

ФІЗИЧНИЙ МАРАФОН (2021 р.)
УМОВИ ТА РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ
8 КЛАС
I тур

Задача 1 - 1 бал

Петрик, йдучи до школи розрахував, що, йдучи з постійною швидкістю 4 км/год, він встигне прийти до школи рівно о 8:00. Пройшовши третину шляху, Петрик згадав, що забув вдома зошит із домашнім завданням. Він миттєво розвернувся і побіг до дому за зошитом, рухаючись з постійною швидкістю, а потім з тією ж постійною швидкістю біг до школи. З якою швидкістю біг Петрик, якщо він все ж був у школі о 8:00? Часом, який знадобився Петрику, щоб взяти зошит, знехтувати.

Розв'язання:

Петрик подолав зі швидкістю 4 км/год третину шляху за третину часу. Для того щоб встигнути до школи вчасно він має подолати третину шляху в зворотному напрямі (рухаючись додому) і ще три третини (у напрямі від дому до школи), тобто всього чотири третини шляху. Якби Петрик не забув зошит, то за час, який лишився він мав подолати дві третини шляху. Якщо Петрик повернеться додому за зошитом, то йому знадобиться за той же час подолати чотири третини шляху, тобто у два рази більший шлях. Отже, його швидкість бігу має бути у два рази більшою за швидкість ходьби - 8 км/год.

Відповідь: 8 км/год

Задача 2 - 1 бал

Тіло рухається прямолінійно так, що величина його швидкість змінюється відповідно графіка, зображеного на рис. 1. Використовуючи цей графік, знайдіть величину середньої швидкості тіла за 5 секунд руху.

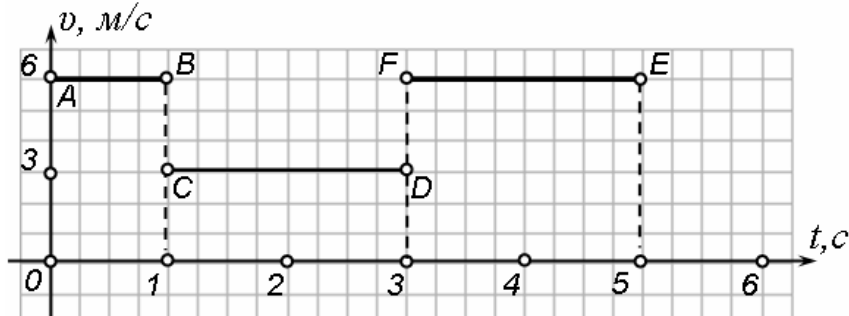


Рис.1

Розв'язання:

Для розв'язання задачі зручно скористатись властивістю графіка швидкості, згідно якої площа фігури, обмежена графіком, віссю Ot та перпендикулярами опущеними на цю вісь чисельно рівна шляху (на рисунку ця площа заштрихована):

$$L = 6 \frac{m}{c} \cdot 1c + 3 \frac{m}{c} \cdot 2c + 6 \frac{m}{c} \cdot 2c = 24 m$$

Середня швидкість

$$v_s = \frac{24 m}{5 c} = 4,8 \frac{m}{c}$$

Відповідь: $v = 4,8 m/c$

Задача 3 - 1 бал

Кількість теплоти, що необхідна для розплавлення суцільного льодяного кубика зі стороною a дорівнює Q . Яка кількість теплоти виділиться при перетворенні одержаної води у суцільну льодяну кульку радіусом R . Об'єм суцільної кулі радіусом R можна знайти за математичною формулою $V = \frac{4}{3} \pi R^3$.

Розв'язання:

Оскільки маса речовини, яка бере участь у плавленні кубика і твердненні кульки є однаковою, то і кількість теплоти, яка виділиться при твердненні і поглинатиметься при плавленні будуть по модулю однаковими. Від форми тіла ця кількість теплоти НЕ залежить.

Відповідь: Q .

Задача № 4 - 1 бал

На рис. 2 зображено систему блоків, за допомогою якої передається обертальний рух від блоку 1 до блоку 4. Блоки 2 та 3 нерухомо скріплені між собою та мають спільну вісь обертання. Блоки 1 та 2, 3 та 4 з'єднані нерозтяжними ремнями. Проковзування між блоками та ремнями відсутнє. Співвідношення між радіусами блоків вказане на рисунку. Знайдіть частоту обертання блоку 4, якщо частота рівномірного обертання блоку 1 становить 30 об/хв.

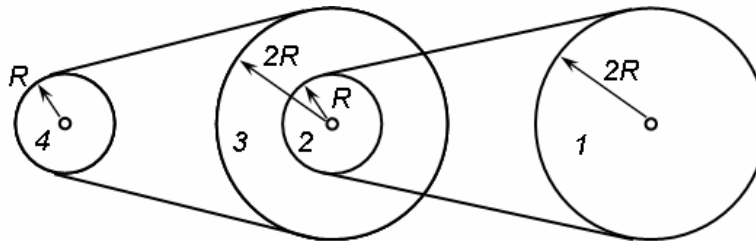


Рис.2

Розв'язання:

Оскільки ремні нерозтяжні, то лінійна швидкість точок ободу блоків 1 та 2 однакова:

$$v = 2\pi(2R)v_1 = 2\pi Rv_2, \text{ де } v_2 = 2v_1 = 60 \text{ об/хв.}$$

Оскільки блоки 2 та 3 з'єднані нерухомо, то частоти їх обертання однакові: $v_2 = v_3 = 60$ об/хв.

Оскільки ремні нерозтяжні, то лінійна швидкість точок ободу блоків 3 та 4 однакова:

$$v = 2\pi(2R)v_3 = 2\pi Rv_4, \text{ де } v_4 = 2v_3 = 120 \text{ об/хв.}$$

Відповідь: $v_4 = 120$ об/хв.

Задача 5 - 1 бал

Пружинний маятник являє собою маленьку кульку, яка прикріплена до вертикальної невагомої пружини. Маятник здійснює вільні коливання над горизонтальною поверхнею стола. На рис. 3 зображено графік залежності висоти кульки над столом h від часу t . Використовуючи даний графік, знайдіть середню швидкість маятника за час, який складає 75% періоду коливань.

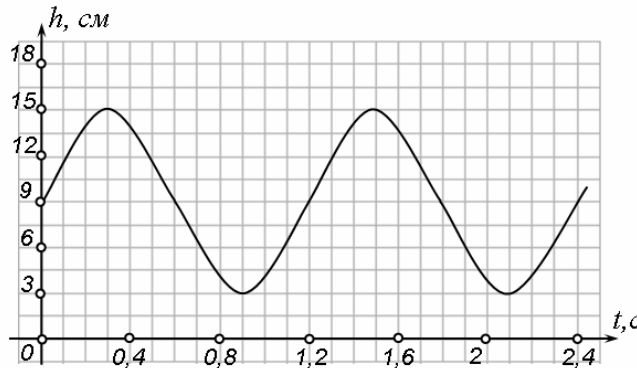


Рис.3

Розв'язання:

З графіка слідує, що період коливань маятника 1,2 с, отже, 75 % періоду коливань - це 0,9 с. За цей час кулька маятника долає шлях 18 см. Середня швидкість кульки за цей час:

$$v_{CP} = \frac{18 \text{ см}}{0,9 \text{ с}} = 20 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Відповідь: $v_{CP}=0,2 \text{ м/с}$

Задача 6 - 1 бал

Санчата масою m з'їжджають з гірки, нижня частина якої посипана піском. Профіль гірки має форму, зображену на рисунку 4. Профіль гірки зображений у вертикальній площині. Санчата починають рух у точці А і зупиняються у точці В. Використовуючи рисунок, знайдіть роботу, яку необхідно виконати, щоб втягнути санчата в зворотному напрямі від точки В у точку А, прикладаючи силу паралельно схилу. Коефіцієнт тертя на всьому спуску однаковий. Сторона клітинки на рисунку дорівнює a .

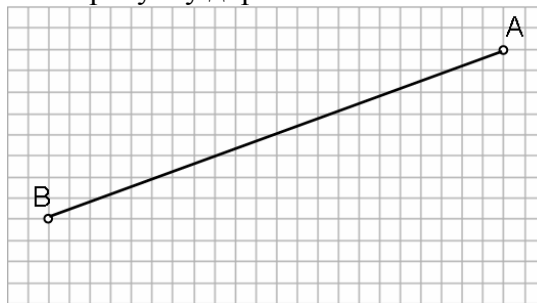
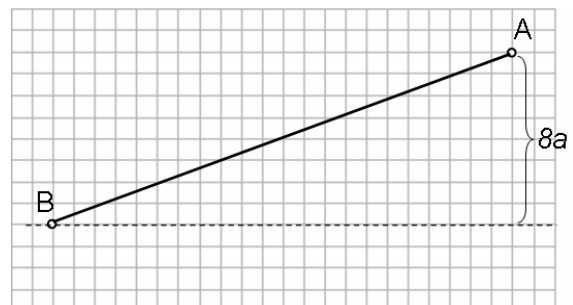


Рис. 4

Розв'язання:

Під час руху від моменту старту, точка А, до моменту зупинки, точка В, сила тертя, що діє на санчата виконує роботу по перетворенню механічної енергії санчат внутрішню. Отже, робота сили тертя дорівнює зміні механічної енергії, яку мали санчата в точці А. У точці А санчата мають потенціальну механічну енергію відносно нульового рівня, який містить точку В

$$E_0 = mg(\delta a)$$



Тоді робота сили тертя $A_{TP} = 0 - E_0 = -mg(\delta a)$. Щоб затягнути санки із точки В у точку А необхідно виконати роботу проти сили тертя $A_1 = -A_{TP} = mg(\delta a)$ та по збільшенню потенціальної енергії санчат $A_2 = E_0 - 0 = mg(\delta a)$. Таким чином, повна робота, яку необхідно виконати, щоб втягнути санки з точки В у точку А: $A = A_1 + A_2 = 16mga$

Відповідь: $A=16mga$

Задача № 7 - 1 бал

На штативі закріплено однорідний важіль (рис 5). Довжини чорних та білих смуг на важелі однакові. До важеля підвісили однакові важки, так, як показано на рисунку. Яку кількість таких же важків слід підвісити у точці А важеля, щоб він перебував у рівновазі?

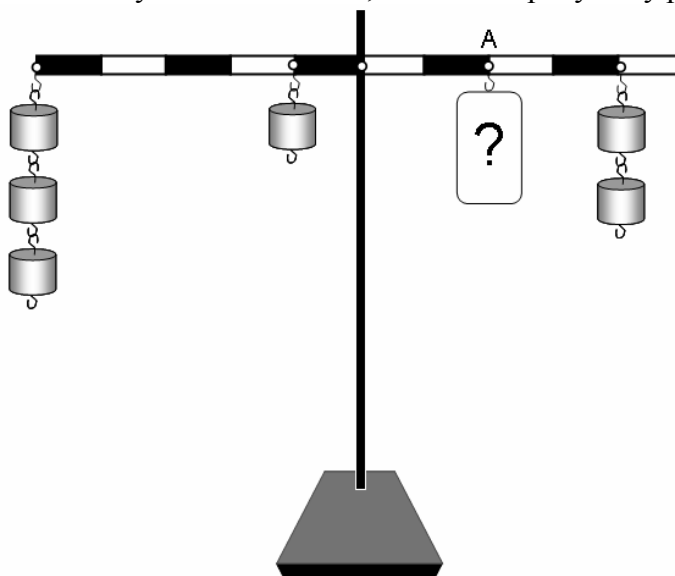


Рис. 5

Розв'язання:

Позначимо довжину білої або чорної смуги L , масу одного важка m_0 , шукану кількість важків k . Розставимо сили, які діють на важіль (див. рис.) Складемо рівняння моментів для важеля відносно його осі обертання, точки О:

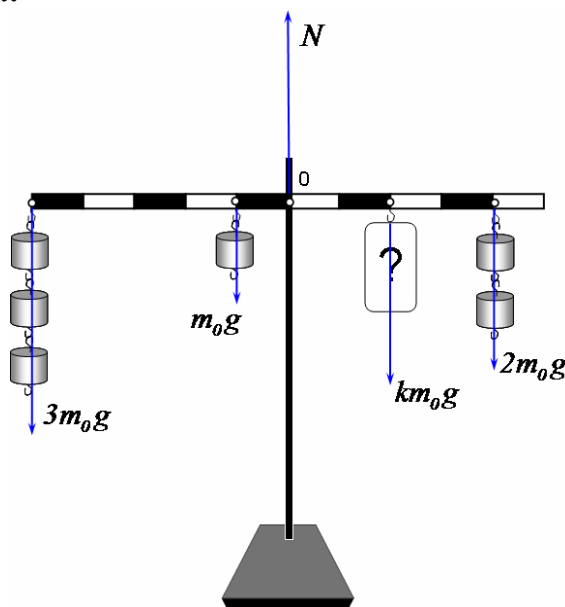
$$3m_0g \cdot 5L + m_0gL = km_0g \cdot 2L + 2m_0g \cdot 4L$$

Скоротивши спільні множники, отримаємо:

$$15 + 1 = 2k + 8$$

звідки $k = 4$.

Відповідь: $k = 4$ важки



Задача № 8 - 1 бал

На рис. 6 зображено систему блоків. Усі нитки на рисунку вертикальні, невагомі та нерозтяжні, блоки невагомі. Радіуси блоків вказані на рисунку. До осі блока 3 в точці А прикладають силу F_1 , а до мотузки в точці В силу F_2 . Знайдіть відношення сил F_1/F_2 .

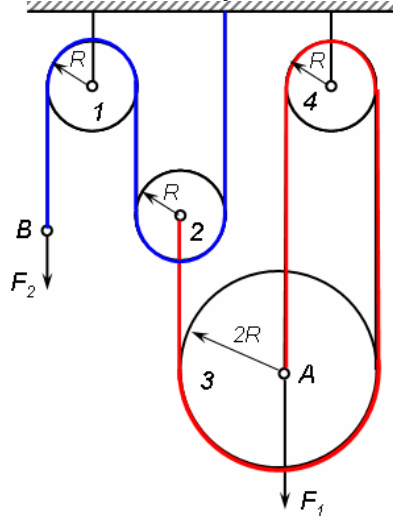


Рис. 6

Розв'язання:

Розставимо сили, які діють на нитки. Оскільки нитка АСДМКО нерозтяжна, а блоки невагомі, то з умови рівноваги рухомого блоку 3 слідує, що

$$3f = F_1 \quad \text{звідки} \quad f = \frac{F_1}{3}$$

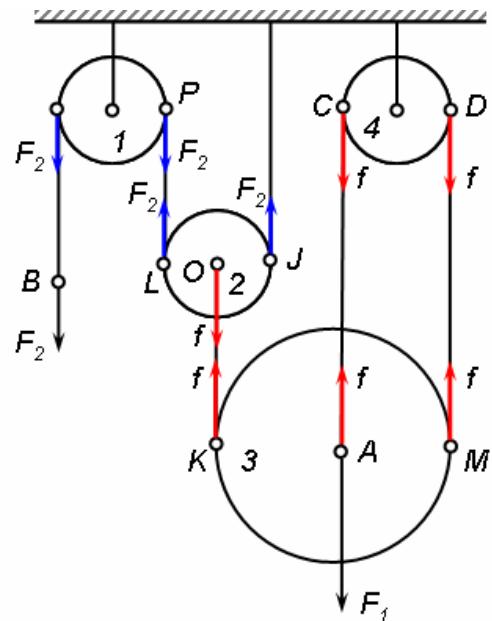
Оскільки нитка ЛЛРВ нерозтяжна, а блоки невагомі, то з умови рівноваги рухомого блоку 2 слідує, що

$$f = 2F_2$$

Підставивши значення f , отримаємо:

$$2F_2 = \frac{F_1}{3} \quad \text{звідки} \quad \frac{F_1}{F_2} = 6$$

Відповідь: $F_1/F_2=6$



Задача № 9 - 1 бал

Брусок масою 200 г знаходиться на горизонтальній поверхні та прикріплений до стінок за допомогою двох однакових пружин жорсткістю $k=60$ Н/м. Брусок у початковий момент знаходиться посередині між стінками і пружини недеформовані. Брусок зміщують праворуч на 1 см. За якого мінімального коефіцієнту тертя брусок не почне ковзати по поверхні при такому зміщенні? При розрахунках прийняти $g=10$ Н/кг.

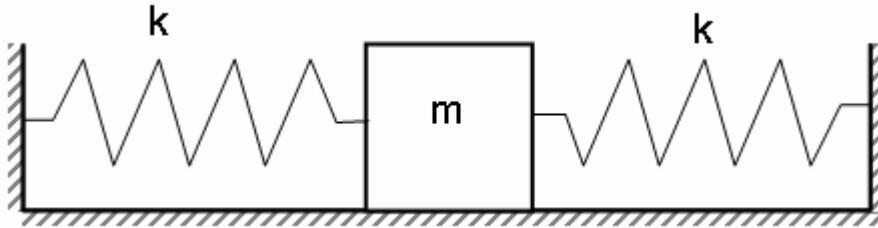


Рис.7

Розв'язання:

Розставимо сили, які діють на брусок при його зміщенні (див. рис.). Оскільки брусок знаходиться на межі ковзання, то сила тертя, що діє на брусок визначається як $F_{TP} = \mu N$, та рівнодійна сил, які діють на брусок, дорівнює нулю. Розпишемо рівнодійну:

$$R = F_{PP1} + F_{PP2} - F_{TP} = 0$$

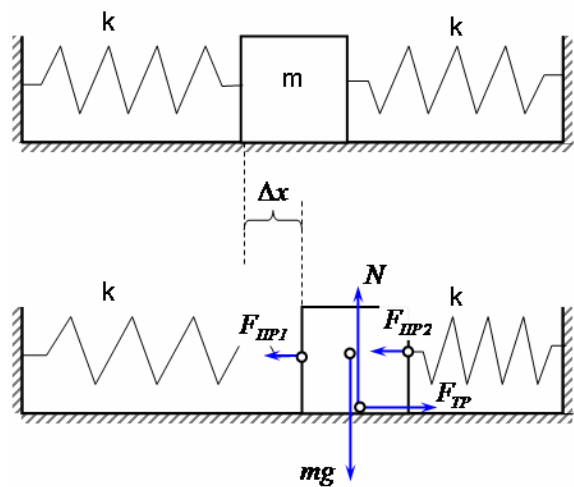
Оскільки пружини однакові і їх абсолютне видовження Δx однакове, то $F_{PP1} = F_{PP2} = k \cdot \Delta x$

Оскільки $N=mg$, то $F_{TP} = \mu N = \mu mg$.

Підставимо вирази для сил у формулу рівнодійної:

$$2k \cdot \Delta x = \mu mg \text{ звідки } \mu = \frac{2k\Delta x}{mg} = 0,6$$

Відповідь: $\mu=0,6$



Задача № 10 - 1 бал

Шматочок льоду занурюють у посудину, яка доверху заповнена деякою рідиною. При цьому з посудини вилось 100 г цієї рідини. Знайдіть виштовхувальну силу, яка діє на лід. Густина льоду 900 кг/м³, $g=10$ Н/кг.

Розв'язання:

За законом Архімеда виштовхувальна сила, яка діє на тіло занурене у рідину або газ, дорівнює вазі витісненої рідини. Отже, сила Архімеда дорівнює $F_A = m_B \cdot g = 1$ Н.

Відповідь: 1 Н

Задача № 11 - 1 бал

М'ячик перебуває у стані спокою на початковій висоті 1,5 м над поверхнею горизонтальної підлоги. М'ячик відпускають. При ударі об підлогу м'ячик пружно відбивається, втрачаючи 20% кінетичної енергії, яку мав до удару. На яку висоту підніметься м'ячик після третього удару? Опором повітря при падінні м'ячика знехтувати.

Розв'язання:

При падінні м'ячика на підлогу його потенціальна енергія $E_{II} = mgh$ перетворюється в кінетичну $E_K = \frac{mv^2}{2}$, яку має м'ячик перед ударом об підлогу. За законом збереження повної механічної енергії $E_K = E_{II} = mgh$. Після удару об підлогу м'ячик підстрибує і відбуваються зворотні перетворення енергії: з кінетичної у потенціальну. Якщо під час удару у м'ячика залишається 80% початкової енергії, то можемо знайти висоту підняття м'яча після першого удару:

$$mgh_1 = 0,8mgh \quad \text{звідки} \quad h_1 = 0,8h = 1,2 \text{ м}.$$

З аналогічних міркувань, висота підскоку після другого удару: $h_2 = 0,8h_1 = 0,96 \text{ м}$, після третього удару: $h_3 = 0,8h_2 = 0,768 \text{ м}$

Відповідь: $h_3 = 76,8 \text{ см}$

Задача № 12 - 1 бал

На графіку залежності температури речовини t від часу τ представлений процес нагрівання і плавлення деякої речовини масою 5 кг. Потужність нагрівника постійна і дорівнює 200 Вт. Використовуючи даний графік знайдіть питому теплоту плавлення речовини.

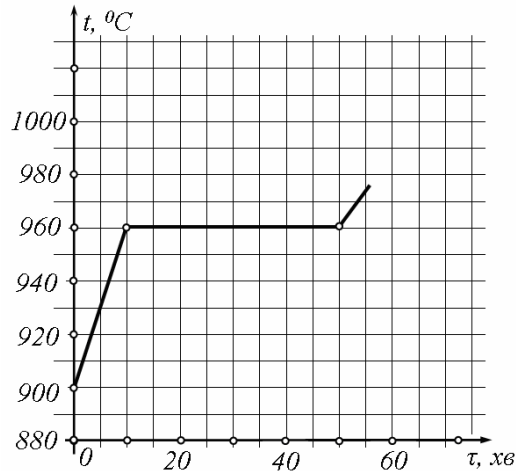


Рис. 8

Розв'язання:

Час необхідний для повного розплавлення речовини масою m (часина графіка паралельна осі $O\tau$) дорівнює $\tau_1 = 40 \text{ хв} = 2400 \text{ с}$. Отже, кількість теплоти необхідна для повного розплавлення:

$$Q = P\tau_1 = \lambda m \quad \text{звідки} \quad \lambda = \frac{P\tau_1}{m} = 96 \text{ кДж / кг}$$

Відповідь: $\lambda = 96 \text{ кДж/кг}$.

Задача № 13 - 1 бал

Брусок штовхають вздовж горизонтальної поверхні. Проїхавши певну відстань, брусок зупиняється, а його поверхня, яка контактує зі столом, нагрівається. Який спосіб зміни внутрішньої енергії бруска описаний у даній задачі?

Відповідь: Виконання роботи

Задача № 14 - 1 бал

Нагрівник постійної потужності може нагріти воду об'ємом 5 л до максимальної температури 78 °С. Після вимкнення нагрівника вода охолоджується до 77 °С протягом 5 хв. За цими даними знайдіть потужність нагрівника. Питома теплоємність води 4200 Дж/(кг °С).

Розв'язання:

Оскільки нагрівник НЕ може нагріти воду вище 78 °С, отже, при цій температурі потужність нагрівника рівна потужності тепловтрат $P = P_{ТВ}$. Після вимкнення нагрівника, тепло передається від води оточуючому середовищу: $Q = P_{ТВ}\tau = cm\Delta t$. Оскільки зміна температури при охолодженні незначна, вважатимемо, що потужність тепловтрат при охолодженні стала.

Підставимо замість $P_{ТВ}$ величину P : $P\tau = cm\Delta t$, звідки $P = \frac{cm\Delta t}{\tau} = 70 \text{ Вт}$

Відповідь: $P=70 \text{ Вт}$.

Задача № 15 - 1 бал

Є три маленькі заряджені кульки: заряд першої кульки (-3) мкКл, другої - (+9) мкКл, а третьої - (+5) мкКл перебувають у вакуумі. Перша та друга кульки розташовані на відстані L одна від одної (відстань L значно більша за розміри кульок). Третьою кулькою торкаються спочатку першої, а потім другої кульки. У скільки разів і як зміниться величина сили взаємодії першої та другої кульок після обох дотиків, якщо відстань між ними не змінилась?

Розв'язання:

Початкова сила F_1 взаємодії першої кульки з зарядом $q_1=(-3)$ мкКл та другої $q_2=(+9)$ мкКл визначається за законом Кулона: $F_1 = \frac{k|q_1| \cdot |q_2|}{L^2}$. Після дотику третьою кулькою до першої

заряди цих кульок стануть однаковими і дорівнюватимуть $Q_1 = \frac{-3 \text{ мкКл} + 5 \text{ мкКл}}{2} = 1 \text{ мкКл}$.

Після дотику третьою кулькою, заряд якої вже (+1) мкКл до другої, заряди обох кульок стануть рівними $Q_2 = \frac{1 \text{ мкКл} + 9 \text{ мкКл}}{2} = 5 \text{ мкКл}$. Сила взаємодії F_2 першої та другої кульок

після дотиків стане рівною $F_2 = \frac{k|Q_1| \cdot |Q_2|}{L^2}$. Поділимо F_1 на F_2 : $\frac{F_1}{F_2} = \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{|Q_1| \cdot |Q_2|} = \frac{27}{5} = 5,4$

Відповідь: сила зменшиться в 5,4 рази

Задача № 16 - 1 бал

Знайдіть опір ділянки електричного кола, яка зображена на рисунку. Опором з'єднувальних провідників та перетинки АВ знехтувати.

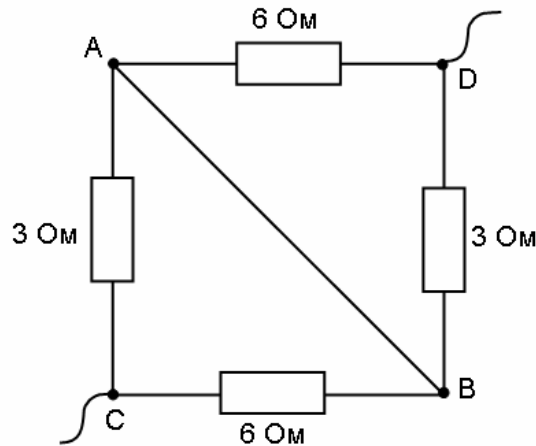


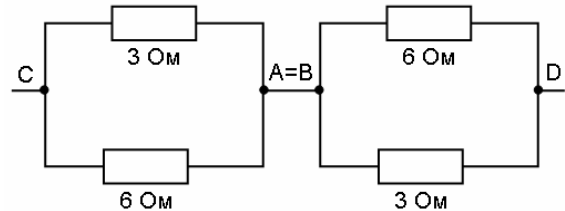
Рис. 9

Розв'язання:

Оскільки перетинка АВ не має електричного опору, отже, напруга (різниця потенціалів) між точками А та В дорівнює нулю. Тому ці точки можна з'єднати в одну, замінивши дану схему еквівалентною (див рис.).

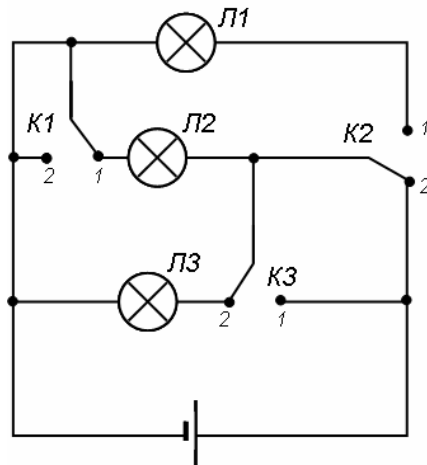
Отримавши еквівалентну схему, використовуючи закони з'єднання провідників неважко знайти опір даної ділянки кола: $R = 4 \text{ Ом}$

Відповідь: $R = 4 \text{ Ом}$



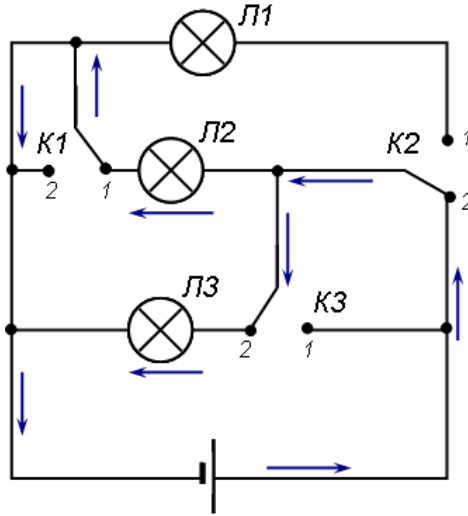
Задача № 17 - 1 бал

На рисунку 10 зображене електричне коло, яке складається із трьох двопозиційних перемикачів К1, К2, К3 та трьох лампочок Л1, Л2, Л3 та джерела. Двопозиційний перемикач можна переключати між двома положеннями 1 та 2, які вказані на рисунку. Які лампочки у колі будуть світитись, якщо перемикачі перебувають у положеннях, вказаних на рисунку. Джерело ідеальне, опором з'єднувальних провідників знехтувати.



Розв'язання:

Світитимуться лампочки, через які тектиме струм. Розстановка струму у колі (див. рис.) показує, що світитимуться лампочки Л2 та Л3.



Відповідь: Л2, Л3.

Задача № 18 - 1 бал

Три циліндри однакових розмірів виготовлені з заліза, свинцю та алюмінію нагріли в окропі, та помістили на однорідний шматочок льоду, температура якого підтримується сталою 0°C . Який із циліндрів зануриться у лід найглибше. Вважайте, що в результаті плавлення льоду, утворена вода відразу витікає із утвореної заглибини і після витікання з циліндром не контактує. Густина заліза 7800 кг/м^3 , алюмінію 2700 кг/м^3 , свинцю 11300 кг/м^3 , питома теплоємність заліза $450 \text{ Дж/(кг}^{\circ}\text{C)}$; алюмінію $920 \text{ Дж/(кг}^{\circ}\text{C)}$; свинцю $130 \text{ Дж/(кг}^{\circ}\text{C)}$. Теплообміном з оточуючим середовищем знехтувати.

Варіанти відповіді:

залізний

алюмінієвий

свинцевий

усі однаково

для відповіді на запитання необхідно знати об'єм циліндрів

Розв'язання:

При контакті циліндру з льодом, усе тепло, яке виділятиметься при охолодженні циліндра масою m_T піде на плавлення льоду масою m_L . Складемо рівняння теплового балансу:

$c_T m_T \Delta t = \lambda m_L$. Розпишемо масу тіла: $c_T \rho_T V \Delta t = \lambda m_L$. Звідки маса льоду, що розтане

дорівнює: $m_L = \frac{c_T \rho_T V \Delta t}{\lambda} = c_T \rho_T \left(\frac{V \Delta t}{\lambda} \right)$. Отже, чим більший добуток $c_T \rho_T$, тим більша маса

льоду розплавиться, оскільки усі величини в дужках для трьох циліндрів будуть однакові.

Обчислимо дані добутки для кожного циліндра: для алюмінію $c_A \rho_A \approx 2,48 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}}$, для заліза:

$c_3 \rho_3 \approx 3,51 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}}$, для свинцю $c_3 \rho_3 \approx 1,47 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}}$. Отже, найбільше зануриться у лід

залізний циліндр.

Відповідь: залізний

Задача № 19 - 1 бал

Під час виконання лабораторної роботи учень записав результат обчислень фізичної величини в такому вигляді $250 \frac{\text{Па} \cdot \text{кг}}{\text{Вт} \cdot \text{с}}$. Яку фізичну величину визначав учень під час даної лабораторної роботи?

Розв'язання:

Розпишемо одиниці вимірювання отриманої величини: $\text{Па} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$; $\text{Вт} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}}$

$$\frac{\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \text{кг}}{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с}} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{кг}}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{с}}{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \text{це одиниці вимірювання густини}$$

Відповідь: густина

Задача № 20 - 1 бал

На фотографії рис.11 зображено шкалу приладу авометра. Авометр - це прилад, який може працювати у різних режимах. В залежності від режиму роботи, з допомогою авометра можна вимірювати силу струму у колі, спад напруги на ділянці кола або опір ділянки. Тому на циферблаті приладу є декілька шкал. Цікавою, є шкала для вимірювання опору. Як бачите, вона не лінійна, тобто на різних ділянках має різну ціну поділки. Використовуючи фотографію знайдіть ціну поділки шкали опору авометра на проміжку 0,1 - 0,2 кОм.



Розв'язання:

Шкала опору позначена кОм та МΩ. Як видно на проміжку від 0,1 до 0,2 кОм міститься 5 поділок, отже, ціна поділки шкали 0,02 кОм=20 Ом.

Відповідь: 20 Ом