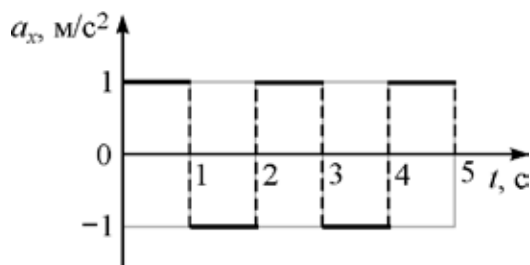


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА 2020–2021 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП

11 класс

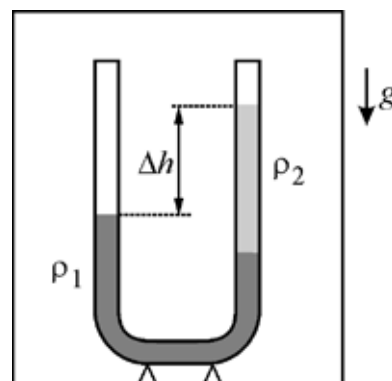
Тестовые задания с выбором ответа

1. Материальная точка движется вдоль оси OX . На рисунке показан график зависимости проекции ускорения a_x этой точки на данную ось от времени t . Сколько раз останавливалась точка в течение первых пяти секунд движения, если её начальная скорость была равна нулю? Начало движения остановкой не считается.



- А) один
- Б) два
- В) три
- Г) четыре
- Д) ни разу

2. В неподвижном лифте находится вертикально расположенная U-образная трубка, в которую налиты две жидкости (см. рисунок). Как изменится установившаяся разность уровней жидкостей Δh в трубке, если лифт будет равноускорено двигаться вверх?

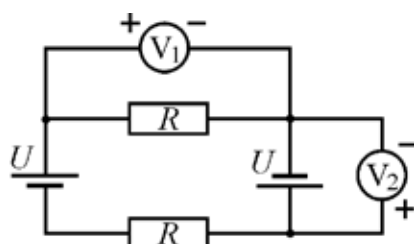


- А) увеличится
- Б) не изменится
- В) уменьшится
- Г) зависит от модуля ускорения лифта

3. Где температура нити работающей электрической лампы накаливания выше?

- А) у поверхности нити
- Б) в центре нити
- В) везде одинакова
- Г) недостаточно данных для ответа

4. В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, источники питания и резисторы одинаковые. Полярность подключения какого из вольтметров указана правильно?



- А) V_1
- Б) V_2
- В) V_1 и V_2
- Г) V_1 и V_2 – неправильно

5. В предбаннике (это помещение в бане, расположенное непосредственно перед парной комнатой) первая водопроводная труба покрыта влагой, а вторая практически сухая. Выберите правильное утверждение.

- А) Температура первой трубы больше, чем второй.
- Б) Температура второй трубы больше, чем первой.
- В) Температура первой трубы выше, чем комнатная температура.
- Г) Температуры труб одинаковы.

| Ответы: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------|---|---|---|---|---|
| | Б | Б | Б | В | Б |

По 2 балла за каждый правильный ответ.

Задания с кратким ответом

6-10. Автомобиль массой 1300 кг постоянно находится на прямой горизонтальной дороге. За время 6 с машина разогналась из неподвижного состояния до скорости 50 км/ч. За следующие 9 с она увеличила скорость с 50 км/ч до 90 км/ч.

6) Чему равна средняя мощность, развиваемая двигателем автомобиля, за первые 6 с? Ответ выразите в киловаттах, округлите до целого числа. **(2 балла)**

7) Чему равна средняя мощность, развиваемая двигателем автомобиля, за последующие 9 с? Ответ выразите в киловаттах, округлите до целого числа. **(2 балла)**

8) Чему равна средняя мощность, развиваемая двигателем автомобиля, за все 15 с разгона? Ответ выразите в киловаттах, округлите до целого числа. **(2 балла)**

Этот же автомобиль, едущий со скоростью 60 км/ч, начинает обгон другого транспортного средства, развивая при этом постоянную мощность 55 кВт.

9) Определите скорость автомобиля через 5 с после момента начала обгона. Ответ выразите в км/ч, округлите до целого числа. **(2 балла)**

10) Найдите величину мгновенного ускорения автомобиля в тот момент, когда он начал обгон. Ответ выразите в м/с², округлите до десятых долей. **(2 балла)**

Возможное решение

По определению средней мощности: $N = \frac{A}{t} = F \times V_{\text{cp}}$, где $F = ma$,

$$\text{и } V_{\text{cp}}(Dt_i) = \frac{L_i}{Dt_i} = \frac{a_i \times Dt_i^2}{2t_i}.$$

6) Средняя мощность на первом участке: $N(Dt_1) = ma_1 \times V_{\text{cp}}(Dt_1)$.

Так как $a_1 = \frac{V_1}{t_1}$, а $V_{\text{cp}}(Dt_1) = \frac{L_1}{t_1} = \frac{a_1 t_1^2}{2t_1} = \frac{a_1 t_1}{2} = \frac{\frac{V_1}{t_1} \times t_1}{2} = \frac{V_1}{2}$, то

$$N(Dt_1) = \frac{m V_1^2}{2 t_1} = \frac{1300 \times \left(\frac{50 \times 1000}{3600}\right)^2}{2 \times 6} \approx 20899 \text{ Вт.}$$

Согласно требованию представления ответа, $N(Dt_1) = 21 \text{ кВт}$.

7) Средняя мощность на втором участке: $N(Dt_2) = ma_2 \times V_{\text{cp}}(Dt_2)$.

Так как $a_2 = \frac{V_2 - V_1}{t_2}$, а $V_{\text{cp}}(Dt_2) = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times a_2 \times t_2}$, то

$$N(Dt_2) = \frac{m}{2} \times \frac{V_2^2 - V_1^2}{t_2} = \frac{1300 \times \left(\left(\frac{90 \times 1000}{3600} \right)^2 - \left(\frac{50 \times 1000}{3600} \right)^2 \right)}{2 \times 9} \approx 31207 \text{ Вт.}$$

Согласно требованию представления ответа, $N(Dt_2) = 31 \text{ кВт.}$

$$8) N(Dt) = \frac{m}{2} \times \frac{V_2^2}{t_2 + t_1} = \frac{1300 \times \left(\frac{90 \times 1000}{3600} \right)^2}{2 \times (9 + 6)} \approx 27083 \text{ Вт.}$$

Согласно требованию представления ответа, $N(Dt) = 27 \text{ кВт.}$

9) Автомобиль движется, развивая постоянную мощность, т.е. $N = \frac{A}{t}$,

и $A = DE_K = \frac{m}{2} \times (V_4^2 - V_3^2)$, где $V_3 = 60 \text{ км/ч}$, а V_4 – искомая величина.

Т.е. $V_4 = \sqrt{\frac{2 \times N \times t}{m} + V_3^2} \approx 26,46 \text{ м/с}$. Согласно требованию представления ответа,

$V_4 = 95 \text{ км/ч}$.

10) Т.к. $N = \frac{A}{t} = F \times V = maV$, то $a = \frac{N}{mV} = 2,5 \text{ м/с}^2$.

Ответы:

| | | | | |
|----|----|----|----|-----|
| 6) | 7) | 8) | 9) | 10) |
| 21 | 31 | 27 | 95 | 2,5 |

Максимум 10 баллов за задачу.

11-12. На скейтборде массой 2 кг, движущемся равномерно со скоростью 2 м/с, едет кошка массой 3 кг. Сопротивлением движению можно пренебречь. Кошка прыгнула со скейтборда в горизонтальном направлении вперёд по ходу движения. После её прыжка скейтборд стал двигаться назад со скоростью 1 м/с.

11) Найдите скорость кошки относительно земли сразу после прыжка. Ответ выразите в м/с, округлите до целого числа. **(3 балла)**

12) Чему равна скорость кошки относительно скейтборда сразу после прыжка? Ответ выразите в м/с, округлите до целого числа. **(3 балла)**

Возможное решение

11) Запишем закон сохранения импульса в системе отсчёта, связанной с Землёй в проекции на горизонтальную ось, направленную вдоль первоначального направления движения кошки массой M на скейтборде массой m : $(m + M)V_0 = -mv + MV$. Откуда $V = \frac{(m + M)V_0 + mv}{M} = 4 \text{ м/с}$.

12) В системе отсчёта, связанной с движущимся скейтбордом, закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось, направленную вдоль первоначального направления движения кошки массой M

на скейтборде массой m , имеет вид: $0 = -m(V_0 + u) + M(U - u - V_0)$.

Откуда $U = \frac{(m+M)(V_0 + u)}{M} = 5$ м/с.

Ответы:

| | |
|-----|-----|
| 11) | 12) |
| 4 | 5 |

Максимум 6 баллов за задачу.

13. Какую работу совершает 1 моль гелия в некотором процессе при нагревании на 6°C , если его температура T в этом процессе изменяется прямо пропорционально квадрату объема ($T = aV^2$, где a – размерная константа)? Универсальную газовую постоянную считайте равной $8,3$ Дж/(моль \times С). Ответ выразите в Дж, округлите до целого числа.

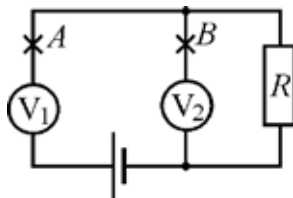
Возможное решение

Объединяя уравнение Клапейрона-Менделеева $pV = nRT$ и уравнение заданного процесса $T = aV^2$, получаем, что $p = nRaV$, т.е. $p \sim V$. На графике зависимости $p(V)$ этот процесс представляет собой линейную зависимость, выходящую из начала координат. Работу этого процесса найдём, как площадь под графиком: $A = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{1}{2}nRD\Delta T = 25$ Дж.

Ответ: 25

Максимум 7 баллов за задачу.

14-17. Электрическая цепь, схема которой показана на рисунке, состоит из резистора, двух одинаковых вольтметров и идеального источника питания. Вольтметр V_1 показывает напряжение 6 В, а вольтметр V_2 – 3 В.



14) Какое напряжение покажет вольтметр V_2 , если разорвать цепь в точке A ? Ответ выразите в вольтах, округлите до целого числа. **(1 балл)**

15) Чему равна ЭДС источника питания? Ответ выразите в вольтах, округлите до целого числа. **(3 балла)**

16) Чему равно отношение R_v/R , где R – сопротивление резистора, R_v – сопротивление вольтметра? Ответ округлите до целого числа. **(3 балла)**

17) Какое напряжение покажет вольтметр V_1 , если разорвать цепь в точке B ? Ответ выразите в вольтах, округлите до десятых долей. **(3 балла)**

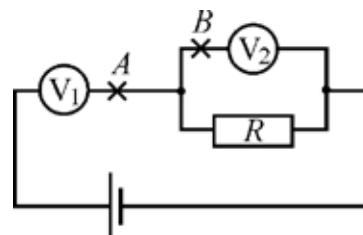
Возможное решение

14) Если разорвать цепь в точке A , то ток в цепи течь не будет. Вольтметр V_2 покажет напряжение 0 В.

15) Перерисуем электрическую схему.

Так как ЭДС источника питания $U = \sum_i^N V_i$,

то $U = V_1 + V_2 = 9$ В.



16) По условию задачи вольтметры одинаковые.

Обозначим R_V – сопротивление вольтметра. Закон Ома для всей цепи:

$$U = I \times \left(R_V + \frac{R_V R}{R_V + R} \right) \text{ и для участка цепи, включающего вольтметр } V_1, V_1 = IR_V.$$

Исключив из этих уравнений I и выполнив математические преобразования,

$$\text{находим искомую величину: } \frac{R_V}{R} = \frac{2V_1 - U}{U - V_1} = 1.$$

17) Запишем закон Ома для всей цепи после разрыва цепи в точке B :

$$U = I \times (R_V + R). \text{ С другой стороны, } U = V_1^\phi + IR.$$

а также учитывая решение предыдущего пункта задачи: $\frac{R_V}{R} = 1$, выполнив

математические преобразования, находим искомую величину:

$$V_1^\phi = U - \frac{UR}{2R} = 4,5 \text{ В.}$$

Ответы:

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 14) | 15) | 16) | 17) |
| 0 | 9 | 1 | 4,5 |

Максимум 10 баллов за задачу.

18-20. Незаряженный конденсатор ёмкостью 1 нФ подключили ко второму конденсатору, который до подключения был заряжен до напряжения 300 В. В результате подключения первый конденсатор приобрёл заряд $0,2$ мкКл.

18) Какова ёмкость второго конденсатора? Ответ выразите в нФ, округлите до целого числа. **(3 балла)**

19) Какова конечная энергия второго конденсатора? Ответ выразите в мкДж, округлите до целого числа. **(3 балла)**

20) Какое количество теплоты выделилось в системе при перезарядке конденсаторов? Ответ выразите в мкДж, округлите до целого числа. **(3 балла)**

Возможное решение

Согласно формуле, связывающей заряд конденсатора, его электроёмкость и напряжение на нём, $q = CU$.

Согласно закону сохранения заряда, $q_2 = q^\phi + q^\phi = C_1 U_1 + C_2 U_2 = C_2 U$.

Согласно закону изменения энергии, $\frac{C_2 U^2}{2} = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2} + Q$.

Учитывая, что в данной системе $U_1 = U_2 = U\phi$, получаем:

$$18) q\phi = C_1 U\phi, \quad C_2 = \frac{q\phi}{U - U\phi} = \frac{q\phi}{U - \frac{q\phi}{C_1}} = 0,2 \text{ нФ.}$$

$$19) W_2 = \frac{C_2 U\phi^2}{2} = \frac{\frac{q\phi}{U - \frac{q\phi}{C_1}} \cdot \frac{q\phi^2}{C_1}}{2} = 40 \text{ мкДж.}$$

$$20) Q = \frac{C_2 U^2}{2} - \frac{C_1 + C_2}{2} U\phi^2 = \frac{1}{2} \frac{q\phi}{U - \frac{q\phi}{C_1}} \times U^2 - \frac{C_1}{2} + \frac{q\phi}{U - \frac{q\phi}{C_1}} \frac{q\phi^2}{C_1} = 30 \text{ мкДж.}$$

Ответы:

| | | |
|-----|-----|-----|
| 18) | 19) | 20) |
| 2 | 40 | 30 |

Максимум 9 баллов за задачу.

Всего за работу – 52 балла.