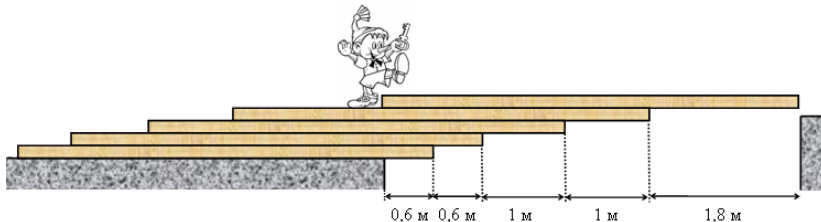


ЛІ Всеукраїнська олімпіада юних фізиків, м. Суми, 2014  
**Теоретичний тур**  
**8-й клас**

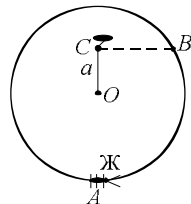
**8.1.** У безвітряну погоду прямим шосе їде колона автомобілів, підтримуючи відстань 100 м один від одного. Крайній автомобіль подає звуковий сигнал. Почувши його, водій наступного автомобіля з невеликою затримкою ( $\tau = 1$  с) тисне на клаксон. Так від одного автомобіля до іншого з однаковими затримками часу сигнал передається з одного кінця колони в інший. Знайдіть швидкості поширення сигналу в один та в інший бік колони. Швидкість звуку у повітрі  $c = 325$  м/с, швидкість колони  $v = 90$  км/год.

Застосуйте аналогічну ідею для пояснення поширення світла в прозорому середовищі, вважаючи, що між атомами квант світла рухається зі швидкістю світла у вакуумі  $c$ , на деякий час поглинається, а потім випромінюється знову. Швидкість поширення світла у середовищі  $u_0 = c/n$ , де  $n$  – показник заломлення цього середовища. Знайдіть, на скільки швидкість  $u$  світла у напрямку руху потоку води ( $n = 4/3$ ) перевищує швидкість  $u_0$  світла у нерухомій воді. Швидкість води  $v = 7$  м/с.

**8.2.** Буратіно вирішив утекти з полону у Карабаса-Барабаса. Він знайшов п'ять однакових дубових дощок, кожен утримав за себе, і висунув їх над прірвою (див. мал.). Доведіть, що дошки у такому положенні самі собою втримаються і не впадуть. Наскільки далеко Буратіно може обережно пройти ними? Запропонуйте Буратіно, як утекти від Карабаса-Барабаса, маса якого така сама, як у Буратіно і всіх дощок, разом узятих.



**8.3.** Легкий диск радіусом  $R = 8$  см, який може вільно обертатися, підвішений на осі, що проходить на відстані  $a = 4$  см від його центру (див. мал.). У нижню точку  $A$  диска сідає важкий жук і починає повзти по краю диска. Який шлях пройде центр диска (точка  $O$ ) до того моменту, коли жук доповзе до точки  $B$ ? Задачу розв'язати, припускаючи, що жук набагато важчий, ніж диск.



**8.4.** На фото, зробленому з Землі (штат Флорида, США), МКС і «Атлантис» на фоні Сонця під час останньої експедиції відвідування 25 травня 2010 року (*див. мал.*). Міжнародна космічна станція (МКС) має довжину 72,8 м, ширину 108,5 м. Довжина багаторазового корабля «Атлантис» 37 м, а розмах крил складає 24 м. Поясніть відмінність між співвідношеннями розмірів на фото і у дійсності. Визначте висоту орбіти МКС над поверхнею Землі. Радіус Сонця 696 тис. км, відстань від Сонця до Землі 149,6 млн. км. Землю вважайте кулею.



*Зауваження:* під час розв'язку задачі можете скористатись виданою Вам лінійкою.

**8.5.** Струмінь води, що витікає з крана, звужується донизу. Знайти залежність діаметра  $d$  струменя від відстані  $l$  до крана. Початкова швидкість витікання води  $v_0$ , діаметр отвору крана  $d_0$ .

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

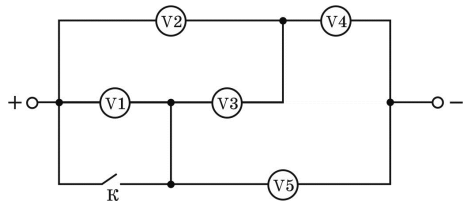
## 9 клас

**9.1.** В електрочайник потужністю 2 кВт налили літр води. Після того, як вода почала інтенсивно кипіти, чайник автоматично вимикається, але кипіння продовжується ще 15 с, поступово зменшуючи інтенсивність утво-

рення бульбашок пари. Ще через 30 с температура води у чайнику зменшується на  $1^{\circ}\text{C}$ . Вважаючи, що інтенсивність кипіння після вимкнення чайника зменшувалась рівномірно визначте середню температуру нагрівального елемента чайника у момент вимкнення. Чому дорівнює ККД чайника при температурах води, близьких до  $100^{\circ}\text{C}$ ? Запропонуйте формулу залежності ККД чайника від температури води. Маса нагрівального елемента  $m = 200\text{ г}$ , його питома теплоємність  $c = 500\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ , питома теплоємність води  $c_{\text{в}} = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ .

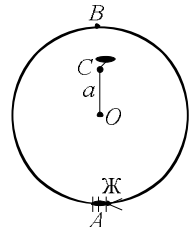
**9.2.** Тонка паличка  $AB$  суміщена із головною оптичною віссю збиральної лінзи так, що точка  $A$  збігається з точкою подвійної фокусної відстані лінзи, а точка  $B$  знаходиться на відстані  $2,5 F$  від лінзи. Паличка починає рухатися з швидкістю  $v = \text{const}$  у напрямку оптичного центра лінзи. Визначте відношення середніх швидкостей руху зображень точок  $A$  і  $B$  за час, протягом якого точка  $B$  переміститься в точку  $2F$  лінзи. Визначте відношення розмірів зображення до розмірів палички в момент часу, коли точка  $B$  проходить точку  $2F$ .

**9.3.** Учень склав із п'яти вольтметрів коло (див. мал.) та приєднав його до джерела постійної напруги. Відомо, що вольтметри  $V_1$  і  $V_4$  однакові. У таблиці наведені покази деяких вольтметрів залежно від положення ключа  $K$ . У скільки разів опори вольтметрів  $V_1$  і  $V_3$  відрізняються від опору вольтметра  $V_2$ ?

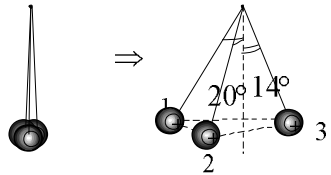


Покази вольтметрів	Ключ К розімкнено	Ключ К замкнено
$V_1$	3 В	0
$V_2$	2 В	1 В
$V_3$	3 В	4 В

**9.4.** Невагомий диск радіуса  $R = 8\text{ см}$ , який може вільно обертатися, підвішений на осі, що проходить на відстані  $a = 4\text{ см}$  від його центру (див. мал.). У нижню точку диска  $A$  сідає важкий жук і починає повзти по краю диска зі швидкістю  $V = 12\text{ мм/хв}$  на протилежний край диска, в точку  $B$ . Через який час жук набере максимальну швидкість (відносно нерухомої системи відліку)? Чому вона дорівнює? Чому дорівнює швидкість жука щодо нерухомої системи координат в той момент, коли він проповзе половину шляху  $AB$  відносно диска?



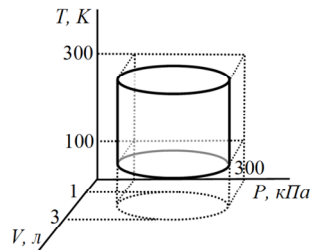
**9.5.** Три провідні кульки однакового розміру, але зроблені з різних матеріалів, підвісили на трьох нитках однакової довжини, закріплених в одній точці. Після надання цим кулям деякого заряду, кульки за рахунок кулонівського відштовхування розійшлися, утворивши рівнобедрений трикутник (див. мал.). При цьому нитки першої та другої кульки утворили з вертикаллю кут  $20^\circ$ , а нитка третьої кульки – кут  $14^\circ$ . Які кути з вертикаллю утворять нитки, якщо у новому досліді кулям надати заряд, у 2014 разів більший від попереднього?



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

## 10 клас

**10.1.** Гелій знаходиться у спеціальному циліндрі з рухомих поршнем. Контролюючий пристрій забезпечує обмеження на можливі значення об'єму, тиску, температури і маси газу. Ці обмеження мають вигляд циліндричної поверхні на  $P$ - $V$ - $T$  діаграмі (див. мал.), де тиск може змінюватись від 100 кПа до 300 кПа, об'єм – від 1 л до 3 л, а температура – від 100 К до 300 К. Знайдіть мінімальне і максимальне значення, яке може мати маса газу у циліндрі, і вкажіть на діаграмі відповідні точки. Вантаж якої маси можна покласти на невагомий поршень, якщо циліндр закріпити у вертикальному положенні? Знайдіть максимальну корисну роботу, яку може виконати газ під поршнем, піднімаючи вантаж. Зовнішній атмосферний тиск  $P_A = 100$  кПа, площа поршня  $S = 1$  дм<sup>2</sup>.

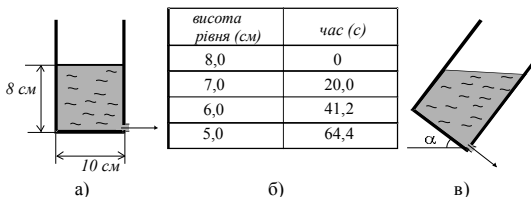


**10.2.** Учень вирішив зробити новорічну гірляндю з однакових лампочок розжарювання, розрахованих на потужність  $P = 4,9$  Вт і напругу  $U = 220$  В кожна. Для цього він з'єднав між собою п'ять клем лампочками (по одній лампочці між будь-якою парою клем) і до двох клем підключив джерело напруги 220 В. Нехтуючи залежністю опору від температури, знайдіть потужності, що виділятимуться у лампочках. Якими стануть ці потужності, якщо одна з лампочок перегорить? Дайте відповіді на попередні питання у випадку довільної кількості клем  $n$ .

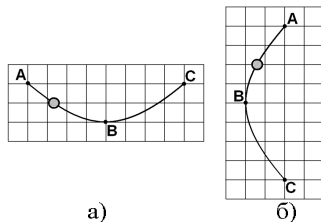
**10.3.** Модель гусениці складається з  $n$  однакових частин-модулів, що можуть віддалятися один від одного в напрямку руху на відстань  $l = 1$  см. Гусениця висуває вперед перший модуль, потім підтягає до нього другий, і так далі аж до останнього. Чому може дорівнювати швидкість гусениці? Гусениця з якою кількістю частин виявиться найпрудишою? Коефіцієнт

тертя між поверхнями столу і гусениці  $\mu = 0,8$ . Під час руху одного модуля всі інші нерухомі, а сила, з якою гусениця рухає модуль, спрямована вздовж її тулуба. Під яким максимальним кутом до горизонту гусениця може підніматися по похилій площині?

**10.4.** Високу призматичну посудину наповнюють водою до висоти 8 см і потім відкривають невеликий отвір, розташований біля дна (див. мал. а). Таблиця (див. мал. б) показує, як знижується після цього рівень води в посудині з часом. Після того як рівень води опустився на 3 см, отвір закривають і нахиляють посудину на кут  $\alpha = 37^\circ$  (див. мал. в). Через який час після відкриття отвору рівень води в нахиленій посудині знизиться ще на 1 см? Основа посудини – квадрат зі стороною 10 см, для розрахунків прийняти  $\sin \alpha = 3/5$  і  $\cos \alpha = 4/5$ .



**10.5.** По вигнутій дротині може без тертя ковзати намистинка (див. мал.). Якщо розташувати цю дротину горизонтально, як показано на мал. а, і відпустити намистинку з точки А без початкової швидкості, то її прискорення в нижній точці В дорівнюватиме  $a = 10 \text{ м/с}^2$ . Ту саму дротинку, так само вигнуту, розташовують вертикально і знову відпускають намистинку з точки А без початкової швидкості (мал. б). Яким у цьому випадку буде її прискорення в точці В? Для розрахунків прийняти  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , необхідні геометричні дані подано на мал.

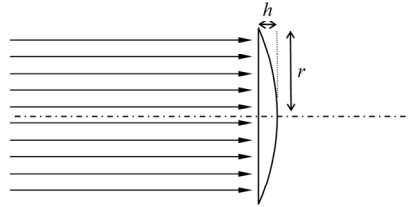


Задачі запропонували О. Ю. Орлянський (1–3), Є. П. Соколов (4, 5).

## 11 клас

**11.1.** Мінімальна відстань від астероїда до Сонця дорівнює 0,5 а. о., а максимальна – 1,5 а. о. Запишіть рівняння траєкторії астероїда в інерціальній системі відліку, пов'язаній із Сонцем. Зобразіть схематично траєкторію. Розрахуйте кути її перетину з траєкторією Землі. Зобразіть схематично траєкторію астероїда у системі відліку, що обертається навколо Сонця разом із Землею. Обґрунтуйте вигляд траєкторії. Визначте напрям дотичної до цієї траєкторії на відстані 1 а. о. від Сонця. Вважайте орбіту Землі колом радіусом 1 а. о. Астероїд і Земля обертаються навколо Сонця в одній площині та в один бік, вважайте Землю за матеріальну точку.

**11.2.** Тонка плоско-опукла лінза радіусом  $r$  і товщиною  $h = 2,5$  мм виготовлена з матеріалу, показник заломлення якого  $n$ . У повітрі на плоску поверхню лінзи перпендикулярно до неї падає паралельний пучок монохроматичного світла (див. мал.). Якщо опукла частина лінзи утворена сферичною поверхню, паралельний пучок після проходження лінзи в одній точці не збирається, а освітлює деякий об'єм біля фокусу. Визначте найменшу довжину відрізка головної оптичної осі, що виявиться освітленим.



**11.3.** Необмежена ідеально провідна заряджена площина з поверхневою густиною заряду  $\sigma$  та поверхневою густиною маси  $\rho$  починає поступально рухатися зі швидкістю  $v_0$ , перпендикулярно до своєї поверхні. В початковий момент часу вона знаходиться в лівому кінці вакуумного міжелектродного проміжку довжиною  $L$ , обмеженому двома ідеально провідними заземленими нескінченими площинами. За якої умови заряджена площина долетить до правого кінця проміжку?

**11.4.** Протон рухається по гвинтовій траєкторії навколо напрямку магнітного поля Землі у радіаційному поясі ван Аллена, де мінімальна індукція магнітного поля в середній частині поясу складає  $B_1 = 6,5$  мкТл. За якого співвідношення між поздовжньою (вздовж напрямку геомагнітного поля) та поперечною швидкістю протона в середній частині поясу буде можливим його відбивання від області більш сильного магнітного поля поблизу магнітного полюсу, де максимальне значення поля складає  $B_2 = 65$  мкТл.

*Вказівка:* Індукція магнітного поля вздовж його напрямку змінюється дуже повільно.

**11.5.** Якщо маленька кулька падає в повітрі з великої висоти, вона розганяється до максимальної швидкості  $u = 10$  м/с. Цю кульку кинули з рівня Землі з початковою швидкістю  $v_0 = 20$  м/с під кутом  $\alpha = 30^\circ$  до горизонту. Кулька впала на землю через  $t = 1,6$  с. Визначте: 1) швидкість  $v_1$  кульки у верхній точці; 2) модуль швидкості  $v$  кульки перед падінням; 3) відстань  $L$  від початкової точки до точки падіння. Чи може висота  $H$  верхньої точки траєкторії дорівнювати 1,5 м? Вважайте, що сила опору повітря прямо пропорційна швидкості,  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

Задачі запропонували О. Ю. Орлянський (1, 2), І. О. Анісімов (3), О. І. Кельник (4), І. М. Гельфгат (5).