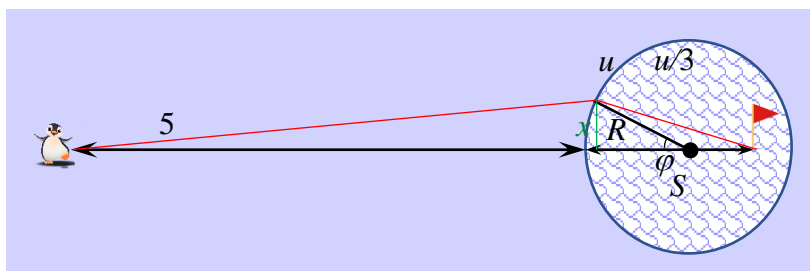


**Міністерство освіти і науки України**  
**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**  
**Український фізико-математичний ліцей Київського національного**  
**університету імені Тараса Шевченка**  
**XXIV Всеукраїнська учнівська Інтернет-олімпіада з фізики**  
**2024/2025 навчального року**  
**I (заочний) етап II тур**  
**9 клас**

**1. «Серед морів, серед крижин живе розумненький пінгвін!»**

Пінгвін Понго любить не тільки спортивне плавання, але і фізику, і вмів знаходити найвигідніші шляхи, добираючись до цілі за найкоротший час. Однак при цьому Понго завжди поспішає і розглядає лише траєкторії, які



мало відхиляються від прямої, що з'єднує точку старту та фінішу. Сьогодні перед Понго стоїть непроста задача. Він повинен добратися до фінішу  $F$ , який знаходиться у області з крижинами, де його швидкість пересування зменшується втричі, з  $u$  до  $u/3$  (див. рис.). Радіус крижаної області  $R$ , відстань до неї  $L=5R$ . Виявилось, що якщо фініш знаходився достатньо близько до дальньої границі крижаної області, то Понго не плив по прямій, а обирав інший шлях, що представляв собою ламану з двох відрізків, у воді і у крижаній області. Однак при наближенні фінішу  $F$  до центру кола стратегія Понго перестала давати вигоди.

А) Яким було це **критичне положення** фінішу  $F_{кр}$ , після якого Понго мав змінити стратегію? Відстань вкажіть від дальньої точки крижаної області.

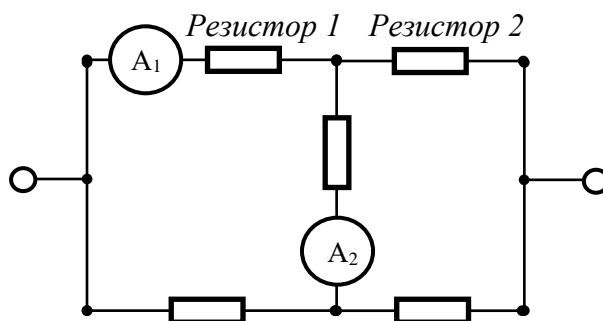
Б) **За яких відстаней  $L$**  такої такої точки не буде і Понго завжди буде вигідно рухатися по прямій?

В) Нехай тепер відстань  $L$  буде набагато перевищувати радіус області  $R$ , а фініш буде поблизу дальньої точки крижаної області. Якою тепер, на ваш погляд, буде **оптимальна траєкторія** Понго, якщо він врахує навіть такі траєкторії, які сильно відрізнятимуться від прямолінійної?

Примітки: а) уважайте, що початкова позиція Понго, центр області і фініш знаходяться завжди на одній прямій; б) розмірами Понго порівняно з важливими відстанями у задачі знехтуйте; в) для  $x$ , значення яких набагато менше за одиницю, справедлива наближена рівність  $\sqrt{1+x} \approx 1+x/2$

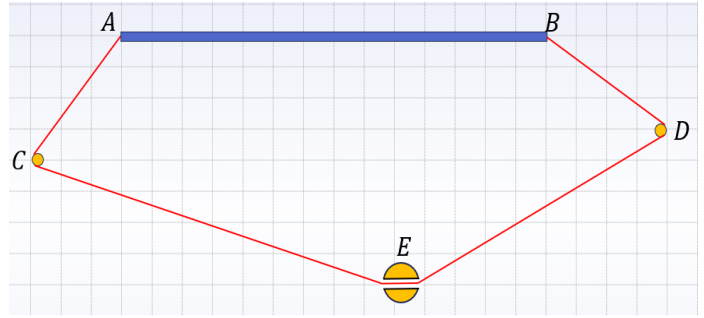
**2. «Вангуюмо покази амперметра!»**

У схемі, показаній на рисунку, потужності, що виділяються на резисторах 1 і 2 дорівнюють відповідно  $P$  і  $2P$ , напруга на колі  $U$ , а амперметр  $A_1$  показує значення сили струму  $I_0$ . Що може показувати амперметр  $A_2$ ? Прилади вважайте ідеальними, опором з'єднувальних дротів знехтуйте.



### 3. «Важіль на намистинці»

На рисунку показаний важіль  $AB$ , до кінців важеля прив'язані кінці невагомої нитки, що огинає два нерухомі блоки  $C, D$ . Уздовж нитки може ковзати масивна «намистинка»  $E$ . Важіль і нитка невагомі, тертя відсутнє.



А) Де крізь стержень  $AB$  має проходити **вісь обертання**, якщо його горизонтальне положення відповідає стану рівноваги системи?

Б) Чи не припущено на рисунку неточності у виборі положення «намистинки»? Обґрунтуйте свою відповідь.

### 4. «Безсенсовий камін»

Уявіть собі камін, який не віддає жодного тепла в кімнату, в якій він знаходиться, хоча в ньому й спалюється вугілля. Висота теплоізовованої від навколишнього середовища труби димаря каміна дорівнює  $h$ .

Уважайте, що:

- при спаленні вугілля (який складається лише з вуглецю) єдиними наслідками процесу є утворення вуглекислого газу та віддача тепла повітрю, що підіймається по трубі;
- при проходженні повітря через полум'я в хімічній реакції задіюється лише відсоткова (за масою) частина  $\beta$  від всієї кількості кисню в повітрі (масова частка кисню в повітрі складає  $\delta = 23\%$ ). Значення  $\beta$  є відомим і набагато меншим за  $100\%$ , тож склад повітря майже не змінюється;

- швидкість повітря в трубі каміна всюди однакова та описується наступним виразом:

$$V = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \text{ де } \Delta p - \text{різниця тисків на вході в камін зі сторони кімнати перед полум'ям та}$$

в димарі каміна в його нижній точці,  $\rho$  – густина повітря в трубі димаря;

- повітря в димарі однорідне, має майже однакову густину та температуру в будь-якій точці. Питому теплоємність повітря вважайте відомою  $c_p$ . Площа поперечного перерізу труби димаря рівна  $S$ ;

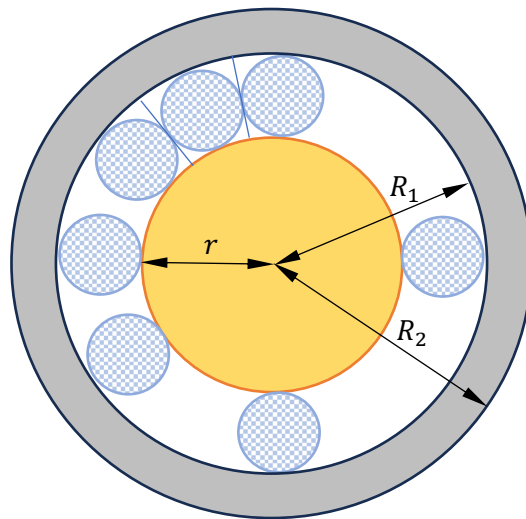
- температури навколишнього середовища та кімнати однакові та рівні  $T_0$  (камін явно не справляється зі своїми обов'язками), а температура повітря в гарно прогрітому димоході  $T_h$ . Зв'язок між температурою повітря та його густиною наближено можна описати формулою  $\rho = \frac{\gamma}{T}$ , де  $\gamma$  – відомий коефіцієнт.

- Питома теплота згоряння вугілля  $q$  та будь-які необхідні маси атомів хімічних елементів та молекул відомі.

Знайдіть, **яка маса вугілля** спалюється за одиницю часу.

### 5. «Гламурний кулькопідшипник»

Один з приладів космічного корабля потребує використання відшліфованих до сферичної форми алмазів, діаметром  $d = 1$  см кожний. Алмазні кулі мають розміщатися ззовні золотого циліндру і всередині платиного (див. схем. Рис.). Цей прилад має використовуватись у широкому діапазоні температур, але будь-які механічні напруження алмазних кульок або їх випадання з зазору між циліндрами не допускаються. Температурні коефіцієнти лінійного розширення при температурі  $20^\circ\text{C}$  і діаметру кульок 1 см: алмазу  $\alpha = 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ , золота  $\alpha_z = 14 \cdot 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ , платини  $\alpha_{\text{п}} = 9 \cdot 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ . Ці коефіцієнти можуть бути використані під час розрахунків в інтервалі температур  $20^\circ\text{C} \pm 200^\circ\text{C}$  роботи цього приладу. За рахунок великої теплопровідності алмазу і металів температуру усіх елементів приладу у будь-який момент часу можна вважати однаковою.



**А) Якими мають бути радіус золотого циліндру  $r$  і радіуси платиного  $R_1, R_2$  за температури  $20^\circ\text{C}$ , щоб прилад працював у широкому інтервалі температур?**

**Б) Оцінити максимальну кількість алмазних куль, які в один ряд помістяться навколо золотого циліндра? Урахуйте, що для унеможливлення дотику сусідніх куль між ними вставлені тонкі прокладки товщиною 50 мкм з таким самим коефіцієнтом  $\alpha$ , що й у алмаза.**

**В) У якому інтервалі температур за цієї кількості куль прилад вдасться експлуатувати?**

**Задачі запропонували: 1-2. Майзеліс З.О. 3. Гельфгат І.М., 4. Олійник А.О., 5. Орлянський О.Ю.**