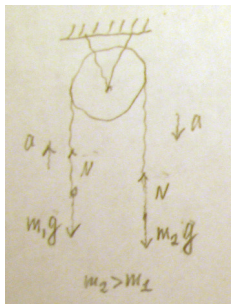


Розв'язки завдань II туру олімпіади ДНУ з фізики 2019 року

1. Тягарці, маси яких 20 г і 30 г, з'єднані ниткою, перекинutoю через нерухомий блок, і в початковий момент не рухаються. Через який час тягарець набуде швидкість 1 м/с? Вважати, що $g = 10 \text{ м/с}^2$. Маси нитки та блока нехтовно малі.



Відомо:

$$m_1 = 20\text{г}$$

$$m_2 = 30\text{г}$$

$$v = 1\text{м/с}$$

$$g = 10\text{м/с}^2$$

Знайти:

t

Напрямок прискорення очевидний, оскільки $m_2 > m_1$. Натяг нитки нехтовно малої маси N з обох її кінців однаковий. Рівняння II закону Ньютона для кожного тягарця в термінах модулів відповідних векторів мають вигляд

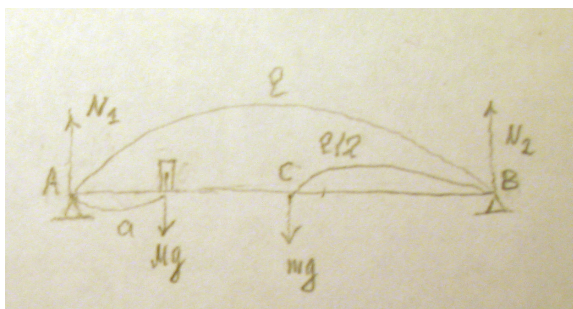
$$N - m_1g = m_1a, \quad m_2g - N = m_2a$$

і дають

$$a(m_1 + m_2) = m_2g - m_1g.$$

Звідси прискорення тягарців $a = 2\text{м/с}^2$. Швидкість кожного тягарця через час t визначається формулою $v = at$, що дає $t = 0,5\text{с}$

2. Лінійка довжиною 50 см і масою 100 г в горизонтальному положенні спирається кінцями на тонкі підставки. Тягарець масою 200 г поставлено на лінійку на відстані 10 см від її лівого кінця. З якою силою лінійка тисне на праву підставку? Вважати, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Відомо:

$$l = 50\text{см}$$

$$m = 100\text{г}$$

$$M = 200\text{г}$$

$$a = 10\text{см}$$

$$g = 10\text{м/с}^2$$

Знайти:

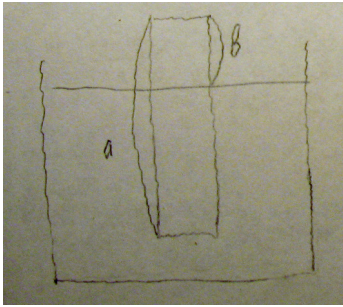
Силу, яка діє на підставку В

На рисунку вказані сили, які діють на систему з лінійки і тягарця. Умова рівноваги цієї системи є рівність моментів сил за і проти годинникової стрілки. Зокрема, ця умова для моментів відносно точки А має вигляд

$$mg \frac{l}{2} + Mga = N_2 l,$$

що дає $N_2 = 0,9\text{Н}$. За III законом Ньютона на підставку В діє сила, яка за модулем дорівнює N_2 , але має протилежний напрямок.

3. Циліндричний поплавок довжиною 16 см, виготовлений із деревини з густиною 800 кг/м^3 плаває у рідині у вертикальному положенні так, що над водою знаходиться 6 см його висоти. Яку густину має рідина?



Відомо:

$$a = 16 \text{ см}$$

$$b = 6 \text{ см}$$

$$\rho_d = 800 \text{ кг/м}^3$$

Знайти:
густину рідини ρ

На поплавок діє сила тяжіння $\rho_d S a g$, де S – площа перерізу поплавка. Вона врівноважується силою Архімеда $\rho S(a-b)g$. Звідси

$$\rho = \rho_d \frac{a}{a-b},$$

що дає $\rho = 1280 \text{ кг/м}^3$

4. Як зміниться ємність плоского конденсатора, якщо між його пластинами паралельно до них розташувати металеву пластину малої товщини? Вказівка: Маємо систему з двох послідовно з'єднаних конденсаторів.

Відомо:

Знайти
 C_k / C_n

Початкова ємність плоского конденсатора дається формулою

$$C_n = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d},$$

де d – відстань між пластинами, S – площа пластини, ϵ – діелектрична проникність діелектрика між пластинами, ϵ_0 – електрична стала. Кінцева ємність як ємність двох з'єднаних послідовно конденсаторів дається формулою

$$\frac{1}{C_k} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}, \quad C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_1}, \quad C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_2}$$

де сумарна відстань між пластинами не змінилася и тому $d_1 + d_2 = d$.

Тепер маємо

$$\frac{1}{C_k} = \frac{d_1}{\epsilon \epsilon_0 S} + \frac{d_2}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{d}{\epsilon \epsilon_0 S}, \quad \text{тобто } C_k = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \text{ і ємність конденса-}$$

тора не змінилася.

5. Межу вимірювань вольтметра необхідно збільшити з 1 кВ до 5 кВ. Опір самого вольтметра 10 кОм. Яким має бути опір додаткового резистора для такого збільшення межі вимірювань? Як треба ввімкнути цей додатковий опір?

Відомо:

$$U_1 = 1 \text{ кВ}$$

$$U_2 = 5 \text{ кВ}$$

$$R_B = 10 \text{ кОм}$$

Знайти:

опір додаткового резистора R

Додатковий резистор підключають послідовно з вольтметром. Через нього і через вольтметр тече однаковий струм I . Задача полягає у вимірюванні напруги U на системі вольтметр + додатковий опір. Вона дається формулою $U = (R_B + R)I$, де R_B – опір вольтметра. При цьому вольтметр показує напругу на собі $U_B = R_B I$. Очевидно, що

$$U = \frac{R_B + R}{R_B} U_B. \text{ Коли } U_B \text{ дорівнює своєму максимальному значенню}$$

U_1 напруга на системі вольтметр + додатковий опір повинна дорівнювати U_2 . Таким чином,

$$U_2 = \frac{R_B + R}{R_B} U_1,$$

звідки

$$R = \frac{U_2 - U_1}{U_1} R_B = 40 \text{ кОм}.$$

6. Ремонтуючи електроплиту, її спіраль укоротили на 10 %. На скільки відсотків змінилася потужність плитки? Напруга в мережі залишається незмінною.

Відомо:

Зв'язок кінцевої

l_2 і початкової

l_1 довжин спі-

ралі $l_2 = 0,9l_1$

Знайти:

$$\frac{P_2 - P_1}{P_1} 100\%$$

Спочатку потужність плитки давалась формулою

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1},$$

де $R_1 = \rho \frac{l_1}{S}$ – початковий опір спіралі (ρ – питомий опір спіралі, S – площа перерізу спіралі). Після ремонту потужність плитки становить

$$P_2 = \frac{U^2}{R_2},$$

де $R_2 = \rho \frac{l_2}{S}$ – кінцевий опір спіралі.

Таким чином

$$P_2 - P_1 = \left(\frac{R_1}{R_2} - 1 \right) P_1 = \left(\frac{l_1}{l_2} - 1 \right) P_1 = \frac{1}{9} P_1,$$

тобто потужність зросла на $\frac{100}{9} \%$.

7. Визначте період обертання електрона, що рухається по колу в однорідному магнітному полі з індукцією 0,4 Тл. Заряд електрона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, маса – $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. Вказівка: доцентрове прискорення створюється силою Лоренца.

Відомо:

$$B = 0,4 \text{ Тл}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

Знайти:

Період обертання електрона
 T

Електрон рухається по колу деякого радіуса R , яке перпендикулярне до вектора індукції $\vec{B}$. При цьому його швидкість v перпендикулярна до $\vec{B}$. В цій ситуації на електрон діє сила Лоренца

$$F_{\text{Л}} = qvB.$$

І закон Ньютона для електрона має вигляд

$$m \frac{v^2}{R} = F_{\text{Л}},$$

де v^2 / R доцентрове прискорення. З цих формул маємо

$$v = \frac{qBR}{m}.$$

Період обертання визначається формулою

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,4} \text{ с} \approx 8,9 \cdot 10^{-11} \text{ с}$$

8. Як зміниться період коливань математичного маятника при збільшенні маси тягарця втричі?

Період малих коливань математичного маятника не залежить від маси тягарця і дається формулою

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

9. Заряд q конденсатора коливального контуру в початковий момент часу максимальний. Через який мінімальний проміжок часу його заряд зменшиться вдвічі? Період електромагнітних коливань у контурі T . Вказівка: заряд змінюється за законом $q = q_0 \cos(2\pi t / T)$.

Відповідний проміжок часу τ визначається мінімальним коренем рівняння

$$\frac{q_0}{2} = q_0 \cos\left(\frac{2\pi\tau}{T}\right),$$

звідки $\tau = T / 6$.

10. Визначте абсолютний показник заломлення середовища, в якому світло з енергією окремого фотона $4,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ має довжину хвилі $\lambda = 300 \text{ нм}$. Стала Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$. Швидкість світла в вакуумі $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Вказівка: швидкість світла в середовищі дається формулою $v = v\lambda$, де ν – частота.

Відомо:

$$\varepsilon = 4,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Знайти:

абсолютний показник заломлення n

Абсолютний показник заломлення n визначається формулою

$$n = c / v,$$

де v – швидкість світла в середовищі. Енергія фотона ε дається формулою

$$\varepsilon = \nu h = v h / \lambda,$$

звідки

$$v = \varepsilon \lambda / h$$

і тому

$$n = \frac{ch}{\varepsilon \lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34}}{4,4 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^{-7}} \approx 1,51$$