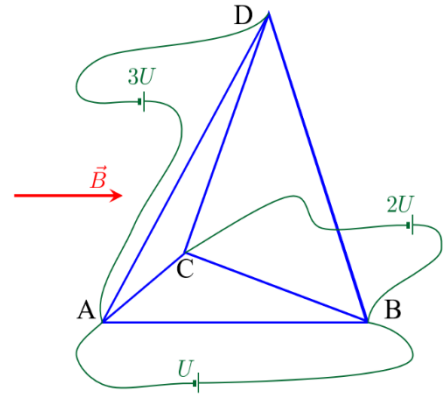


**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний центр «Мала академія наук України»**  
**LIX Всеукраїнська учнівська олімпіада з фізики, м. Львів, 2025**  
**Теоретичний тур, 11-й клас**

**1. «Електромагнітна стереометрія»**

Правильний тетраедр ABCD з довжиною ребра  $l$  виготовлено з однорідного дроту так, що опір кожного ребра тетраедра  $R$ . Між точками A і B приєднують ідеальне джерело з напругою  $U$ , між точками B і C ще одне джерело з напругою  $2U$ , а між точками A і D - третє джерело з напругою  $3U$ . Тетраедр розташований у однорідному магнітному полі, вектор індукції якого  $\vec{B}$  направлений вздовж ребра AB.



**А. Знайдіть електричний опір** тетраедра між двома його вершинами.

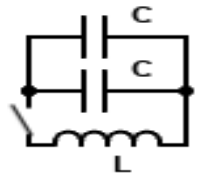
**Б. Знайдіть силу струму** у кожному ребрі тетраедра.

**В. Доведіть**, що сила Ампера, яка діє на тетраедр, дорівнює силі Ампера, що діє на прямий провідник, що з'єднує точки підключення напруги.

**Г. Знайдіть силу**, яка діє на тетраедр з боку зовнішнього однорідного магнітного поля. Можете використати твердження з п.В, навіть якщо ви не змогли його довести.

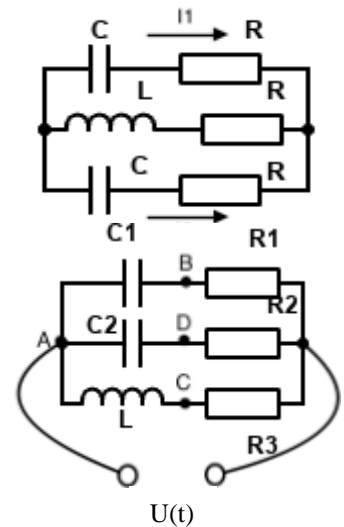
**2. «Схематозне безумство»**

**А.** Коливний контур, зображений на рисунку, складається з двох конденсаторів  $C = 1000$  мкФ, котушки індуктивності  $L = 0,1$  Гн та ключа. Спочатку ключ був розімкнутий, а заряд на кожному конденсаторі дорівнював  $q = 1$  мкКл. Знайти **максимальний струм** через котушку  $I_{\max}$  після замикання ключа.



**Б.** Змінимо контур. Приєднаємо до кожного елемента коливного контуру резистор опором  $R = 10$  Ом (дивись рисунок). У певний момент часу виконуються умови:  $\frac{dI_L}{dt} = 0$ ,  $I_1 = 10$  А та  $I_2 = 12$  А. Обчислити яка максимальна **кількість теплоти**  $Q$  може виділитися в системі починаючи з цього моменту часу.

**В.** Додатково модифікуємо контур. Замінимо резистори опором  $R = 10$  Ом на резистори різного опору та під'єднаємо контур до джерела змінної напруги з відомим амплітудним значенням  $U_0$  та циклічною частотою  $\omega$  (дивись третій рисунок). Відомо, що параметри системи зв'язані між собою співвідношенням  $\frac{1}{C_1 \omega R_1} = \frac{\omega L}{R_3} = \sqrt{3}$ . Виразити **амплітудні значення**  $U_{CA}$  та  $U_{BA}$  через  $U_0$  після встановлення коливань.



**3. «Інопланетний диск»**

Космічна станція інопланетян, що має форму тонкого плаского диску, готується до подорожі деякою галактикою.

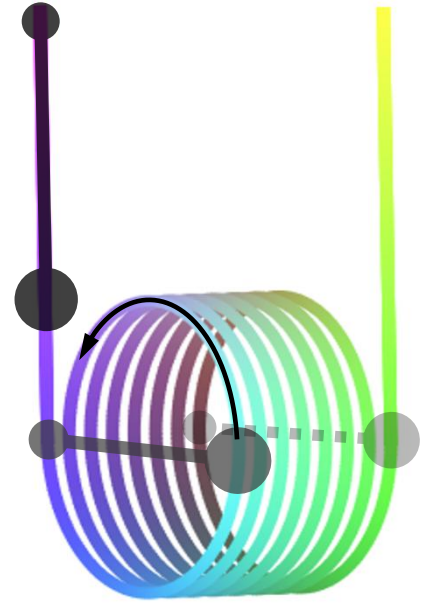
**А. Штучна гравітація.** Маючи великі запаси енергії, інопланетяни вирішили проблему відсутності гравітації, розганяючи свою станцію так, щоб на ній відчувалось прискорення  $a = 15$  м/с<sup>2</sup>. Вважаючи, що станція стартує біля центру галактики, знайти **яку швидкість** вона набере відносно цього центру галактики, коли за галактичним годинником пройде  $t = 2 \times 10^7$  с? Швидкість світла у вакуумі  $c = 3 \times 10^8$  м/с.

**Б. Зіткнення.** Безпосередньо перед стартом, коли станція ще не оберталась, інопланетяни помічають поблизу астероїд маси  $m$ , що летить в їхній бік. Уважаючи, що удар астероїда був абсолютно непружним, а безпосередньо перед зіткненням астероїд знаходився на відстані  $b$  від центру станції і мав невелику швидкість  $v$ , спрямовану перпендикулярно площині її диску, знайдіть, **в яких місцях** на станції не відчувалось прискорення від удару. Маса станції  $M$ . Момент інерції однорідного диску відносно осі, що проходить крізь центр мас і лежить в площині диску, дорівнює  $MR^2/4$ .

**Примітка.** Вам може знадобитись інтеграл  $\int (1 - x^2)^{-3/2} dx = \frac{x}{\sqrt{1 - x^2}} + C$ .

#### 4. «Від гвинта!»

На рисунку зображений жорсткий дріт у вигляді фрагменту гвинтової лінії з розпрямленими вертикальними кінцями. На дріт надіті дві кульки, шарнірно з'єднані легким стержнем максимально можливої довжини, що дозволяє цій «гантелі» рухатись вздовж гвинтової лінії. У початковому положенні нижня кулька (більша на рис.) утримувалась на рівні верхніх частин витків дроту. Кульки відпускають. Силами тертя, опору повітря, розміром кульок знехтувати. Прискорення вільного падіння  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ , радіус гвинтової лінії  $R = 20 \text{ см}$ . Наведений рисунок є схематичним, але кількість витків на ньому вказана точно.



**А.** Знайдіть час руху цієї «гантелі» вздовж дуг гвинтової лінії, тобто від одного крайнього горизонтального положення стержня до іншого (див. рис.). Уважайте, що маси кульок однакові, а відстань між витками гвинтової лінії набагато менша за її радіус.

Далі розглядаємо випадки, коли більша за розміром кулька має втричі більшу масу, а відстань між витками  $h = 18 \text{ см}$ . Не забудьте врахувати відповідну зміну довжини «гантелі».

**Б.** На яку максимальну висоту підніметься більша кулька після проходження гвинтової лінії?

**В.** Внаслідок малих сил тертя й опору рух кульок поступово сповільнюється. Визначте період малих коливань кульок через великий проміжок часу.

Зазначимо, що відстань між витками  $h = 18 \text{ см}$  вимірюється вздовж осі симетрії гвинтової лінії, а радіус  $R$  – у перпендикулярному напрямку.

#### 5. «День/ніч»

Космічна експедиція дісталася зоряної системи, що складається з центральної масивної зорі (З), однієї планети (П) та її супутника (С). Радіус планети дорівнює 6000 км, радіус супутника – 1000 км. Супутник рухається по коловій орбіті радіусом 400000 км. Середня густина планети та супутника однакова:  $\rho = 5000 \text{ кг/м}^3$ . Відстань від планети до зорі становить кілька сотень мільйонів кілометрів. Доба на планеті триває 12 земних годин, вісь добового обертання утворює прямий кут з площиною А орбіти планети навколо зорі. Експедиція вимірює прискорення вільного падіння на планеті.

Гравітаційна стала дорівнює  $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ .

**А.** На скільки відсотків відрізняються прискорення вільного падіння на полюсі та на екваторі внаслідок добового обертання планети?

**Б.** Оцініть, на скільки відсотків *можуть* відрізнятися прискорення вільного падіння в різних точках екватора внаслідок гравітаційного впливу супутника планети.

**В.** Супутник є кулею без атмосфери, кожна маленька ділянка поверхні якої поглинає 40 % енергії падаючого світла в будь-якому діапазоні довжин хвиль, а решту відбиває в усіх напрямках таким чином, що всі освітлені частини «диску» супутника здалеку виглядають однаково яскравими. Нехай кут  $\alpha$  – це кут між напрямками «супутник–зоря» (С–З) і «супутник–планета» (С–П). Площина орбіти руху супутника навколо планети збігається з площиною А, можливість затемнень не враховуйте.

Експедиція також спостерігає за змінами освітленості  $E$  точки екватора планети протягом тривалого часу.

**Визначте залежність** відношення  $\frac{E_{\text{ніч}}}{E_{\text{день}}}$  від  $\alpha$  ( $E_{\text{ніч}}$ ,  $E_{\text{день}}$  – освітленості відповідно опівночі та опівдні за однакового значення кута  $\alpha$ ), накресліть схематичний графік цієї залежності.

**Задачі запропонували:**

1. Майзеліс З.О., 2. Абдулханов А.М., Пашко М.І., 3. Прасолов О.К., Пашко М.І., 4. Орлянський О.Ю., 5. Гельфгат І.М.