

Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

8 клас

Задача 1

Бабуся і дідусь у гірському селі вирішили поспідати на вершині гори. Вершина перебуває на висоті 500 м над селом, а стежка підіймається на 100 м на кожен кілометр шляху.

Бабуся вийшла о шостій годині ранку, а дідусь навздогін о пів на восьму. Швидкість бабусі – $2 \frac{\text{км}}{\text{год}}$, а дідуся – $3 \frac{\text{км}}{\text{год}}$. На якій висоті над селом дідусь наздожене бабусю?

Разом з дідусем відправився в подорож пес. Він, не зупиняючись, бігає від дідуся до бабусі й назад, угору, зі швидкістю $8 \frac{\text{км}}{\text{год}}$, а згори - зі швидкістю $12 \frac{\text{км}}{\text{год}}$. Через який час пес вперше повернеться до дідуся?

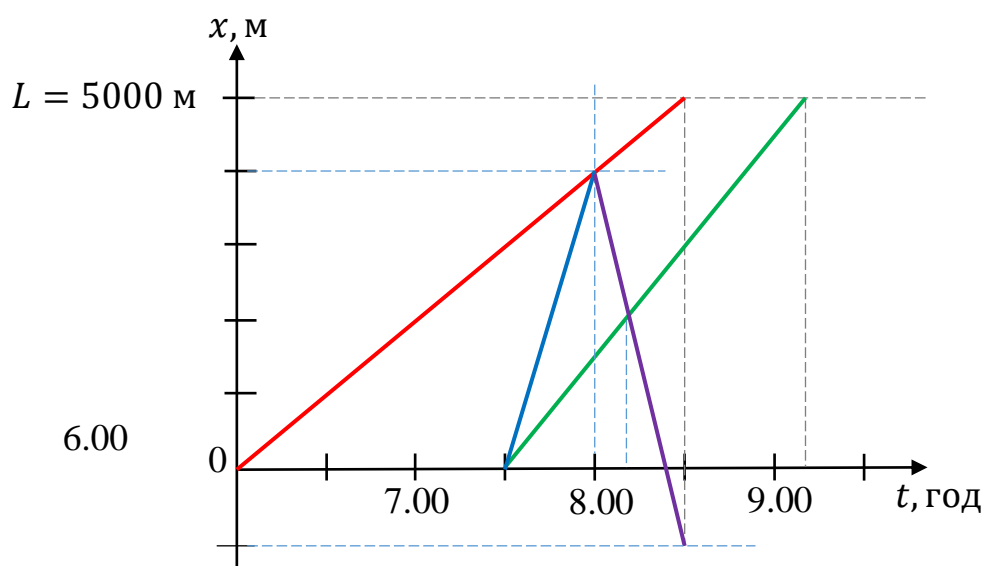
Розв'язок

Визначимо шлях бабусі та дідуся до вершини гори. Якщо за умовою задачі 1 км стежки підіймається на висоту 100 м, то на висоту 500 м підійметься стежка довжиною $L = 5 \text{ км}$.

Розв'яжемо задачу графічним методом – побудуємо графіки залежності координати бабусі, дідуся та пса від часу на годиннику.

До вершини гори бабуся буде йти $t_6 = \frac{L}{v_6} = \frac{5 \text{ км}}{2 \text{ км/год}} = 2 \text{ год } 30 \text{ хв}$. У кінці її подорожі годинник покаже час $6 \text{ год} + 2 \text{ год } 30 \text{ хв} = 8 \text{ год } 30 \text{ хв}$. Графік її руху позначено лінією червоного кольору.

Подорож дідуся до вершини триватиме $t_d = \frac{L}{v_d} = \frac{5 \text{ км}}{3 \text{ км/год}} = 1 \text{ год } 40 \text{ хв}$. У кінці його подорожі годинник покаже час $7 \text{ год } 30 \text{ хв} + 1 \text{ год } 40 \text{ хв} = 9 \text{ год } 10 \text{ хв}$. Графік його руху позначено лінією зеленого кольору.



Отже, бабуся прийде на вершину гори раніше дідуся, тому їх зустріч відбудеться на висоті 500 м.

Побудуємо графік руху собаки, який наздоганяє бабусю. Пес біжить угору рівномірно, тому рафіком руху буде пряма, яка проходить через позначку часу 7 год 30 хв (оскільки пес відправився в подорож разом з дідусем). Іншу точку прямої виберемо для довільного моменту часу. Наприклад, через 30 хвилин ($\frac{1}{2}$ години) руху собака пробіжить $S = 8 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot \frac{1}{2} \text{ год} = 4 \text{ км} = 4000 \text{ м}$.

Графік руху собаки (пряма синього кольору) перетинає графік руху бабусі (пряму червоного кольору) у момент часу 8 годин.

Далі собака починає рух до дідуса з швидкістю $12 \frac{\text{км}}{\text{год}}$. Визначимо шлях собаки, наприклад, через 30 хвилин: $S = 12 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot \frac{1}{2} \text{ год} = 6 \text{ км} = 6000 \text{ м}$. Координати собаки будуть: $x - S = 5000 \text{ м} - 6000 \text{ м} = -1000 \text{ м}$, $t = 8.00 + 30 \text{ хв} = 8 \text{ год } 30 \text{ хв}$. Графік руху собаки в напрямку до дідуса позначено прямою фіолетового кольору. Він перетинає графік руху дідуса в час 8 год 10 хв.

Отже, пес повернеться до дідуса через $8 \text{ год } 10 \text{ хв} - 7 \text{ год } 30 \text{ хв} = 40 \text{ хвилин}$.

Задача 2

У калориметр з 5 л бензину за температури 10°C занурили шматок льоду масою 0,5 кг і температурою -10°C . Оцініть стан речовин у калориметрі. Як буде змінюватися рівень бензину в калориметрі?

Густина бензину – $700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, густина льоду – $900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, питома теплоємність бензину – $1400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, питома теплоємність льоду – $2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, питома теплота плавлення льоду – $330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Розв'язок

У калориметрі між бензином та льодом відбувається теплообмін. Бензин охолоджується і залишається в рідкому стані. Лід нагрівається, і якщо досягає температури плавлення 0°C , то може залишитися тієї ж маси, частково розтанути або розтанути повністю.

Оцінимо кількість теплоти, якою обмінюють лід і бензин до встановлення температури 0°C .

Для бензину $Q_6 = c_6 \rho_6 V_6 (t_{06} - t_1)$, де c_6 - питома теплоємність бензину, ρ_6 – густина бензину, V_6 – його об'єм, t_{06} – початкова температура бензину, $t_1 = 0^\circ\text{C}$.

$$Q_6 = 1400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot (10^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 49000 \text{ Дж}.$$

Для льоду $Q_{\text{л}} = c_{\text{л}} m_{\text{л}} (t_1 - t_{0\text{л}})$, де $c_{\text{л}}$ - питома теплоємність бензину, $m_{\text{л}}$ – маса льоду, $t_{0\text{л}}$ – початкова температура льоду.

$$Q_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot (0^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C})) = 10500 \text{ Дж}.$$

Щоб досягти температури 0°C лід поглинає меншу кількість теплоти, ніж кількість теплоти, що виділяється бензином при охолодженні.

Надлишок кількості теплоти дорівнює $\Delta Q = Q_6 - Q_л = 38500$ Дж.

Оцінимо масу льоду Δm , який розтане.

$$\Delta Q = r \cdot \Delta m$$

$$\Delta m = \frac{\Delta Q}{r} = \frac{38500 \text{ Дж}}{330000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} \approx 0,17 \text{ кг.}$$

Отже, у калориметрі буде бензин, лід масою 0,83 кг та вода масою 0,17 кг при температурі 0°C.

Якщо знехтувати тепловим розширенням і випаровуванням, спочатку, коли лід занурили в калориметр, рівень підніметься і зберігатиметься весь час нагрівання льоду до початку танення льоду. Після того, як лід почне танути, утворена вода опускатиметься на дно калориметра і рівень бензину почне знижуватися до настання теплової рівноваги між бензином, льодом та водою.

Задача 3

На горизонтальній поверхні брусок 1 масою $m = 0,5$ кг закріплено за вісь катушки В ниткою АВ (рис. 1 - поверхня паралельна площині малюнка). Навколо катушки В перекинута нитка CD, кінець D якої закріплено нерухомо, а кінець C може вільно рухатися.

Якщо до кінця C прикласти горизонтальну силу F , яка повільно зростає, то брусок починає ковзати тоді, коли величина сили досягає 10 Н.

Якщо до кінця C прикріпити брусок 2, такий же як брусок 1, то система тіл починає рухатися:

- вліво, коли до бруска 1 прикладено силу F_1 (рис. 2);
- вправо, коли до бруска 2 прикладено силу F_2 (рис. 3).

Визначте, у скільки разів відрізняються сили F_1 та F_2 .

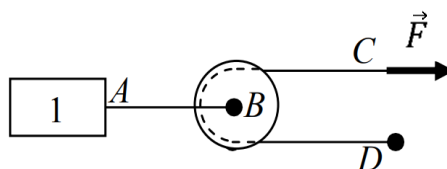


Рис. 1

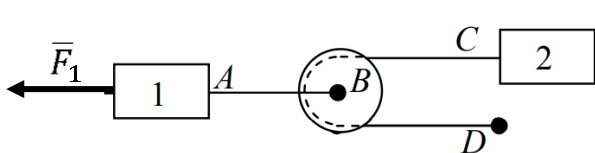


Рис. 2

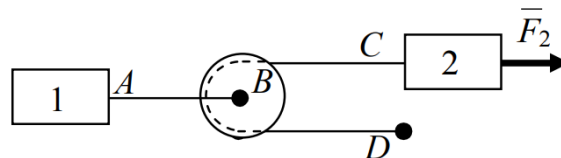


Рис. 3

Розв'язок

Розглянемо сили, що діють на брусок 1, коли до кінця C приклали горизонтальну силу F .

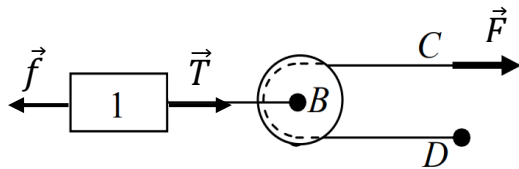


Рис. 4. Сили, що діють на брусок 1 під дією сили \vec{F} .

На рис. 4 \vec{T} – сила натягу нитки АВ, f – сила тертя між бруском та горизонтальною поверхнею.

Брусок 1 рухається рівномірно, тому $f = T$. Котушка з нитками утворюють нерухомий блок, отже, $T = 2F$ і $f = 2F$ (1).

Розглянемо сили, що діють на бруски під час руху вліво (рис. 5).

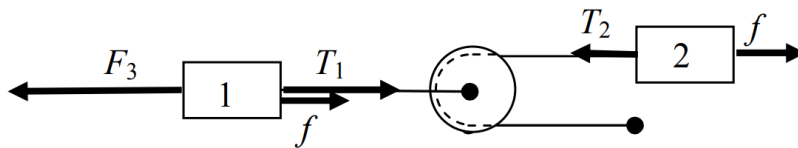


Рис 5. Сили, що діють на бруски під час руху вліво.

На рисунку 5 T_1, T_2 – сили натягу нитки.

Оскільки бруски однакові, то на них діє однакова сила тертя f .

Для котушки з нитками: $T_1 = 2T_2$ (рис. 4).

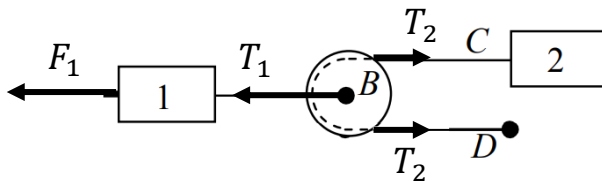


Рис. 6. Розподіл сил натягу ниток на котушці.

Оскільки бруски рухаються рівномірно, то сили, що діють на бруски, урівноважені: $F_1 = T_1 + f$;

$$T_2 = f.$$

Отже, $F_1 = T_1 + f = 2T_2 + f = 2f + f = 3f = 6F$ (1)

Розглянемо сили, що діють на бруски під час руху вправо (рис. 7).

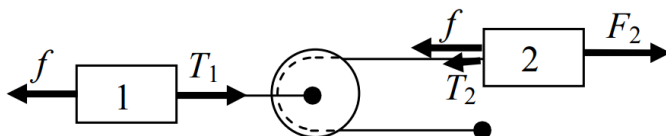


Рис 7. Сили, що діють на бруски під час руху вправо.

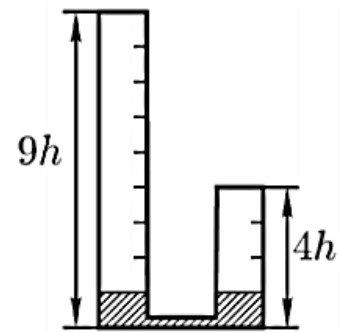
Сили урівноважені, тому: $T_1 = f$;

$$F_2 = T_2 + f = \frac{T_1}{2} + f = \frac{f}{2} + f = \frac{3f}{2} = 3F \text{ (2).}$$

Розділимо вирази (1) та (2): $\frac{F_1}{F_2} = \frac{6F}{3F} = 2$.

Задача 4

Який максимальний об'єм олії густиною $\rho_1 = 0,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ можна налити в L-подібну трубку з відкритими кінцями, яка частково (до висоти h) заповнена водою густиною $\rho_2 = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$? Площа горизонтального перерізу вертикальних частин трубки дорівнює S . Об'ємом горизонтальної частини трубки можна знехтувати. Висота вертикальних частин трубки та висота стовпчика води вказана на рисунку.



Примітка. Закривати відкриті кінці трубки, нахилити її або виливати з неї воду заборонено.

Розв'язок

Намагаючись налити найбільший об'єм олії в трубку, треба максимально використовувати тиск стовпчика води, щоб урівноважити його олією якнайбільшої висоти. Для цього будемо доливати у високе коліно олію до тих пір, поки вона не витіснить усю воду в друге коліно. Стовпчик олії буде мати висоту $H = 2h \cdot 1,25 = 2,5h$. Потім можна використати один із способів, які дають однаковий результат. Можна в обидва коліна долити по $2hS$ олії, а можна лити олію тільки у високе коліно. Тоді із-за меншої густини олія почне «пробулькувати» через воду й займе в другому коліні весь об'єм, який залишився: $V = (2,5h + 2,2h)S = 6,5hS$.

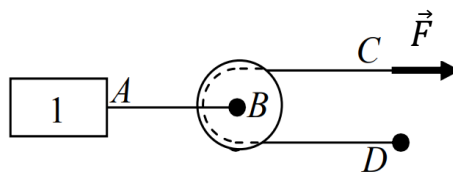


Рис. 1

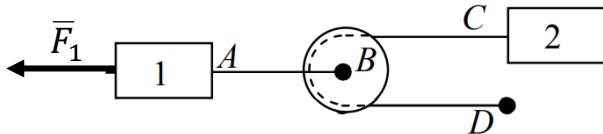


Рис. 2

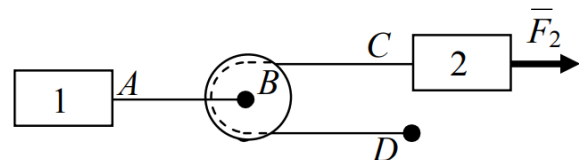


Рис. 3