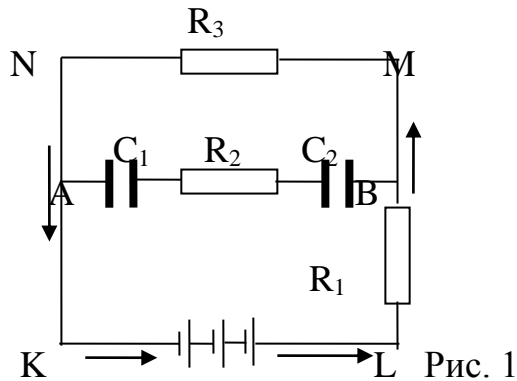


Закарпатський інститут післядипломної педагогічної освіти
Розв'язки
 до завдань II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики,
 10 листопада 2017 року

11 клас

1. Два конденсатори ємністю 2 мкФ і 3 мкФ включені в коло (рис. 1), яке містить джерело струму з електрорушійною силою 8,4 В. Визначте напругу на конденсаторах, якщо внутрішній опір джерела 0,4 Ом, а опори R_1 , R_2 і R_3 відповідно дорівнюють 3 Ом, 1 Ом і 5 Ом.



Розв'язок. Закон Ома для повного кола (див. рис. 1) запишеться у вигляді:

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_1 + R_3}.$$

Напруга на опорі R_3 : $U_3 = IR_3 = \frac{\varepsilon R_3}{r + R_1 + R_3}.$

Ця напруга прикладена між точками А і В і дорівнює сумі напруг на обох конденсаторах: $U_3 = U_1 + U_2.$

Оскільки $U_1 = \frac{q}{C_1}$, $U_2 = \frac{q}{C_2}$, то $U_3 = q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) = q \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}.$

Тоді $q = U_3 \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$, звідки $U_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot \frac{R_3}{r + R_1 + R_3} \varepsilon$, $U_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot \frac{R_3}{r + R_1 + R_3} \varepsilon$;

$U_1 = 3 \text{ В}, U_2 = 2 \text{ В}.$

2. З літака, що летить зі швидкістю 720 км/год, відділяється тіло. Знайти радіус кривизни в точці траєкторії, де воно перебуватиме через 5 с після початку руху. Опором повітря знехтувати.

Розв'язок. Для визначення радіуса кривизни в точці траєкторії через час t після початку руху використовуємо формулу доцентрового прискорення $a_o = \frac{v^2}{r}.$

Звідки $r = \frac{v^2}{a_d}$, де v - швидкість тіла (див. рис. 3) через час t після початку руху.

З рис. 3 випливає, що $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$ або $v = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}.$

Напрямок вектора \vec{v} визначається кутом α : $\cos\alpha = \frac{v_0}{v} = \frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}}$.

Доцентрове прискорення чисельно рівне (див. рис. 3): $a_d = g \cos\alpha = \frac{g v_0}{\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}}$.

Підставивши в формулу радіуса кривизни замість v і a_d знайдені значення,

отримаємо $r = \frac{v^2}{a_d} = \frac{(v_0^2 + g^2 t^2)^{\frac{3}{2}}}{g v_0}$; $r \approx 4500 \text{ м} = 4,5 \text{ км}$.

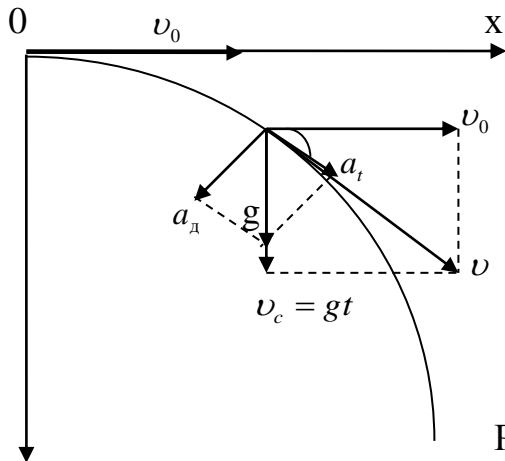


Рис. 3

3. По залізному провіднику, площа поперечного перерізу якого $0,64 \text{ мм}^2$, протікає струм силою 24 А . Визначте середню швидкість напрямленого руху електронів, вважаючи, що число вільних електронів n_0 в одиниці об'єму дорівнює числу атомів n' в одиниці об'єму провідника (рис. 2). Густина заліза 7800 кг/м^3 .

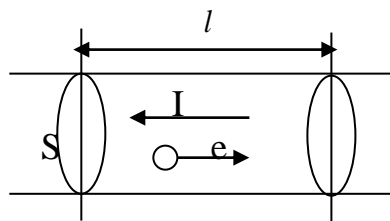


Рис. 2

Розв'язок. Середня швидкість впорядкованого руху електронів $v = \frac{l}{t}$, де t – час, за який усі вільні електрони, що знаходяться на відрізку провідника довжиною l , пройдуть через вихідний переріз і перенесуть заряд $q = Ne$, створюючи при цьому струм $I = \frac{q}{t} = \frac{Ne}{t}$, де e – заряд електрона, N – число вільних електронів на відрізку довжиною l ,

$N = n_0 V = n_0 l S$, де V – об'єм провідника, S – площа його поперечного перерізу.

За умовою задачі $n_0 = n_0' = \frac{N}{V} = \frac{\frac{m}{M} N_A}{V} = \frac{\rho}{M} N_A$, де ρ – густина заліза, M – молярна маса, N_A – число Авогадро.

$$I = \frac{N_A \rho l S e}{M t}, \text{ звідки } l = \frac{I M t}{N_A \rho S e}.$$

Знайдемо $v = \frac{IMt}{N_A \rho S e t} = \frac{IM}{N_A \rho S e}$; $v = \underline{4,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}}$.

4. Куля, що летіла горизонтально зі швидкістю 100 м/с, ударяється об нерухомий клин, що лежить на горизонтальній поверхні, і пружно відлітає вертикально вгору. Початкова швидкість клина після удару 2 м/с. Визначте, на яку висоту підніметься куля. Опором повітря знехтувати.

Розв'язок. Закон збереження енергії та імпульсу для взаємодії тіл (рис. 4):

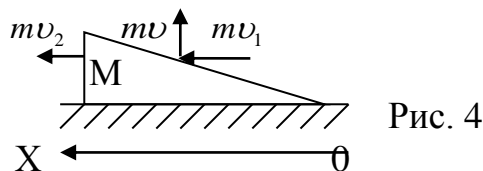
$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{Mv_2^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

$$mv_1 = Mv_2$$

Розв'язавши цю систему відносно v , отримаємо: $v^2 = v_1^2 - v_1 v_2$. Висоту підняття

кулі знаходимо за законом збереження енергії: $mgh = \frac{mv^2}{2}$, звідки $h = \frac{v^2}{2g} = \frac{v_1^2 - v_1 v_2}{2g}$.

h = 500 м.



5. На скільки зменшиться число коливань маятника з періодом коливань 1 с за добу, якщо довжина його зросте на 5 см?

Розв'язання Період коливань маятника дорівнює: $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}}$, період

коливань маятника після збільшення його довжини буде дорівнювати:

$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l_1 + \Delta l}{g}}$. Довжина маятника $l_1 = \frac{T_1^2 g}{4\pi^2} = 24,8 \cdot 10^{-2}$ м. Число коливань

маятника $N_1 = \frac{t}{T_1} = 86400$, а $N_2 = \frac{t}{T_2} = \frac{t\sqrt{g}}{2\pi\sqrt{l_1 + \Delta l}} = 78857$. Тоді

$$\Delta N = N_1 - N_2 = 7543.$$

Закарпатський інститут післядипломної педагогічної освіти
Розв'язки
до завдань II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики,
10 листопада 2017 року

10 клас

1. Два точкові заряди $q_1 = q$ і $q_2 = -5q$, що перебували на відстані $\sqrt{5}$ см, після дотику розвели на таку відстань, на якій сила взаємодії зарядів не змінилася. Визначте цю відстань.

Розв'язок. Після дотику заряди тіл q' стали однойменними й однаковими за величиною. За законом збереження заряду $q_1 + q_2 = 2q'$ або $q - 5q = 2q'$. Звідси $q' = -2q$.

До дотику різнойменні заряди притягувалися із силою $F_1 = k \frac{|q_1||q_2|}{r_1^2} = \frac{5kq^2}{r_1^2}$.

Після дотику однойменні заряди відштовхувалися із силою $F_2 = k \frac{|q'|^2}{r_2^2} = \frac{4kq^2}{r_2^2}$.

За умовою $F_1 = F_2$. Тоді $\frac{5kq^2}{r_1^2} = \frac{4kq^2}{r_2^2}$. Звідси $r_2 = r_1 \sqrt{\frac{4}{5}}$; $r_2 = 2$ см.

2. Визначте, який шлях (у метрах) пройшло тіло за 10 с під час рівноприскореного руху, якщо початкова швидкість становить 20 м/с, а прискорення, що дорівнює за модулем 5 м/с^2 , напрямлене протилежно до початкової швидкості.

Розв'язок. Оскільки прискорення напрямлене протилежно до початкової швидкості, то тіло спочатку гальмує. З'ясуємо, в який момент часу тіло зупиниться ($v=0$): $0 = v_0 - at_1$. Звідси $t_1 = \frac{v_0}{a} = 4\text{с}$.

За цей час тіло проходить шлях $l_1 = \frac{v_0^2}{2a} = 40\text{м}$.

Упродовж наступних $t_2 = t - t_0 = 6\text{с}$ тіло рухається рівноприскорено без початкової швидкості у протилежний бік і проходить шлях $l_2 = \frac{at_2^2}{2} = 90\text{м}$. Увесь шлях тіла дорівнює $l = l_1 + l_2$; $l = 130\text{м}$.

3. Циліндр, радіус якого 10 см, розташований між двома дошками, що рухаються в протилежних напрямках зі швидкостями 3 м/с і 2 м/с. Визначте швидкість поступального руху циліндра та кутову швидкість його обертання.

Розв'язок. Кожна точка циліндра бере участь у поступальному русі зі швидкістю v та обертальному русі зі швидкістю $v_{об} = \omega R$ (див. рис.1).

За правилом додавання швидкостей у точці А: $v_1 = v_{об} + v = \omega R + v$.

У точці В: $v_2 = v_{об} - v = \omega R - v$.

Додавши рівняння, отримаємо: $\omega = \frac{v_1 + v_2}{2R}$; $\omega = 25 \text{ рад/с}$.

Віднявши рівняння, матимемо: $v = \frac{v_1 - v_2}{2}$; $v = 0,5 \text{ м/с}$.

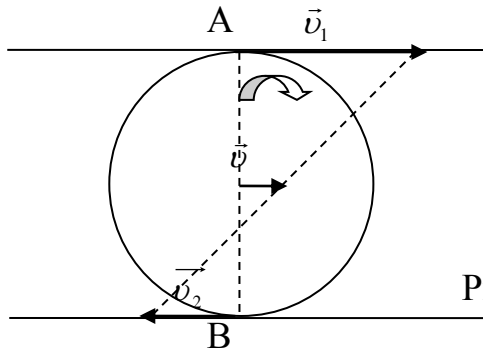


Рис. 1

4. У посудині з водою плаває тонкостінна металева чашка. Чи зміниться (і якщо зміниться, то як саме) рівень води в посудині, якщо занурити чашку у воду та потопити її? Відповідь обґрунтуйте

Розв'язок.

Рівень води в посудині зменшиться. Це можна довести. Рівень води залежить від об'єма підводної частини. Коли чашка потоне, об'єм підводної частини зменшиться. Нехай V_1 – об'єм підводної частини чашки; V_2 – об'єм надводної частини чашки; $V_в$ – об'єм повітря в чашці, яка занурена у воду.

Умова плавання:

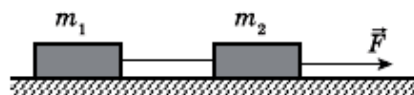
$$M \cdot g = \rho_{\text{води}} \cdot g \cdot V_в$$

$$\rho_м \cdot (V_1 + V_2) = \rho_{\text{води}} \cdot (V_1 + V_2)$$

$$\rho_м > \rho_{\text{води}}, \text{ тому } V_2 < V_в.$$

5.

Визначте силу натягу (у ньютонях) нитки, якою зв'язані два бруски (див. рисунок), якщо $m_1 = 1 \text{ кг}$, $m_2 = 3 \text{ кг}$, $F = 32 \text{ Н}$, а коефіцієнт тертя між брусками й поверхнею стола дорівнює 0,3. Вважайте, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Розв'язок.

Спочатку потрібно визначити прискорення системи:

$$a = \frac{F - F_{\text{тер}}}{m} = \frac{F - \mu mg}{m} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Сила натягу нитки забезпечує рух першого бруска саме з цим прискоренням

$$m_1 a = T - F_{\text{тер}1} = T - \mu m_1 g. \text{ Звідси отримуємо: } T = m_1 a + \mu m_1 g = 5 + 3 = 8 \text{ (Н)}.$$

Закарпатський інститут післядипломної педагогічної освіти
Розв'язки
до завдань II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики,
10 листопада 2017 року

9 клас

1. Порожній циліндр з площею поперечного перерізу $2,5 \text{ м}^2$ плаває в гасі. Щоб циліндр плавав у воді з тією ж осадкою (глибина занурення), в нього потрібно покласти вантаж масою 100 кг . Визначте масу циліндра і глибину його занурення. Густина гасу 800 кг/м^3 .

Розв'язок. Нехай m – маса вантажу, M – маса циліндра, $\rho_{\text{в}}$ – густина води, $\rho_{\text{г}}$ – густина гасу.

Виштовхувальна сила, що діє на циліндр в гасі, дорівнює за модулем діючій на нього силі тяжіння: $\rho_{\text{г}}ghS = Mg$, а виштовхувальна сила, що діє на циліндр у воді, дорівнює силі тяжіння, що діє на циліндр і вантаж: $\rho_{\text{в}}ghS = (M+m)g$.

Поділимо друге рівняння на перше: $\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{г}}} = \frac{M+m}{M}$, звідси $M = \frac{m}{\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{г}}} - 1}$; $M = 400 \text{ кг}$.

Глибина занурення циліндра $h = \frac{(M+m)}{\rho_{\text{в}}S}$; $h = 0,2 \text{ м}$.

2. Заряджені кульки, що знаходяться на відстані 2 м одна від одної, відштовхуються зі силою 1 Н . Загальний заряд кульок $5 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$. Як розподілений цей заряд між кульками?

Розв'язок. Сила взаємодії між двома зарядженими кульками $F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ (1).

Нехай $q_1 = Q - q_2$ (2), де Q – загальний заряд кульок.

Підставивши формулу (2) в формулу (1) і розв'язавши рівняння, отримаємо:

$q_1 \approx \pm 2,67 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$, $q_2 \approx \mp 0,67 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$.

3. У машині, призначеній для топлення снігу, з ККД 25% спалено 2 т сухих дров. Яку площу можна звільнити від снігу за температури $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ при спалюванні такої кількості палива, якщо товщина снігового покриву 50 см ? Густина снігу 300 кг/м^3 , питома теплота згоряння сухих дров $8,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, питома теплоємність снігу $1680 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$, питома теплота плавлення снігу $3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

Розв'язок. Кількість теплоти, отримана при згорянні дров, дорівнює $Q = qm$, де q – питома теплота згорання сухих дров. Маса снігу, що розтанув $m_1 = \rho v = \rho hS$, де h – товщина снігового покриву, ρ – густина снігу.

Тепло, що пішло на нагрівання снігу до 0°C і його плавлення, $Q_1 = cm_1(t_1 - t_2) + \lambda m_1$, де c – питома теплоємність снігу, λ – питома теплота плавлення снігу.

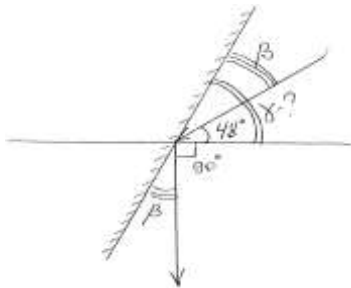
Складемо рівняння теплового балансу: $\eta mq = cm_1(t_1 - t_2) + \lambda m$.

Підставивши замість m_1 його значення, отримаємо: $\eta mq = \rho hS[c(t_1 - t_2) + \lambda]$,

звідки $S = \frac{\eta mq}{h\rho[c(t_1 - t_2) + \lambda]}$; $S \approx 83 \text{ м}^2$.

4. Висота Сонця над горизонтом дорівнює 48° . Під яким кутом до горизонту слід розташувати дзеркало, щоб освітити „зайчиком” дно глибокого колодязя?

Розв'язок. За законом відбивання світла кут між падаючим променем і поверхнею джерела (β) та відбитим променем і поверхнею джерела – рівні. Отже, з малюнка видно, що



$$\alpha + \beta = \gamma \quad (1) \text{ і}$$

$$\beta + \gamma + 90^\circ = 180^\circ \quad (2)$$

Тоді

$$\beta = 90^\circ - \gamma \quad (3)$$

Підставимо (3) → (1)

$$\alpha + 90^\circ - \gamma = \gamma; \quad \alpha + 90^\circ = 2\gamma;$$

$$48^\circ + 90^\circ = 2\gamma$$

$$138^\circ = 2\gamma$$

$$\gamma = 69^\circ$$

Відповідь: $\gamma = 69^\circ$

5. Два хлопці біжать по стерні по колу з однаковою швидкістю, вирушаючи з одного місця в протилежні сторони, і зустрічаються через 40 с. Через який час вони зустрінуться, якщо четверту частину кола переорють і швидкість на ній буде вдвоє меншою?

Розв'язок. Шуканий час не залежить від початкового положення хлопців. Розглянемо випадок, коли вони знаходяться на межі зораної ділянки. Цю ділянку

один з них пробіжить за час $\frac{1}{4}S = \frac{1}{2} \cdot \frac{S}{v}$. За цей час другий пробіжить шлях $\frac{1}{2}S$ і їм

далі лишається бігти по стерні час $\frac{1}{4} \frac{S}{2v} = \frac{1}{8} \cdot \frac{S}{v}$. Час до зустрічі $\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{8}\right) \frac{S}{v} = \frac{5}{8} \frac{S}{v}$. До переорювання час був рівним $t_1 = \frac{S}{2v} = \frac{1}{2} \frac{S}{v}$, $t_2 = \frac{5}{8} \cdot 2t_1 = \frac{5}{4} t_1 = 50\text{с}$.

Закарпатський інститут післядипломної педагогічної освіти
Розв'язки
до завдань II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики,
10 листопада 2017 року

8 клас

1. Автомобіль рухається зі швидкістю 60 км/год. Якщо велосипедист поїде назустріч автомобілю, то до зустрічі з ним він встигне проїхати 50 м, якщо від автомобіля – 100 м. Яка швидкість велосипедиста?

Розв'язок. Якщо початкова швидкість автомобіля $v_0 = 60$ км/год, велосипедиста v , початкова відстань між ними l , $a = 50$ м, $b = 100$ м, то при русі назустріч $\frac{l-a}{v_0} = \frac{a}{v} \Rightarrow l = \left(\frac{v_0}{v} + 1\right)a$, при русі від автомобіля $\frac{l+b}{v_0} = \frac{b}{v} \Rightarrow l = \left(\frac{v_0}{v} - 1\right)b$. Прирівнявши праві частини і розв'язавши одержане рівняння, одержимо $v = \frac{b-a}{b+a}v_0$. $v = 20 \frac{\text{км}}{\text{год}}$.

2. Місткість ковша потужного скрепера (машини для зрізування і транспортування ґрунту) – 14 м³. Яку відстань повинен пройти скрепер для того, щоб його ківш повністю наповнився землею, якщо при ширині захвату 30 дм він зрізує шар ґрунту товщиною 150 мм?

Розв'язок. $l = V/(h \times a)$, де V – місткість ковша, h – товщина шару зрізаного ґрунту, a – ширина захвату. $l = 311$ м.

3. Мотоцикліст проїхав відстань між двома пунктами зі швидкістю 40 км/год. Потім, збільшивши швидкість до 80 км/год, проїхав ще відстань, удвічі меншу. Визначте середню швидкість мотоцикліста за весь час руху.

$$v_c = 48 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

4. Інструментальний цех отримав завдання виготовити 150 різців. Скільки сталі на це потрібно, якщо 10 % її йде в стружку? Довжина стебла різця 270 мм, ширина 50 мм і висота 45 мм. Густина сталі 7,8 г/см³.

$$m = 789,75 \text{ кг.}$$

5. Дельфін випромінює короткі імпульси ультразвуку, проміжок часу між якими становить 200 мс. На якій максимальній відстані від дельфіна може бути у воді перешкода, яку він «почує»? Швидкість звуку у воді становить 1500 м/с.

$$S = 150 \text{ м.}$$

Закарпатський інститут післядипломної педагогічної освіти
Розв'язки
до завдань II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики,
10 листопада 2017 року

7 клас

1. Як за допомогою терезів можна визначити площу будь-якої плоскої фігури, вирізаної з картону?

Розв'язок. Спочатку треба визначити масу кусочка матеріалу, площа якого дорівнює одиниці. Для цього досить зважити квадратик, виготовлений з того самого матеріалу. Поділивши масу всієї фігури на масу вибраної одиниці площі, отримаємо площу фігури.

2. Місткість ковша потужного скрепера (машини для зрізування і транспортування ґрунту) – 14 м^3 . Яку відстань повинен пройти скрепер для того, щоб його ківш повністю наповнився землею, якщо при ширині захвату 30 дм він зрізує шар ґрунту товщиною 150 мм ?

Розв'язок. $l = V/(h \times a)$, де V – місткість ковша, h – товщина шару зрізаного ґрунту, a – ширина захвату. $l = 311 \text{ м}$.

3. На столі знаходиться кусок сиру у формі куба. Його розрізають на 10 приблизно однакових пластин, потім кожну пластину – на 10 смуг, а кожну смугу – на 10 шматочків. Скільки вийде кубиків сиру?

1000 кубиків.

4. Дельфін випромінює короткі імпульси ультразвуку, проміжок часу між якими становить 200 мс . На якій максимальній відстані від дельфіна може бути у воді перешкода, яку він «почує»? Швидкість звуку у воді становить 1500 м/с .
 $S = 150 \text{ м}$.

5. У скільки разів відрізняються маси суцільного кубика з довжиною ребра 8 см та порожнистого кубика таких самих розмірів, який виготовлено з того самого матеріалу, з товщиною стінок 2 см ?

Розв'язок. Маса тіл, які виготовлено з одного матеріалу, відрізняються у стільки ж разів, як і їх об'єми: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{V_1}{V_2}$. Об'єм суцільного кубика $V_1 = a^3$, об'єм порожнистого кубика менший на величину «вирізаного» з нього меншого кубика з довжиною ребра $a - 2d$: $V_2 = a^3 - (a - 2d)^3$. Отже, $\frac{m_1}{m_2} = \frac{a^3}{a^3 - (a - 2d)^3} = 1,14$.