

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'єднає 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 вигоду.

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

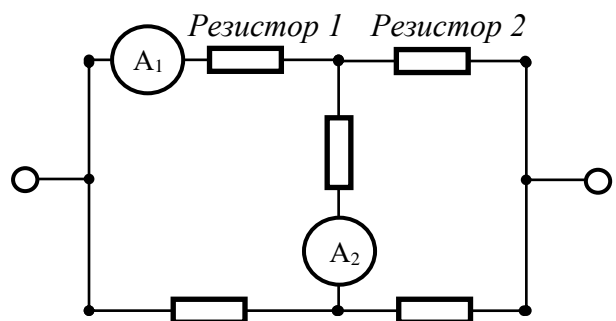
Б) **За яких відстаней** L такої такої точки не буде і Понго завжди буде вигідно рухатися по прямій?

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 $\sqrt{1+x} \approx 1+x/2$

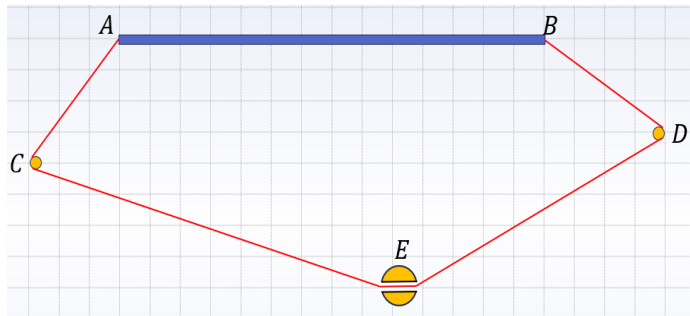
2. «Вангуюмо покази амперметра!»

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 теплоізолюваної 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 β від всієї кількості кисню в повітрі (масова частка кисню в повітрі складає $\delta = 23\%$). Значення β є відомим і набагато меншим за 100% , тож склад повітря майже не змінюється;
- швидкість повітря в трубі каміна всюди однакова та описується наступним виразом:

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

в димарі каміна в його нижній точці, ρ – 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 ;

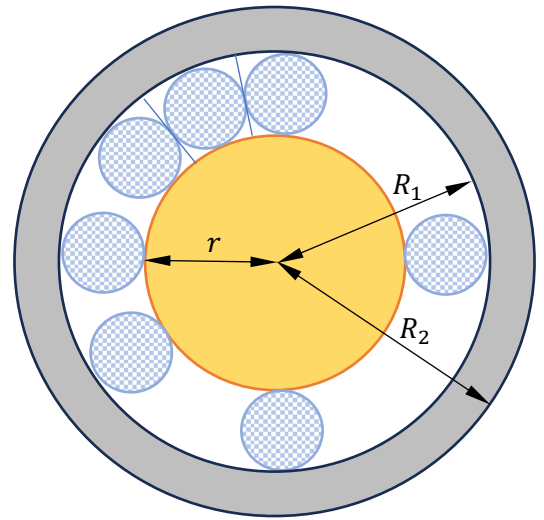
- температури навколишнього середовища та кімнати однакові та рівні T_0 (камін явно не справляється зі своїми обов'язками), а температура повітря в гарно прогрітому димоході T_h . Зв'язок між температурою повітря та його густиною наближено можна описати формулою $\rho = \frac{\gamma}{T}$, де γ – відомий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

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°C і діаметру кульок 1 см: алмазу $\alpha = 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$, золота $\alpha_3 = 14 \cdot 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$, 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°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 α , 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.