

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний центр «Мала академія наук України»**  
**LIX Всеукраїнська учнівська олімпіада з фізики, м. Львів, 2025**  
**Теоретичний тур, 10-й клас**

**1. «Доплер-трамвай»**

Два однакові швидкісні трамваї їдуть назустріч один одному і час від часу подають сигнали на однаковій частоті  $\nu_0$ . Водії кожного з трамваїв вимірюють частоту прийнятих ними сигналів від іншого трамвая мобільними телефонами.

Коли трамваї зближувалися, водій першого трамвая фіксував частоту  $\nu_1 = 2323.2$  Гц сигналу від другого. Коли ж трамваї вже роз'їхалися, частота звуку сигналу від другого трамвая суттєво впала з  $\nu_1$  до  $\nu'_1 = 1694.0$  Гц. Водій другого трамвая в цей самий час побачив, що частота сигналів від першого трамвая склала  $\nu'_2 = 1687.5$  Гц. Вважати, що в обох випадках відстань між трамваями була набагато більшою за відстань між коліями.

**А. Знайдіть частоту сигналів  $\nu_0$**

**Б. Знайдіть швидкості трамваїв**, вважаючи, що швидкість звуку у повітрі дорівнює 330 м/с.

**В. Дайте відповіді на питання А і Б**, врахувавши, що весь час в напрямку руху першого трамвая дув вітер зі швидкістю 4 м/с.

*Підказка:* Коли відстань між джерелом сигналів і приймачем зменшується, приймач реєструє коротший проміжок часу між сигналами, а коли збільшується – більший. Так само змінюється і період звукових хвиль.

**2. «Клубок нервів резисторів»**

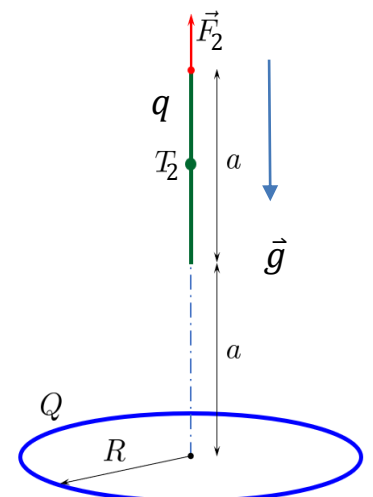
Учениця знайшла клубок резисторів, з якого стирчать три контакти. Позначимо їх А, В, С. Щоб дослідити цей клубок вона увімкнула джерело невідомої постійної напруги між контактами АВ та амперметр між контактами АС. Амперметр показав струм  $I_1$ . Не відключаючи джерело, учениця увімкнула цей самий амперметр між контактами ВС, і він показав такий самий струм  $I_1$ . Нарешті, вона увімкнула цей амперметр послідовно з джерелом між контактами АВ. Тепер амперметр показав інший струм  $I_2$ .

Уважаючи амперметр та джерело ідеальними, знайдіть **силу струму**, який протікатиме через амперметр, якщо його увімкнути послідовно з джерелом між контактами ВС.

*Підказка.* Можна змоделювати клубок резисторів схемою з мінімально можливою їх кількістю.

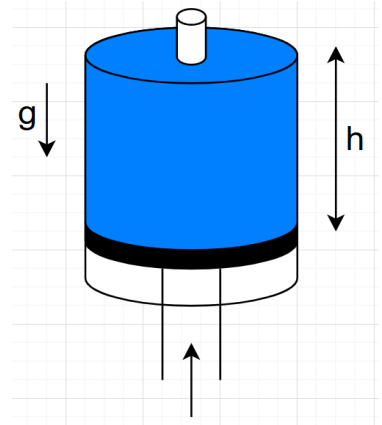
**3. «Гумова електростатика»**

Гумове кільце радіуса  $R$ , рівномірно заряджене зарядом  $Q$ , зафіксоване в горизонтальній площині. Діелектричний важкий стрижень довжини  $a$ , рівномірно заряджений по довжині зарядом  $q$  протилежного знаку, знаходиться на осі кільця на великій відстані від нього. Щоб утримувати стрижень в рівновазі, до його верхнього кінця прикладають силу  $F_1$ , а сила натягу в його середині дорівнює  $T_1$ . У другому експерименті стрижень пересунули так, що його нижній кінець опинився на висоті  $a$  від кільця. При цьому необхідна для утримання сила, прикладена до верхнього кінця стрижня, становила  $F_2$ , а сила натягу в середині стрижня дорівнювала  $T_2$  (див. рис.). У третьому експерименті стрижень ще додатково піднімають на відстань  $a$  вгору, а гумове кільце розтягають удвічі. **Якою силою** можна тепер утримувати стрижень в рівновазі? Поляризацією матеріалу стрижня та його деформацією знехуйте.



#### 4. «Прискорений шприц»

Шприц з маленьким «носику» повністю заповнили водою і утримують у вертикальному положенні з отвором від «носику» вгору, підтримуючи поршень шприца так, щоб вода не витікала. Висота води в шприці дорівнює  $h$ , «нозик» при цьому незаповнений, площа поперечного перерізу шприца дорівнює  $S_1$ , площа перерізу «носика»  $S_2$  ( $S_2$  можна вважати набагато меншою за  $S_1$ ). На поршень почала діяти сила  $F$ , спрямована вертикально вгору і більша за силу, потрібну для утримання його в нерухомому стані. Через деякий короткий час під її дією поршень починає рухатися з невеликим прискоренням. **Знайдіть величину цього прискорення, вважаючи його сталим.**



Поверхневими явищами, в'язкістю води та тертям між поршнем та стінками шприца знехтувати.

#### 5. «Титан»

370 років тому, 25 березня 1655 року, нідерландський вчений Християн Гюйгенс відкрив супутник Сатурна Титан. Титан – єдиний супутник планет Сонячної системи, що має щільну атмосферу. Більш того, атмосферний тиск на його поверхні перевищує земний майже в 1,5 рази і дорівнює  $P = 146,7$  кПа.

**А. У скільки разів маса атмосфери Титану менша за масу Титану без атмосфери?**

Гравітаційна стала  $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ , прискорення вільного падіння на поверхні Титану  $1,352 \text{ м/с}^2$ .

20 років тому, 14 січня 2005 р. космічний зонд Гюйгенс Європейського космічного агентства здійснив м'яку посадку на поверхню Титану. На Рис. фрагмент відеоінтерпретації перших секунд після посадки зонду і падіння парашуту, розрахований на основі отриманих даних.

**Б. Враховуючи, що сила опору повітря залежить від швидкості руху зонду, густини атмосфери і площі поперечного перерізу (безрозмірний коефіцієнт пропорційності у відповідному співвідношенні вважати рівним порядку одиниці), оцініть швидкість зонду перед зіткненням з поверхнею.** Діаметр зонду  $d = 1,3$  м, маса  $m = 320$  кг. Атмосфера Титану (як і Землі) складається переважно з азоту  $N_2$ , але має температуру  $-180^\circ\text{C}$ . Універсальна газова стала

$R = 8,3 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ . Азот вважати ідеальним газом.

**В. Титан зі швидкістю  $5,6 \text{ км/с}$  за 16 діб робить оберт навколо Сатурна в тому ж напрямку, в якому Сатурн зі швидкістю  $9,7 \text{ км/с}$  за 29 років обертається навколо Сонця. Вважаючи, що орбіта Титану лежить в площині орбіти Сатурну, зобразіть у системі відліку Сонця фрагмент траєкторії Титану і визначте мінімальний та максимальний радіуси її кривизни.**



Задачі запропонували: 1. Орлянський О.Ю., 2. Рідкокаша І.П. 3. Майзеліс З.О., 4. Олійник А.О., 5. Орлянський О.Ю.