Вказівки до розв'язків завдань ІІ (районного) етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики 2019-2020 н.р.

11 клас

1. Один моль аргону бере участь в процесі, в ході якого теплоємність залишається постійною і дорівнює $C = 10\frac{Дж}{К}$. При цьому аргон збільшив свій об'єм, виконавши роботу $A = 40 Дж$. Знайдіть зміну температури аргону і підведену до нього кількість теплоти.

Запишемо для даного процесу перший закон (начало) термодинаміки:

$$\Delta Q = C\Delta T = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + A$$

Звідки

$$2C\Delta T = 3\nu R\Delta T + 2A$$

$$\Delta T = \frac{2A}{2C - 3\nu R}$$

$$\Delta T = \frac{2 \cdot 40}{2 \cdot 10 - 3 \cdot 1 \cdot 8{,}31} = -16{,}2\ K$$

Тобто, газ охолоджувався. Підведена до газу кількість теплоти дорівнює:

$$\Delta Q = C\Delta T = -162\ Дж$$

Тобто, газ в даному процесі віддавав теплоту.

Відповідь: $\Delta T = -16{,}2\ K$; газ в даному процесі віддавав теплоту $\Delta Q = -162\ Дж$

2. На гладкому горизонтальному столі лежать дві гладкі однакові гірки масою M , причому одна з них закріплена. З закріпленої гірки, з висоти H скочується маленька шайба масою m. На яку максимальну висоту h заїде шайба на незакріплену гірку?

У шайби, що знаходиться спочатку на висоті H, є потенційна енергія. З'їжджаючи, шайба штовхне незакріплену гірку, на яку шайба заїжджає. Таким чином, гірка отримає кінетичну енергію, а шайба підніметься на висоту h Тобто у шайби вкінці є і кінетична енергія, (обумовлена тим, що шайба рухається разом з гіркою) і потенційна енергія, обумовлена цією висотою. Запишемо закон збереження енергії і закон збереження імпульсу.

υ - швидкість шайби внизу гірки, u - швидкість гірки.

$$m\upsilon = (M + m)u$$

$$mgH = mgh + \frac{Mu^2}{2} + \frac{mu^2}{2}$$

З першого рівняння

$$u = \frac{m\upsilon}{M + m}$$

Підставимо у друге

$$mgH = mgh + \frac{M+m}{2} \cdot \frac{m^2\upsilon^2}{(M+m)^2}$$

$$mgH = mgh + \frac{m^2\upsilon^2}{2(M+m)}$$

$$h = H - \frac{m\upsilon^2}{2(M+m)g}$$

Відповідно до закону збереження енергії шайби зверху і у підніжжя гірки

$$mgH = \frac{m\upsilon^2}{2}$$

$$\upsilon^2 = 2gH$$

Тоді

$$h = H - \frac{mH}{M+m}$$

Відповідь: $h = H - \frac{mH}{M+m}$

3. Порожня скляна пляшка плаває в циліндричній посудині з водою. Площа дна посудини $S = 250\,см^2$. З чайника в пляшку повільно наливають воду, і, коли маса води досягає $m = 300\,г$, пляшка починає тонути. Виявилося, що, коли все повітря з пляшки вийшло, рівень води в посудині змінився на $\Delta h = 0{,}60\,см$ в порівнянні з тим моментом, коли в пляшку почали наливати воду. Обчисліть місткість пляшки V. Густина води $\rho = 1\frac{г}{см^3}$.

Після того, як у пляшку налили m г. води, рівень води в циліндричній посудині підвищився на

$$\Delta h_1 = \frac{m}{\rho S}$$

Коли пляшка утонула, в неї затекла вода і рівень води знизився на

$$\Delta h_2 = \frac{V - \frac{m}{\rho}}{S}$$

За умовою, рівень води змінився на Δh. Він міг і знизитися і підвищитися. Маємо два розв'язки;

$$\Delta h_1 - \Delta h_2 = \frac{m}{\rho S} - \frac{V - \frac{m}{\rho}}{S} = \frac{2m - V\rho}{\rho S} = \pm\Delta h$$

$$\Delta h = \frac{2m - V\rho}{\rho S} \qquad \text{або} \qquad -\Delta h = \frac{2m - V\rho}{\rho S}$$

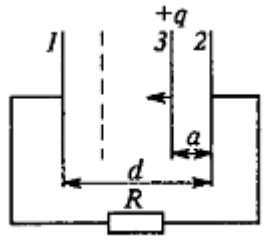
$$V = \frac{2m}{\rho} - \Delta hS \qquad \text{або} \qquad V = \frac{2m}{\rho} + \Delta hS$$

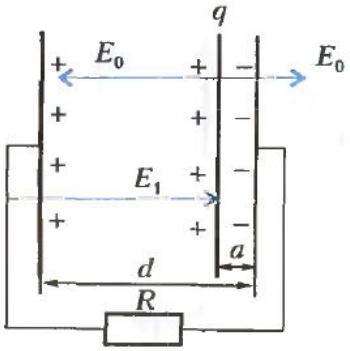
$$V = \frac{2 \cdot 0{,}3}{1000} - 0{,}6 \cdot 10^{-2} \cdot 250 \cdot 10^{-4} = 450\ мл$$

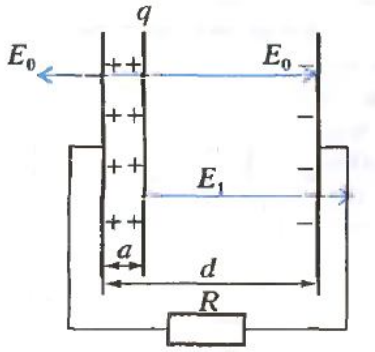
Або $V = \frac{2 \cdot 0{,}3}{1000} + 0{,}6 \cdot 10^{-2} \cdot 250 \cdot 10^{-4} = 750\ мл$

Відповідь: $450\ мл$ або $750\ мл$

4. Між двома нерухомими плоскопаралельними пластинами 1 і 2, які закорочені через резистор з опором R (див. рис.), поміщають аналогічну пластину 3, яка проводить струм, з позитивним зарядом q на відстані a від пластини 2, при цьому $a < \frac{d}{2}$, де d - відстань між пластинами 1 і 2. Після встановлення рівноважного стану пластину 3 швидко переміщають в симетричне положення на відстань a від пластини 1. Допускаючи, що за час переміщення пластини 3, заряд на пластинах 1 та 2 не встигає змінитися, визначити величину і напрямок струму через резистор з опором R відразу після переміщення пластини 3. Площа кожної пластини S, відстань між пластинами мала порівняно з лінійними розмірами пластин.







Розглянемо електричні поля в просторі між пластинами до переміщення пластини 3. Нехай E_0 - напруженість електричного поля, яке створює пластина 3, E_1 - напруженість електричного поля, яке створюють заряди пластин 1 і 2 до переміщення пластини 3:

$$E_0(d-a) - E_0 a - E_1 d = 0$$

Звідки

$$E_1 = E_0\left(1 - \frac{2a}{d}\right)$$

Після швидкого переміщення пластини 3 між пластинами 1 і 2 виникає різниця потенціалів

$$U_{12} = E_1 d + E_0(d-a) - E_0 a = E_0\left(1 - \frac{2a}{d}\right)d + E_0(d-a) - E_0 a = 2E_0(d-2a)$$

Оскільки

$$E_0 = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}$$

То

$$U_{12} = \frac{q(d-2a)}{\varepsilon_0 S}$$

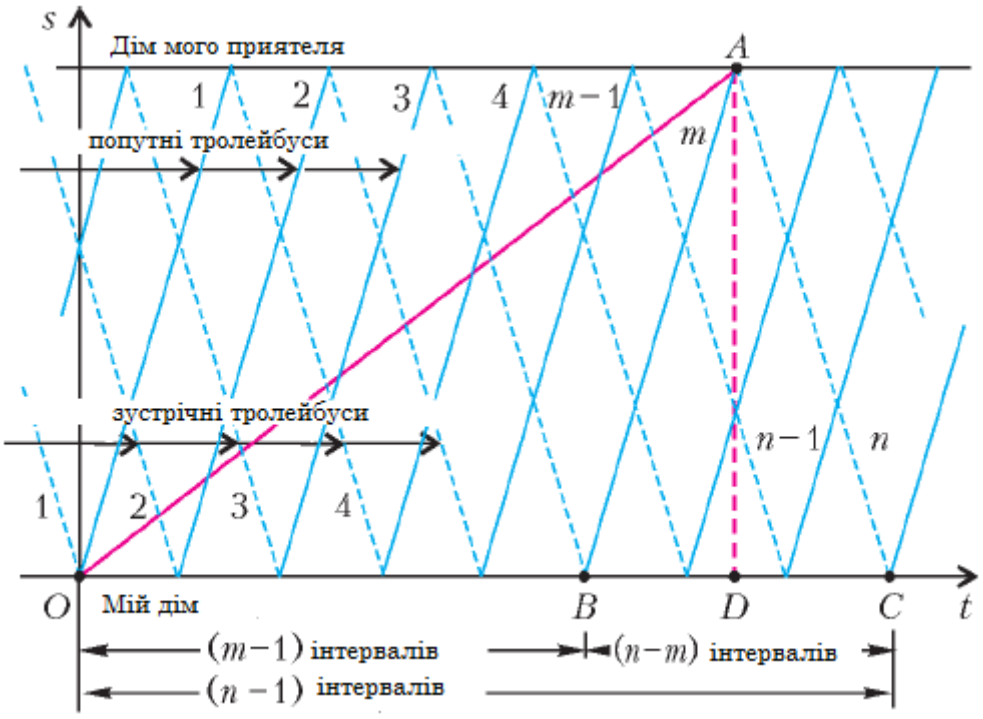
Різниця потенціалів U_{12}, яка виникає, приведе до появи струму через резистор опором R:

$$I = \frac{U_{12}}{R} = \frac{q(d-2a)}{\varepsilon_0 SR}$$

Цей струм направлений від пластини 1 до пластини 2.

Відповідь: $I = \dfrac{q(d-2a)}{\varepsilon_0 SR}$, струм направлений від пластини 1 до пластини 2.

5. Одного разу я вирушив до приятеля. Тільки я вийшов з дому, як від нашої зупинки відійшов тролейбус, і тоді я вирішив піти пішки. Помітивши, що в цей момент повз мене пройшов і зустрічний тролейбус, я став рахувати дорогою і ті, і інші тролейбуси. У будинку мого приятеля мене обігнав $m-й$ попутний тролейбус, а в протилежному напрямку проїхав $n-й$ зустрічний тролейбус. У скільки разів тролейбуси йдуть швидше, ніж я, якщо швидкість тролейбусів в обох напрямках, а також інтервали між ними однакові і я йшов з постійною швидкістю?



Будуємо графіки руху попутних тролейбусів у вигляді системи паралельних рівновіддалених прямих (сині суцільні лінії). Кут нахилу вибираємо довільним,

але меншим 90 °; відстань між прямими також вибираємо довільно. Потім будуємо графіки руху зустрічних тролейбусів у вигляді другої системи паралельних і рівновіддалених прямих (сині штрихові лінії). Кут нахилу цих прямих до від'ємного напрямку осі часу дорівнює куту нахилу перших прямих до додатного напрямку цієї осі. Графік мого руху - червона пряма ОА, де О - початок відліку, тобто момент зустрічі двох тролейбусів біля мого будинку, а точка А - закінчення відліку (а також момент зустрічі двох тролейбусів у будинку мого приятеля). Кількість прямих, які перетинають відрізок ОА в напрямку мого руху, так само m, а в другій системі кількість прямих, які перетинають відрізок ОА, дорівнює n. Звідси (відрізки міряються в інтервалах руху) $OB = m - 1$, $OC = n - 1$.
Отже $BC = OC - OB = n - m$

Враховуючи, що трикутник ВАС рівнобедрений, то $BD = \frac{BC}{2} = \frac{n-m}{2}$.

$$OD = OB + BD = m - 1 + \frac{n-m}{2} = \frac{n+m-2}{2}$$

Відношення швидкостей дорівнює відношенню відрізків часу OD і BD, тому що проходиться одна й те ж сама відстань.

$$\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \frac{n+m-2}{n-m}$$

Відповідь: $\frac{n+m-2}{n-m}$