.

11.3. Заряджена мала намистинка може ковзати без тертя вздовж нитки, що з'єднує центри двох нерухомих паралельних рівномірно заряджених круглих пластин (див. мал.). Знайти період малих коливань намистинки поблизу положення рівноваги. Заряди намистинки та кожної пластини однакові й дорівнюють q та Q відповідно, маса намистинки m , радіус пластин R , відстань між пластинами $2d$.



11.4. Вода в електричному чайнику потужністю 2 кВт нагрілася від 20 до 100°C за 4 хв. Коли потужність нагрівника чайника зменшили до 1,46 кВт, час закипання води збільшився до 8 хв. Визначте: а) масу води в чайнику; б) час остигання води від 100 до 95°C після вимикання чайника. Питома теплоємність води 4,2 кДж/(кг·К), температура в кімнаті 20°C, теплоємністю чайника знехтувати. Вважати теплові втрати пропорційними різниці температур води та повітря в кімнаті.

11.5. Металева пружина жорсткістю k використовується також як котушка (з активним опором R_0) електромагніту, відштовхуючи підвішений на цій пружині як вантаж постійний магніт із силою, пропорційною до сили струму через неї: $F_M = aI$. Осердя електромагніту закріплене, разом з верхнім кінцем пружини. В положенні рівноваги за відсутності струму рухомий електрод встановлюється точно посередині реостату з повним опором R , а за наявності струму цей електрод зсувається на відстань x в напрямку дії сили F_M , змінюючи опір між рухомим електродом та крайнім виводом реостату на величину $\Delta R = \beta x$. Зсув x вважати дуже малим у порівнянні з віддаллю між вантажем та осердям електромагніту. Якою буде сила струму I_1 через пружину, якщо підключити до системи джерело сталого струму ($I_0 = const$, див. мал.)? Перехідними процесами знехтувати.



Задачі запропонували І. О. Анісімов (1), С. Й. Вільчинський, О. С. Томалак (2), С. П. Соколов (3), І. М. Гельфгат (4), О. І. Кельник (5).