

Розв'язки задач обласної учнівської олімпіади з фізики (9 клас)

Задача 1. Кулю з оргскла спочатку помістили в морську воду ($\rho_1 = 1025 \text{ кг/м}^3$), при цьому її вага становила $P_1 = 7.5 \text{ Н}$. Пізніше її помістили у прісну воду ($\rho_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$), вага кулі у цьому випадку становила $P_2 = 10 \text{ Н}$. Знайдіть густину кулі ρ . (5 балів)

Розв'язок:

На однорідне тіло, занурене у воду діють три сили: тяжіння F_T , Архімеда F_A та сила спричинена підвісом (чи опорою), яка за величиною рівна вазі тіла P . Враховуючи їх напрями, можемо записати:

$$P = F_T - F_A.$$

У випадку, коли тіло помістили у морську воду, матимемо:

$$P_1 = g(\rho - \rho_1) V,$$

де V - об'єм тіла. Аналогічно у випадку, коли тіло помістили у прісну воду:

$$P_2 = g(\rho - \rho_2) V,$$

З цих двох рівнянь знаходимо густину речовини тіла ρ . Для цього поділимо перше рівняння на друге.

$$P_1/P_2 = (\rho - \rho_1) / (\rho - \rho_2)$$

Тоді

$$\rho = (P_2 \rho_1 - P_1 \rho_2) / (P_2 - P_1).$$

Підставимо числові значення:

$$\rho = (10 \text{ Н} \cdot 1025 \text{ кг/м}^3 - 7.5 \text{ Н} \cdot 1000 \text{ кг/м}^3) / (10 \text{ Н} - 7.5 \text{ Н}) = 1100 \text{ кг/м}^3.$$

Відповідь: густина тіла становить 1100 кг/м^3 .

Задача 2.

А) Крапля води, температура якої становила $20 \text{ }^\circ\text{C}$, попала у відкритий космос. Знайдіть температуру краплі після втрати нею одного відсотка маси. Питома теплоємність води $c_v = 4,3 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$, питома теплота випаровування води $\lambda = 2,4 \text{ МДж/кг}$. (3 бали)

Б) Поясніть чому якщо злегка дихнути на руку, то відчувається тепло, а якщо сильно подути, то – холод. (2 бали)

Розв'язок.

А) У космосі вода випаровуватиметься із краплі. Із закону збереження енергії – енергія затрачена на випаровування буде рівна кількості теплоти втраченої краплею. Внаслідок втрати теплоти вона охолоджуватиметься:

$$0,01 \cdot m \cdot \lambda = c_v \cdot m \cdot \Delta T,$$

де m – маса води, ΔT – зміна її температури.

Звідси знайдемо, що $\Delta T = \frac{0,01 \cdot \lambda}{c_B} \approx 5,6$ К. Тоді температура краплі після втрати 1 % маси становитиме 14,4 °С.

Відповідь: А) температура краплі після втрати 1 % маси становитиме 14,4 °С. Б) Якщо злегка дихнути на руку, то рукою відчувається тепло, оскільки температура повітря, яке ми видихаємо є вищою за температуру шкіри руки. Якщо ж подути сильно, то зі шкіри руки випаровується вода, що призводить до її охолодження, тому у цьому разі відчувається прохолода.

Задача 3. На кулю, виготовлену із прозорої речовини, падає паралельний пучок світла, який проходить через центр кулі. Поперечний переріз пучка малий порівняно з розмірами кулі. Пучок світла, виходячи з кулі, створює на її поверхні світну пляму, діаметр якої втриє менший за діаметр пучка. Обчисліть показник заломлення матеріалу кулі, якщо промені пучка всередині кулі не перетинаються. Вважайте, що синус малого кута рівний самому куту, взятому в радіанах: $\sin \alpha \approx \alpha$. (5 балів)

Розв'язок:

Беручи до уваги, що переріз пучка є значно меншим за розмір кулі вважатимемо кути малими. Закон заломлення світла для падаючого променя у нашому випадку матиме вигляд:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \approx \frac{\alpha}{\beta} = n,$$

де α - кут падіння променя світла на кулю, β - кут заломлення. Звідки

$$\beta = \frac{\alpha}{n}. \quad (1)$$

Як видно з рисунка, кут заломлення падаючого на кулю променя дорівнює куту падіння променя, що виходить з кулі, оскільки трикутник АОВ рівнобедрений. Позначимо половину діаметра падаючого пучка буквою a , а половину діаметра плями на виході кулі – b . Із відповідних прямокутних трикутників знайдемо

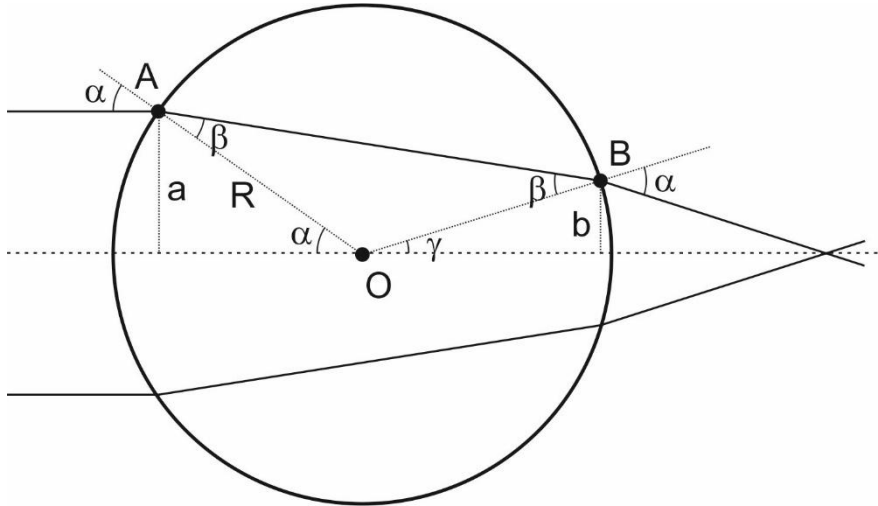
$$\sin \alpha \approx \alpha = \frac{a}{R} \quad (2)$$

$$\sin \gamma \approx \gamma = \frac{b}{R}, \quad (3)$$

де R – радіус кулі.

Зовнішній кут трикутника АОВ при вершині О становить $\alpha + \gamma$, тому, враховуючи властивість зовнішнього кута, маємо

$$\alpha + \gamma = 2\beta. \quad (4)$$



Підставивши в (4) співвідношення (1-3) матимемо:

$$\frac{a}{R} + \frac{b}{R} = \frac{2a}{nR}.$$

Звідки

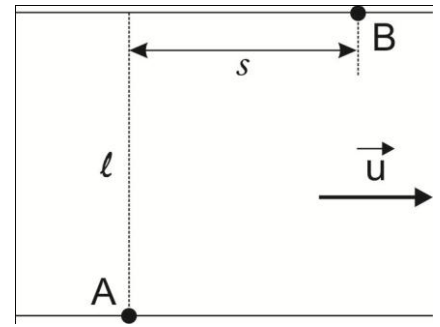
$$n = \frac{2a}{a + b},$$

а враховуючи, що діаметр падаючого пучка є втричі більший діаметра плями на виході з кулі ($a = 3b$) знайдемо

$$n = \frac{2 \cdot 3 \cdot b}{3 \cdot b + b} = 1,5.$$

Відповідь: показник заломлення матеріалу кулі становить 1,5.

Задача 4. Швидкість течії річки шириною $l = 40$ м становить $u = 5$ км/год. З якою мінімальною швидкістю відносно води повинен плисти човен, щоби з точки А попасти в точку В, що знаходиться на $s = 30$ м нижче по течії (див. рис.)? (5 балів)

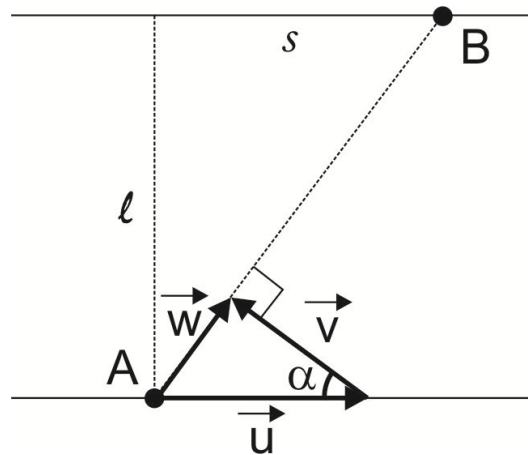


Розв'язок:

Для того, щоби попасти в точку В швидкість човна відносно поверхні землі \vec{w} повинна бути напрямлена вздовж лінії АВ (див. рис.). Згідно відносності руху вона є векторною сумою швидкості течії \vec{u} та швидкості човна відносно поверхні води \vec{v} :

$$\vec{w} = \vec{u} + \vec{v}.$$

Додаватимемо вектори використовуючи правило трикутника. Відкладемо вектор \vec{u} з точки А, а вектор \vec{v} від кінця вектора \vec{u} . Як видно з рисунка, для того щоби вектор \vec{w} був направлений вздовж лінії АВ потрібно щоби кінець вектора \vec{v} лежав на цій лінії. Зауважимо, що відкладати вектор \vec{v} можна під різними кутами α , однак, оскільки нас цікавить мінімальна швидкість човна відносно води, то відкладатимемо вектор \vec{v} так, щоби його довжина була мінімальна. Зрозуміло, що це буде тоді, коли він є перпендикулярним до лінії АВ.



Тоді із подібності трикутника швидкостей та трикутника показаного пунктирними лініями знайдемо, що

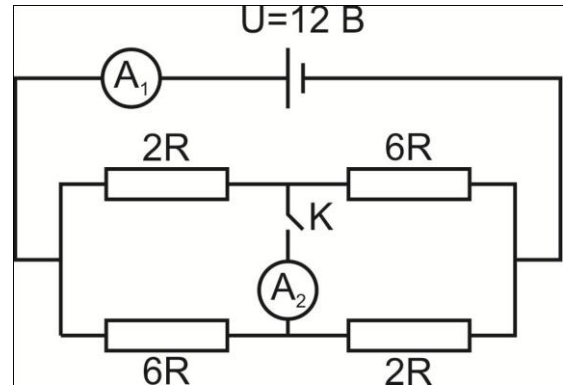
$$\frac{v}{u} = \frac{l}{\sqrt{l^2 + s^2}}.$$

Звідки

$$v = u \frac{l}{\sqrt{l^2 + s^2}} = 5 \frac{40}{\sqrt{40^2 + 30^2}} = 4 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

Відповідь: мінімальна швидкість човна відносно води становить 4 км/год.

Задача 5. У показаному на рисунку електричному колі, що містить опори із номіналами $2R$ та $6R$, при розімкнутому ключі K перший амперметр (A_1) показує струм $I = 3$ А. Нехтуючи внутрішнім опором джерела та амперметрів знайдіть:



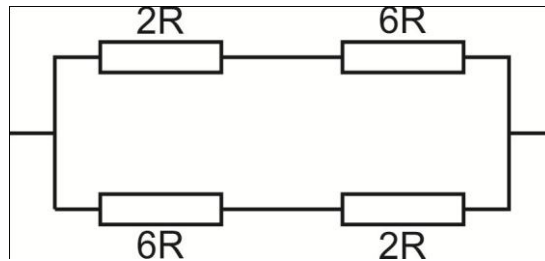
1) значення опору R ; (1 бал)

2) струм, який показуватиме перший амперметр (A_1), якщо ключ K замкнути; (1 бал)

3) струм, який показуватиме другий амперметр (A_2), при замкнутому ключі K . (3 бали)

Розв'язок:

1) Коли ключ K розімкнуто, то ділянку схеми, що містить опори, можна представити у вигляді:



Знайдемо її опір R_1 :

$$R_1 = \frac{U}{I} = \frac{12 \text{ В}}{3 \text{ А}} = 4 \text{ Ом.}$$

З іншого боку згідно з'єднання опорів маємо:

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{2R + 6R} + \frac{1}{6R + 2R}.$$

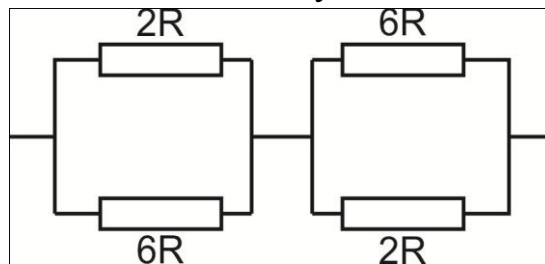
Звідки

$$R_1 = 4R.$$

Тоді

$$R = \frac{R_1}{4} \text{ Ом} = 1 \text{ Ом.}$$

2) У випадку замкнутого ключа K цю ділянку кола можна представити у вигляді:



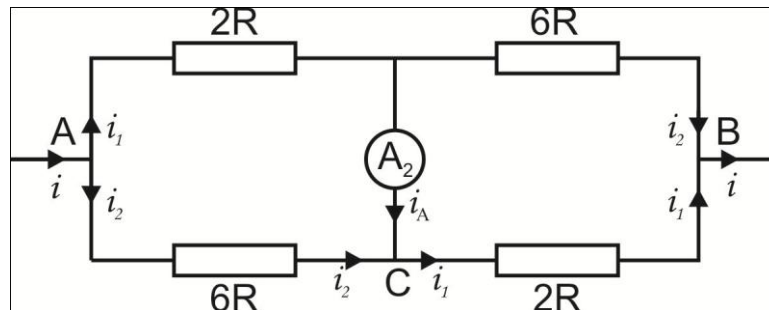
Знайдемо її опір R_2 :

$$R_2 = \frac{1}{\frac{1}{2R} + \frac{1}{6R}} + \frac{1}{\frac{1}{2R} + \frac{1}{6R}} = 3R = 3 \text{ Ом.}$$

Тоді амперметр A_1 показуватиме струм

$$I = U / R_2 = 4 \text{ A.}$$

3) **I спосіб.** Напрями струмів, які течуть в точках А, С і В, позначимо на рисунку стрілками.



Оскільки сила струму в нерозгалуженій частині кола дорівнює сумі сил струмів у відгалуженнях, то для вузла А маємо

$$i = i_1 + i_2. \quad (1)$$

Виходячи із симетричності схеми за номіналами опорів, у вузол В входять ті ж самі струми i_1 та i_2 , як показано на рисунку. Тоді для вузла С матимемо

$$i_1 = i_2 + i_A. \quad (2)$$

Знайдемо значення струмів i_1 та i_2 із умови, що при паралельному з'єднанні опорів напруга на них U_1 є однаковою. Застосуємо це для опорів розташованих зліва від амперметра:

$$U_1 = i_1 \cdot 2R = i_2 \cdot 6R,$$

звідки

$$i_1 = 3i_2. \quad (3)$$

Підставивши (3) в (1) та враховуючи, що при замкнутому ключі через амперметр A_1 тече струм $i = 4 \text{ A}$ знайдемо, що

$$i_2 = i / 4 = 1 \text{ A,}$$

тоді

$$i_1 = 3 \text{ A.}$$

Далі зі співвідношення (2) знаходимо i_A :

$$i_A = i_1 - i_2 = 2 \text{ A.}$$

II спосіб. Оскільки схема є симетричною, то спад напруги на резисторах зліва від другого амперметра та справа є однаковим і становить половину від напруги джерела, тобто 6 В . Це дозволяє, з допомогою закону Ома для ділянки кола, знайти струми i_1 та i_2 , які течуть через резистори. Далі скориставшись співвідношенням (2) знаходимо i_A .

Відповідь: 1) опір R становить 1 Ом ;

2) струм через амперметр A_1 при замкнутому ключі становитиме 4 A ;

3) струм через амперметр A_2 при замкнутому ключі становитиме 2 A .