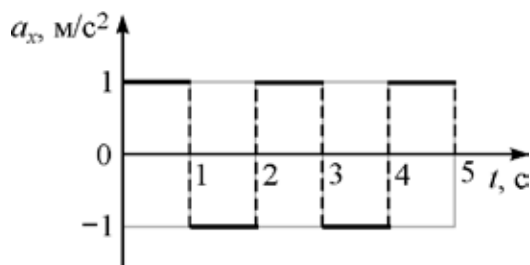


**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ФИЗИКА 2020–2021 уч. г.  
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП**

**11 класс**

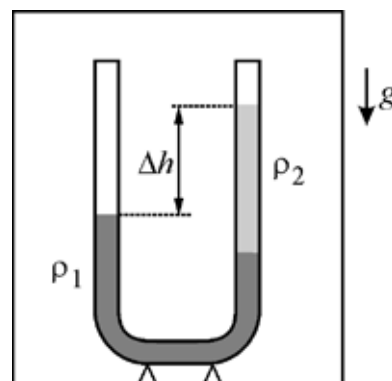
**Тестовые задания с выбором ответа**

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  $\Delta h$  в трубке, если лифт будет равноускорено двигаться вверх?

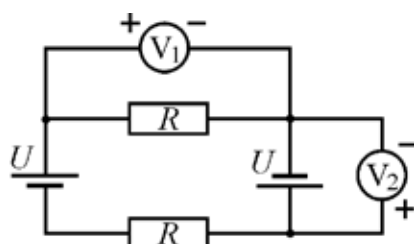


- А) увеличится
- Б) не изменится
- В) уменьшится
- Г) зависит от модуля ускорения лифта

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.

б) 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/с<sup>2</sup>, округлите до десятых долей. **(2 балла)**

#### Возможное решение

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

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

б) 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  $6^\circ\text{C}$ , 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.

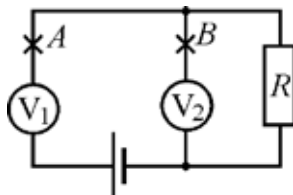
**Возможное решение**

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:  $A = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{1}{2}nRDT = 25$  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)**

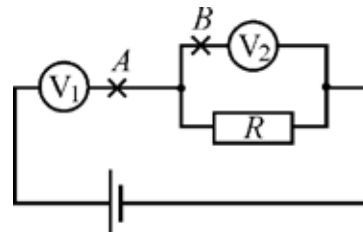
**Возможное решение**

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,

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:

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

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

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

Ответы:

18)	19)	20)
2	40	30

Максимум 9 баллов за задачу.

**Всего за работу – 52 балла.**