

Орієнтовні розв'язки II етап фізика 2021-2022 н.р.

7 клас

Завдання 1. (5 балів)

Мед продається в коробочках, що мають форму куба.

У маленькій коробочці міститься 2 кілограми меду. Скільки меду в другій коробочці, якщо її сторона вдвічі більша, ніж сторона маленької коробочки?

Рішення

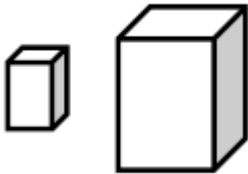
Об'єм шукаємо за формулою: $V_1 = a \cdot b \cdot c = a^3$

Для більшого куба: $V_2 = (2a)^3 = 8a^3$

Значить, об'єм другої коробки в 8 разів більший.

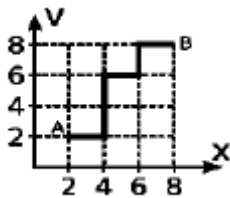
Маса дорівнює густині, помноженій на об'єм.

У другій коробці 16 кг меду.



Завдання 2. (5 балів)

Вартовий, який охороняє секретний об'єкт, весь час рухається, щоб не замерзнути. Графік залежності його швидкості V (в км / год) від координати X (в км) наведено на малюнку. Який час потрібно вартівому, щоб від точки А ($x_1 = 2$ км) дійти до точки В ($x_2 = 8$ км)?



Рішення

Час руху вартівого складається з часу, який він витрачає на проходження трьох проміжків: від 2 км до 4 км, від 4 км до 6 км, від 6 км до 8 км.

На кожному з цих проміжків швидкість вартівого постійна. Отже, можна обчислити час руху на кожній з цих ділянок:

$$t_1 = (4 \text{ км} - 2 \text{ км}) / 2 \text{ км} / \text{ч} = 1 \text{ ч},$$

$$t_2 = (6 \text{ км} - 4 \text{ км}) / 6 \text{ км} / \text{год} = 20 \text{ хв},$$

$$t_3 = (8 \text{ км} - 6 \text{ км}) / 8 \text{ км} / \text{ч} = 15 \text{ хв}.$$

Таким чином, складаючи отримані результати, отримуємо: $T = t_1 + t_2 + t_3 = 1 \text{ год} 35 \text{ хв}.$

Завдання 3. (5 балів)

Маса пробірки, заповненої до країв водою, становить 50 г. Маса цієї ж пробірки, заповненої водою, з шматком металу в ній масою 12 г становить 60,5 г. Визначте густину металу, поміщеного в пробірку. Густина води $1 \text{ г} / \text{см}^3$. Відповідь виразити в одиницях системи СІ.

Рішення:

Якби частина води з пробірки не вилася, то загальна маса пробірки, води і шматка металу в ній дорівнювала би $50 \text{ г} + 12 \text{ г} = 62 \text{ г}.$

За умовою завдання, маса води в пробірці з шматком металу в ній дорівнює 60,5 г. Отже, маса води, витісненої металом 1,5 г, а, значить, об'єм води, витісненої металом, дорівнює $V = m / \rho;$

$$V = 1,5 \text{ г} / 1 (\text{г} / \text{см}^3) = 1,5 \text{ см}^3.$$

$$\text{Тоді } \rho = 12 \text{ г} / 1,5 \text{ см}^3 = 8 \text{ г} / \text{см}^3 = 800 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Завдання 4 (5 балів)

У США і Великобританії для вимірювання обсягів іноді використовують рідку унцію (позначають fl. Oz., $1 \text{ fl. Oz.} = 29,6 \text{ мл}$). На парфумерному заводі 1 тону сировини використовують для виробництва 80 м^3 одеколону, який потім розливають у флакони об'ємом 2,0 fl. oz. Розрахуйте, скільки тонн сировини потрібно закупити для виробництва партії одеколону в 5 мільйонів флаконів.

Рішення

Знайдемо необхідний об'єм одеколону:

$$2,0 \text{ fl. oz.} \cdot 5000000 \cdot 29,6 \frac{\text{мл}}{\text{fl. oz.}} = 296000 \text{ л} = 296 \text{ м}^3$$

$$\text{Тепер знайдемо масу необхідної сировини: } \frac{296 \text{ м}^3}{80 \text{ м}^3 / \text{т}} = 3,7 \text{ т}$$

Завдання 5. (5 балів)

За григоріанським календарем високосними (що складаються з 366 діб) вважаються роки, номери яких кратні 4, за винятком років, номери яких кратні 100, але не кратні 400. Скільки діб становить середній григоріанський рік?

Рішення

Розглянемо 400 років (800, 1200 і т.д.). Всі роки без урахування високосних:

$$T_1 = 400 \cdot 365 = 146000 \text{ (діб)}.$$

Врахуємо звичайні високосні роки:

$$T_2 = 400 \cdot 0,25 = 100 \text{ (діб)}.$$

Поправка на роки, кратні 100:

$$T_3 = -3 \text{ (добі)}.$$

Середня тривалість григоріанського року:

$$T = \frac{(T_1 + T_2 + T_3)}{400} = 365,2425 \text{ (діб)}$$

Орієнтовні розв'язки II етап фізика 2021-2022 н.р.

8 клас

Завдання 1. Людина, стоячи на ескалаторі, спускається до потягів метро за 6 хвилин. Якщо вона поспішає і біжить по ескалатору, то час її спуску зменшується до 2 хвилин. За якийсь час вона підніметься вгору по рухомому вниз ескалатору, якщо буде бігти по ньому з тією ж швидкістю?

Рішення: Коли людина біжить, її швидкість відносно землі буде в 3 рази більше, ніж швидкість ескалатора, отже, швидкість людини щодо ескалатора буде в 2 рази більше, ніж швидкість самого ескалатора. При підйомі вгору сумарна швидкість щодо землі буде дорівнювати швидкості ескалатора, тому час її підйому по рухомому вниз ескалатору дорівнюватиме 6 хвилинам.

Завдання 2. З гармати, ствол якої установлений горизонтально, здійснюють постріл по мішені. Розрив снаряду видимий через $t_1=0,6$ секунди, а звук пострілу від розриву чутний через $t_2=2,1$ секунди після пострілу. На якій відстані від гармати знаходиться мішень? З якою горизонтальною швидкістю рухався снаряд? Швидкість звуку вважати рівною 340 м/с. Опором повітря знехтувати.

Рішення: Швидкість світла набагато більша за швидкість звуку у повітрі. Тому t_1 рівний часу польоту снаряду.

Час t_2 є сумою часу руху снаряду і розповсюдження звуку від мішені до гармати. Тоді час розповсюдження звуку: $t = t_2 - t_1$.

Дальність польоту: $S = v_{зв}(t_2 - t_1) = 510$ метрів.

Швидкість снаряду: $v_{сн} = \frac{S}{t_1} = \frac{v_{зв}(t_2 - t_1)}{t_1} = 850$ м/с

Завдання 3. На рисунку зображений важіль масою 2 кг. До нього підвішені 2 вантажі. Перший масою 5 кг. Визначте масу другого вантажу.



Рішення: $m_1 \cdot g \cdot 2l = mg \cdot l + m_2 g \cdot 4l$

$$m_2 = \frac{(2m_1 - m)}{4} = 2 \text{ кг}$$

l – довжина однієї смужки на важелі.

Завдання 4. В одному з рекламних роликів по телевізору хлопчик побачив порівняння дорогої бензинової запальнички і звичайної газової. У цьому ролику брали дві однакові склянки з водою і нагрівали їх за допомогою запальничок до кипіння води. Дорога запальничка нагрівала за $t_1 = 2$ хвилини, а звичайна за $t_2 = 4$ хвилини. Хлопчик подумав «Скільки часу знадобитися на нагрів склянки води одночасно двома цими запальничками?» Допоможіть хлопчику отримати відповідь.

Можливе рішення:

У всіх трьох випадках необхідно повідомляти однакову кількість теплоти

$$Q = P_1 t_1$$

$$Q = P_2 t_2$$

$$Q = (P_1 + P_2) t_3,$$

де P_1 і P_2 потужності дорогої і звичайної запальничок відповідно.

Розв'язуючи систему, отримаємо $t_3 = 80 \text{ с} = 1 \text{ хв } 20 \text{ с}$

Завдання 5. Пасажир, що сидить в поїзді, звернув увагу на те, що міст «проїхав» повз нього за час $t_1 = 20 \text{ с}$. Поїзд рухався по мосту рівномірно протягом часу $t_2 = 70 \text{ с}$ (це час, який минув від моменту в'їзду на міст локомотива до моменту з'їзду з моста останнього вагона). У скільки разів довжина поїзда більше довжини моста? Отримайте відповідь у вигляді формули і потім знайдіть чисельну відповідь.

Рішення: Нехай v – швидкість потягу. Тоді довжина моста дорівнює

$$l = vt_1$$

Довжина потягу дорівнює

$$L = vt_2 - l = v(t_2 - t_1)$$

Остаточного отримуємо

$$\frac{L}{l} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} = 2.5 \text{ рази.}$$

Орієнтовні розв'язки II етап фізика 2021-2022 н.р.

9 клас

Завдання 1. Скільки туристів можуть, не замочивши ніг, переправитися через річку на плоту з десяти дубових колод об'ємом $0,3\text{ м}^3$ кожна? Середня маса туриста з рюкзаком 75 кг . (Густина дуба: $\rho = 700\text{ кг / м}^3$)

$$\text{Об'єм плоту: } V = 10 * 0,3 = 3\text{ м}^3$$

$$\text{Маса плоту: } m = \rho * V = 700 * 3 = 2100\text{ кг}$$

$$\text{Маса плоту з } N \text{ туристами: } M = (2100 + 75 * N)\text{ кг}$$

$$\text{Вага плоту з туристами: } F = M * g = (2100 + 75 * N) * 10\text{ Н}$$

Виштовхувальна сила плоту (сила Архімеда):

$$F_a = \rho_v * g * V = 1000 * 10 * 3 = 30\ 000\text{ Н}$$

Прирівнюючи дві останні формули:

$$(2100 + 75 * N) * 10 = 30\ 000$$

$$2100 + 75 * N = 3000$$

$$75 * N = 900$$

$$N = 900/75 = 12\text{ туристів не замочать ніг}$$

Завдання 2. Школяр проїхав першу половину шляху на велосипеді зі швидкістю $V_1 = 15\text{ км / год}$. Далі половину часу, що залишився він їхав зі швидкістю $V_2 = 10\text{ км / год}$, а потім до кінця шляху йшов пішки зі швидкістю $V_3 = 5\text{ км / год}$. Визначте середню швидкість руху школяра на всьому шляху.

Рішення.

$$V_{\text{ср.}} = (S_1 + S_2 + S_3) / (t_1 + t_2 + t_3), \quad (1)$$

$$S_1 = V_1 t_1, \quad (2)$$

$$S_2 = V_2 t_2, \quad (3)$$

$$S_3 = V_3 t_3, \quad (4)$$

$$t_2 = t_3 = t \quad (5)$$

$$S_1 = S_2 + S_3, \quad (6)$$

Підставивши рівняння (2-4) з урахуванням рівняння (5) у рівняння (6), отримуємо:

$$V_1 t_1 = V_2 t + V_3 t \text{ або } S_1 = (V_2 + V_3) t.$$

Звідки отримуємо: $t = S_1 / (V_2 + V_3)$ (7)

Підставляючи рівняння (6-7) з урахуванням рівнянь (2) і (5) в рівняння (1) отримуємо:

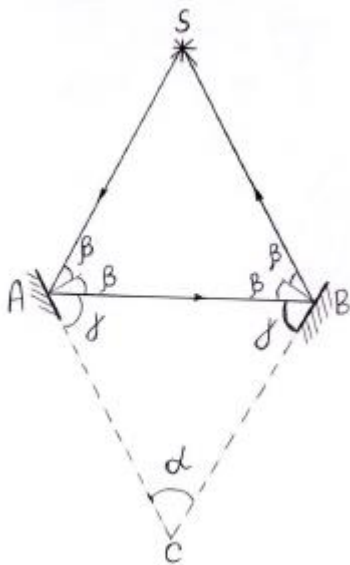
$$V_{\text{ср.}} = 2S_1 / [S_1 / V_1 + 2S_1 / (V_2 + V_3)].$$

Звідки отримуємо: $V_{\text{ср.}} = 2V_1 (V_2 + V_3) / (2V_1 + V_2 + V_3)$ (8)

Відповідь $V_{\text{ср.}} = 10 \text{ км / год.}$

Завдання 3. Два малих плоских дзеркала розташовані на однаковій відстані одне від одного і від точкового джерела світла. Якою має бути кут α між дзеркалами, якщо промінь після двох відображень направляється прямо до джерела?

Рішення. Промінь повертається до джерела, описавши правильний трикутник (рис.1), тому кути падіння променя на дзеркала $\beta = 30^\circ$, і кути відбивання $\beta = 30^\circ$ і трикутник ABC - правильний, тобто кут між дзеркалами $\alpha = \gamma = 60^\circ$.



Завдання 4. Калориметр містить лід масою 100 г при температурі 0°C . У калориметр впускають пар з температурою 100°C . Скільки води виявилось в калориметрі, коли весь лід розтанув? Температура води, яка утворилася дорівнює 0°C . Питома теплоємність води $4200 \text{ Дж / (кг}\cdot^\circ\text{C)}$, питома теплота плавлення льоду 330 кДж / кг , питома теплота пароутворення води $2,3 \text{ МДж / кг}$.

Рішення. Необхідна для плавлення льоду кількість теплоти виділяється при конденсації деякої маси пари й охолодження отриманої води до 0°C .

Складемо рівняння теплового балансу:

$$m_{\text{л}}\lambda = m_{\text{п}}r + m_{\text{п}}c(t_{\text{п}} - t_{\text{л}})$$

Загальна маса утвореної води:

$$m = m_{\text{л}} + m_{\text{п}}$$

Виражаємо з першого рівняння масу пари і підставляємо її у друге рівняння:

$$m = m_{\text{п}} + m_{\text{л}} = m_{\text{л}} \left(1 + \frac{\lambda}{r + c(t_{\text{п}} - t_{\text{л}})} \right)$$

Маса $m \approx 112\text{г}$.

Завдання 5. У мережу з напругою 24 В підключили два послідовно з'єднаних резистора. При цьому сила струму стала рівною 0,6 А. Коли резистори підключили паралельно, сумарна сила струму стала рівною 3,2 А. Визначити опори резисторів.

Рішення. Згідно закону Ома для ділянки кола і формул для знаходження загального опору при послідовному та паралельному і послідовному з'єднаннях отримуємо:

$$\frac{U}{I_{\text{посл}}} = R_1 + R_2$$

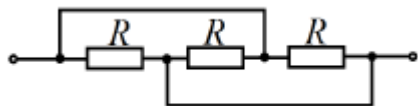
$$\frac{U}{I_{\text{пар}}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Розв'язуючи дану систему рівнянь, знаходимо невідомі опори резисторів:
10 Ом та 30 Ом.

Орієнтовні розв'язки II етап фізика 2021-2022 н.р.

10 клас

1. Три однакових опори з'єднані послідовно і підключені до джерела постійної напруги. Як зміниться потужність, яка виділяється на ділянці, якщо точки з'єднання опорів один з одним з'єднати провідниками з дуже малим опором, як показано на малюнку?



Рішення

При послідовному з'єднанні потужність, яка виділяється, дорівнює

$$P_1 = \frac{U^2}{3R},$$

де U - напруга джерела. При додатковому з'єднанні точок, опори виявляються включеними паралельно. Дійсно, легко побачити, що тепер будь-який з трьох опорів з'єднаний дротами безпосередньо з джерелом живлення. У цьому випадку потужність

$$P_2 = \frac{3U^2}{R} = 9P_1$$

2. У герметично замкненій посудині у воді плаває шматок льоду масою $M=0,1$ кг, у який вмерзла дробинка масою $m=5$ г. Яку кількість теплоти необхідно витратити, щоб дробинка почала тонути? Густина свинцю $11,3$ г/см³, а густина льоду $0,9$ г/см³, теплота плавлення льоду $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг. Температура води у посудині 0°C .

Рішення: Для того, щоб дробинка почала тонути, немає необхідності, щоб розтанув весь лід. Достатньо того, щоб середня густина льоду з дробинкою стала рівною густині води. Якщо масу льоду, що при цьому залишився, позначити M_1 , то умова того, що дробинка почне тонути, запишеться так:

$$\frac{M_1 + m}{V} = \rho_{\text{в.}}$$

Але об'єм V льоду та дробинки дорівнює сумі їх об'ємів:

$$V = \frac{M_1}{\rho} + \frac{m}{\rho_{\text{св}}}$$

$$\text{Тому, } M_1 + m = \rho_{\text{в}} \left(\frac{M_1}{\rho} + \frac{m}{\rho_{\text{св}}} \right)$$

$$\text{Звідки } M_1 = m \frac{(\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{в}})\rho_{\text{л}}}{(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{л}})\rho_{\text{св}}} = 8.2m$$

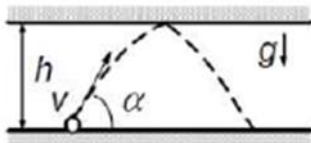
Розтанути повинна маса льоду:

$$\Delta M = M - M_1 = 100\text{г} - 8,2 \cdot 5\text{г} = 59\text{г}$$

Для цього необхідна кількість теплоти:

$$Q = \lambda \cdot \Delta M = 3.3 \cdot 10^5 \text{Дж/кг} \cdot 59 \cdot 10^{-3} \text{кг} \approx 19,5 \cdot 10^3 \text{Дж}$$

3. Яку відстань по горизонталі пролетить м'яч, який кинуту зі швидкістю $v=10\text{м/с}$ під кутом $\alpha=60^\circ$ до горизонту, якщо він вдариться об стелю? Висота стелі $h=3\text{м}$, удар пружній. Опором повітря знехтувати.



З рівня рівноприскореного руху по вертикалі отримуємо:

$$h = v \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$\text{звідси } t = \frac{v \sin \alpha}{g} - \left[\left(\frac{v \sin \alpha}{g} \right)^2 - \frac{2h}{g} \right]^{1/2}$$

Відстань, яка пройдена тілом по горизонталі за час польоту $2t$, дорівнює:

$$l = v \cos \alpha \cdot 2t = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha \left[1 - \left(1 - \frac{2gh}{(v \sin \alpha)^2} \right)^{1/2} \right]$$

Підстановка числових даних дає результат $l=5\text{м}$.

4. Знайдіть мінімально можливу відстань між предметом та його дійсним зображенням, якщо оптична сила тонкої лінзи дорівнює 8 дптр.

Формула тонкої лінзи:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{h-d} = D,$$

де h – відстань між предметом та зображенням, d – відстань між предметом та лінзою.

$$\text{Звідки: } -d^2 + hd - \frac{h}{D} = 0$$

Дане рівняння має розв'язок, якщо дискримінант невід'ємний:

$$h^2 - 4\frac{h}{D} = h\left(h - \frac{4}{D}\right) \geq 0$$

Звідки мінімально можлива відстань:

$$h = \frac{4}{D} = 0.5\text{м} = 50\text{см}$$

5. Аеростат піднімається з землі вертикально вгору з прискоренням 2.45м/с^2 . Через 8 секунд від початку руху з його гондоли випадає предмет. Через скільки часу і з якою швидкістю цей предмет впаде на землю? Опором повітря знехтувати.

Рішення.

Так як спочатку предмет рухається разом в аеростатом, то через $t_1 = 8\text{с}$ він підніметься на висоту h_1 і матиме швидкість v_1 .

$$h_1 = \frac{at_1^2}{2}$$

$$v_1 = at_1$$

Після підстановки значень отримуємо: $h=78.4\text{м}$; $v_1=19.6\text{м/с}$.

зв'яжемо систему відліку з землею, а вісь координат спрямуємо вгору, тоді рівняння руху:

$$0 = h_1 + v_1 t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$$

$t_2=6,3\text{с}$ – час руху предмета. Швидкість v_2 знаходимо з виразу

$$v_2^2 - v_1^2 = 2gh$$

Звідки $v_2=43,8\text{м/с}$.

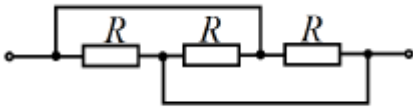
Орієнтовні розв'язки II етап фізика 2021-2022 н.р.

11 клас

1. (5 балів) В кінці зарядки акумулятора сила струму 3 А, а напруга на клеммах 8,85 В. На початку розрядки того ж акумулятора сила струму 4 А, а напруга 8,5 В. Визначити внутрішній опір акумулятора та його електрорушійну силу.

При розрядці напруга менше ЕРС: $U_2 = \varepsilon - I_2 r$. При зарядці заряди рухаються проти сторонніх сил в акумуляторі. Це можливо лише при напрузі, що перевищує ЕРС: $U_1 = \varepsilon - I_1 r$. Вирішуючи систему даних рівнянь маємо $r = \frac{U_1 - U_2}{I_1 + I_2}$; $r = 0,05 \text{ Ом}$; ; $\varepsilon = 8,7 \text{ В}$.

2. (5 балів) Три однакових опори з'єднані послідовно і підключені до джерела постійної напруги. Як зміниться потужність, яка виділяється на ділянці, якщо точки з'єднання опорів один з одним з'єднати провідниками з дуже малим опором, як показано на малюнку?



$$P_1 = \frac{U^2}{3R}, \text{ при послідовному з'єднанні}$$

де U - напруга джерела.

При додатковому з'єднанні точок, опори виявляються включеними паралельно. Дійсно, легко побачити, що тепер будь-який з трьох опорів з'єднаний дротами безпосередньо з джерелом живлення. У цьому випадку потужність

$$P_2 = \frac{3U^2}{R} = 9P_1$$

3. (5 балів) Футболіст забиває гол з одинадцятиметрової відмітки точно під перекладину воріт. Яку мінімальну енергію потрібно було надати для цього м'ячу? Висота воріт 2.5м, маса м'яча 0.5 кг. Опором повітря знехтувати.

Один із можливих варіантів рішення: Позначимо мінімальну вертикальну складову швидкості м'яча як v_1 , а мінімальну горизонтальну складову цієї

швидкості як v_2 . Мінімальна вертикальна складова швидкості визначається із умови підйому на висоту воріт h , формулою $h = gt^2/2$ та формулою $v_1 = gt$. З них отримуємо $v_1 = \sqrt{2gh}$. Горизонтальна складова визначається із умови, щоб за час підйому $t = \sqrt{2h/g}$ м'яч долетів до воріт: $v_2 = l/t = l\sqrt{g/2h}$, де $l=11$ м

$$E = mv^2/2 = \frac{m(v_1^2 + v_2^2)}{2} = \frac{mg(2h + l^2/2h)}{2} = mg(h + l^2/4h)$$

$E=73$ Дж.

4. (5 балів) Два різнойменні точкові заряди q та $-4q$ перебувають на відстані a один від одного. Яким має бути третій заряд Q і де його треба помістити, щоб система перебувала в рівновазі?

Очевидно, що заряд Q слід помістити в точку де напруженість поля двох перших зарядів рівна нулю: $E_1+E_2=0$. Ця точка лежить на прямій, що проходить через заряди 1 та 2. Закону Кулона отримаємо , $x=a$.

Величину заряду Q визначаємо із умови рівноваги першої кульки: $Q=-4q$.

5. (5 балів) На відстані a від збиральної лінзи із фокусом F знаходиться предмет. Знайдіть, на якій відстані від лінзи буде знаходитись його зображення.

Формула для збиральної лінзи $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{a}$

де f — відстань до зображення, a — відстань до предмета, F — фокусна відстань лінзи. Звідси $f = \frac{Fa}{a - F}$