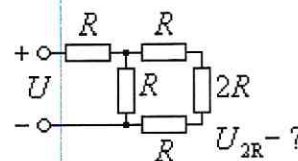


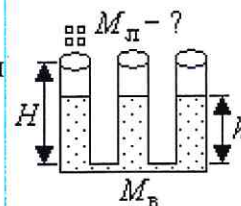
Физика. 9 класс

1. Простая схема. В электрической схеме с резисторами R и $2R$ к клеммам приложено напряжение $U = 27$ В. Найдите напряжение U_{2R} на резисторе $2R$.



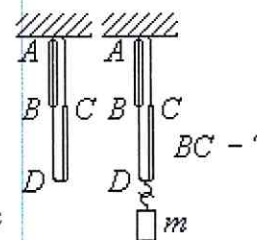
2. Погрузка ящиков. Для погрузки ящиков на машину их со склада равномерно без остановки кладут на ленту транспортера, движущуюся с постоянной скоростью. Контролер пошел с начала транспортера в его конец и насчитывал $N_1 = 12$ ящиков. Затем он пошел в обратном направлении и насчитал $N_2 = 16$ ящиков. Тут контролер заволновался и решил пересчитать, чтобы убедиться, сколько же ящиков может находиться на транспортере. Для этого он побежал с начала транспортера в его конец со скоростью, вдвое превышающей его пешую скорость. Сколько ящиков N_3 он при этом насчитает?

3. Ш-образный сосуд представляет собой такой сосуд, в котором три одинаковых вертикально установленных трубки высотой $H = 31$ см каждая снизу соединены между собой. Такой сосуд первоначально частично заполнен водой до уровня $h = 20$ см от дна так, что масса всей воды $M_B = 100$ г. После этого в левую трубку осторожно начинают засыпать мелкие кристаллики льда.



- Какую массу льда M_L следует засыпать в левую трубку, чтобы вода из сосуда начала выливаться?
- Из какой трубки (левой, средней или правой) она начнет выливаться? Считайте, что лед из трубки не вываливается, плавает и не успевает растаять, а вода не замерзает, объемом горизонтальной соединяющей частью сосуда можно пренебречь. Чтобы не спрашивали, сообщаем, что плотность воды $\rho_B = 1,0$ г/см³, льда $\rho_L = 0,8$ г/см³, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с² и есть много еще других констант.

4. Опыт с подвешенными резинками. Взяли три одинаковых резиновых шнура (три резинки) и их концы связали узлом в точках A и B и узел A подвесили к потолку. К узлу B привязали еще одну такую же резинку, ее конец D стал свисать снизу. К узлу A на потолке привязали конец такой же (уже пятой) резинки. К ее концу C привязали концы еще двух таких же резинок. Другие концы этих двух резинок связали вместе с концом D . Из-за малого веса этих резинок они в висячем положении оказались не растянутыми и узлы B и C находились на одной высоте. Но когда к узлу D подвесили груз массой $m = 170$ г, то узел D в равновесии опустился вниз на $h = 24$ см.



- Предскажите, какое при этом стало расстояние BC между узлами B и C .
- Какой из узлов B или C опустился ниже (дайте объяснение)?
- Считайте, что резинки удовлетворяют закону Гука и каков коэффициент жесткости k одной из них?

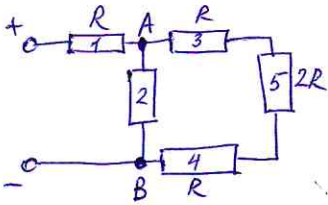
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с²

1. Простая схема

Дано:

Решение:

R
 $2R$
 $U = 27 \text{ В}$
 $U_{2R} = ?$



- 1). Рассчитаем R_{AB} , учитывая, что резисторы 3, 4, 5 соединены последовательно, а резистор 2 — им параллельно:

$$R_{345} = R_3 + R_4 + R_5 = R + R + 2R = 4R$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{345}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{4R} = \frac{5}{4R}$$

$$\Rightarrow R_{AB} = \frac{4}{5}R \quad (2 \text{ балла})$$

Резистор 1 последовательно соединен с участком AB, значит, $R_{общ} = R_1 + R_{AB} = R + \frac{4}{5}R = \frac{9}{5}R$

Сила тока в цепи: $I_{общ} = \frac{U}{R_{общ}} = \frac{U}{\frac{9}{5}R} = \frac{5U}{9R}$

$$I_{общ} = \frac{5 \cdot 27}{9R} = \frac{15}{R} \quad (3 \text{ балла})$$

Общая сила тока складывается: $I_{общ} = I_2 + I_{345}$

По закону Ома для участка цепи: $\frac{15}{R} = \frac{U_{AB}}{R} + \frac{U_{AB}}{4R}$

$$15 = U_{AB} + \frac{U_{AB}}{4}$$

$$(3 \text{ балла}) \quad U_{AB} = \frac{4}{5} \cdot 15 = 12 \text{ В}$$

Напряжение $U_{2R} = U_{AB} - 2U_R = 12 - 2U_R$

Рассчитаем $U_R = I \cdot R$ } $I \cdot 2R = 12 - 2 \cdot I \cdot R$
 $U_{2R} = I \cdot 2R$ } $4IR = 12$

$$IR = \frac{12}{4} = 3 = U_R$$

$$\Rightarrow U_{2R} = 12 - 2U_R = 12 - 2 \cdot 3 = 6 \text{ (B)} \quad (2 \text{ \u0440\u0430\u0447\u0435\u0432\u0430})$$

Ответ: $U_{2R} = 6 \text{ B.}$

2. Погрузка ящиков

Дано:

$$N_1 = 12$$

$$N_2 = 16$$

$$N_3 = ?$$

Решение:

Пусть v — пешая скорость

v_1 — скорость ленты
 d — расстояние между ящиками
 l — длина ленты

Тогда $t = \frac{l}{v}$ — время пешего движения

(1 балл) $v_1 = v - v_1$ — скорость конвейера
 из начала в конец
 $v_2 = v + v_1$ — из конца в начало

Расстояние, которое пройдёт конвейёр
 вдоль ленты: $l_1 = v_1 t = (v - v_1) t = (v - v_1) \cdot \frac{l}{v}$; (2 балла)
 $l_2 = v_2 t = (v + v_1) t = (v + v_1) \cdot \frac{l}{v}$;

тогда количество ящиков:

$$N_1 = \frac{l_1}{d} = \frac{(v - v_1) l}{d \cdot v}; \quad (1) \quad (2 \text{ балла})$$

$$N_2 = \frac{l_2}{d} = \frac{(v + v_1) l}{d \cdot v}. \quad (2) \quad (2 \text{ балла})$$

Если конвейёр побегит со скоростью $2v$
 из начала в конец, то он насчитает кол-во
 ящиков, которое можно получить из (1), заме-
 нив v на $2v$: $N_3 = \frac{(2v - v_1) l}{d \cdot 2v} = \frac{2vl - v_1 l}{2vd}$;

$$(2 \text{ балла}) \quad N_3 = \frac{2vl}{2vd} - \frac{v_1 l}{2vd} = \frac{l}{d} - \frac{v_1 l}{2vd} \quad (3)$$

Складываем (1) и (2): $N_1 + N_2 = \frac{(v - v_1) l}{d \cdot v} + \frac{(v + v_1) l}{d \cdot v} =$

$$= \frac{l}{d \cdot v} (v - v_1 + v + v_1) = \frac{l}{d \cdot v} \cdot 2v = \frac{2l}{d}$$

$$N_1 + N_2 = \frac{2l}{d} \Rightarrow \frac{l}{d} = \frac{N_1 + N_2}{2} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{Выведем (1) и (2): } N_1 - N_2 &= \frac{(v - v_n)l}{vd} + \frac{(v + v_n)l}{v \cdot d} = \\ &= \frac{l}{vd} (v - v_n - v - v_n) = \frac{l}{v \cdot d} \cdot (-2v_n); \\ N_1 - N_2 &= -\frac{2lv_n}{vd} \end{aligned}$$

$$\frac{lv_n}{vd} = \frac{N_2 - N_1}{2} \quad (5)$$

Соединим (4) и (5) с (3):

$$\begin{aligned} N_3 &= \frac{l}{d} - \frac{v_n l}{2vd} = \frac{N_1 + N_2}{2} - \frac{N_2 - N_1}{2 \cdot 2} = \frac{2(N_1 + N_2) - (N_2 - N_1)}{4} = \\ &= \frac{2N_1 + 2N_2 - N_2 + N_1}{4} = \frac{3N_1 + N_2}{4} \end{aligned}$$

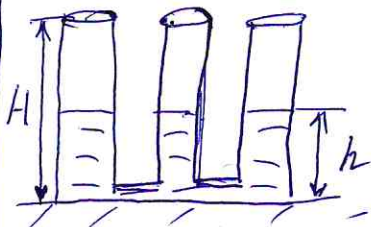
Итак, $N_3 = \frac{3N_1 + N_2}{4}$ (1 балл)

Выведем $N_3 = \frac{3 \cdot 12 + 16}{4} = \frac{36 + 16}{4} = 13$

Ответ: $N_3 = 13$ рисунков

№ 3. Ш-образный сосуд

$H = 31 \text{ см}$
 $h = 20 \text{ см}$
 $M_B = 100 \text{ г}$
 а) $M_A = ?$



1) При подсыпании льда в одну из трубок, давление на дне сосуда будет оставаться одинаковым, и, следовательно, уровень воды во всех трубках будет оставаться одинаковым. Значит, вода начнет выливаться одновременно из всех трёх трубок. (3 балла)

2) Ключевая масса льда $m_1 g = \rho_B V_{\text{вв}}$

$$m_1 = \rho_B V_{\text{вв}} \quad (1) \quad (2 \text{ балла})$$

Лёд вытесняет объём воды, который он займёт после таяния. Значит, если мы положили столько льда, что уровень воды в трубках равен H , а лёд ещё не растаял, то после таяния льда уровень воды не изменится. (3 балла)

3) Учитывая, что трубки одинаковы, а объёмом горизонтальной части можно пренебречь, масса первоначально налитой воды равна

$$M_B = \rho_B \cdot 3V = \rho_B \cdot 3Sh \quad (2) \quad (1 \text{ балл})$$

Масса льда, добавленного в трубку, когда уровень воды в сосуде максимален. Учитывая выражение (1)

$$M_A = \rho_B \cdot 3S(H-h) \quad (3)$$

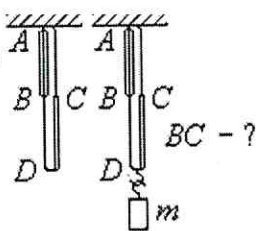
Из (2) $3\rho_B S = \frac{M_B}{h}$ подставим в (3) $M_A = \frac{M_B(H-h)}{h} \quad (1 \text{ балл})$

$$M_A = \frac{100 \text{ г} (31 \text{ см} - 20 \text{ см})}{20} = \frac{100 \cdot 11}{20} = \underline{55 \text{ г}}$$

Ответ: а) $M_A = 55 \text{ г}$

б) одновременно из всех трёх.

4. Опыт с подвешенными резинками. Взяли три одинаковых резиновых шнура (три резинки) и их концы связали узлом в точках A и B и узел A подвесили к потолку. К узлу B привязали еще одну такую же резинку, ее конец D стал свисать снизу. К узлу A на потолке привязали конец такой же (уже пятой) резинки. К ее концу C привязали концы еще двух таких же резинок. Другие концы этих двух резинок связали вместе с концом D . Из-за малого веса этих резинок они в висающем положении оказались не растянутыми и узлы B и C находились на одной высоте. Но когда к узлу D подвесили груз массой $m = 170$ г, то узел D в равновесии опустился вниз на $h = 24$ см.



- а) Предскажите, какое при этом стало расстояние BC между узлами B и C .
 б) Какой из узлов B или C опустился ниже (дайте объяснение)?
 в) Считайте, что резинки удовлетворяют закону Гука и каков коэффициент жесткости k одной из них?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$

Решение:

1) Для начала введем следующие обозначения: k - коэффициент жесткости каждой резинки, Δl_1 - растяжение каждой из трех верхних левых резинок, Δl_2 - растяжение левой нижней резинки, Δl_3 - растяжение правой верхней резинки, Δl_4 - растяжение каждой из двух правой нижней резинок.

2) Из геометрии следует:

$$\Delta l_1 + \Delta l_2 = h,$$

$$\Delta l_3 + \Delta l_4 = h.$$

3) По третьему закону Ньютона в узле B следует:

$$3k\Delta l_1 = k\Delta l_2.$$

4) По третьему закону Ньютона в узле C следует:

$$k\Delta l_3 = 2k\Delta l_4.$$

5) Остается решить простую систему записанных уравнений. Для этого, например, из п.2 выражаем Δl_2 и Δl_4 , подставляем их в п.3 и п.4 и получаем:

$$\Delta l_2 = h - \Delta l_1,$$

$$\Delta l_4 = h - \Delta l_3,$$

$$3k\Delta l_1 = k\Delta l_2 = k(h - \Delta l_1),$$

$$\Delta l_1 = h/4 = 6 \text{ см},$$

$$k\Delta l_3 = 2k\Delta l_4 = 2k(h - \Delta l_3),$$

$$\Delta l_3 = 2h/3 = 16 \text{ см}.$$

Таким образом получается, что

узел C ниже узла B , так как $\Delta l_1 > \Delta l_3$,

$$BC = \Delta l_3 - \Delta l_1 = 2h/3 - h/4 = 5h/12 = 10 \text{ см}.$$

б) Из третьего закона Ньютона в узле C следует: