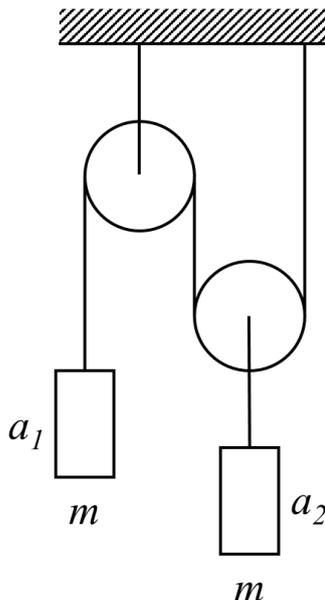


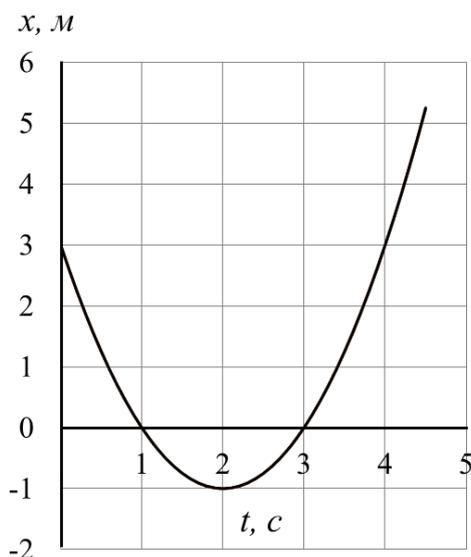
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ФИЗИКЕ. 2021–2022 уч. г.  
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 класс

Критерии и ответы  
Тестовые задания

1. На рисунке изображена система, состоящая из блоков, нитей и двух одинаковых грузов. Найдите отношение  $a_1/a_2$  модулей ускорений грузов 1 и 2. Трение отсутствует. Нить невесомая и нерастяжимая, блоки невесомые.

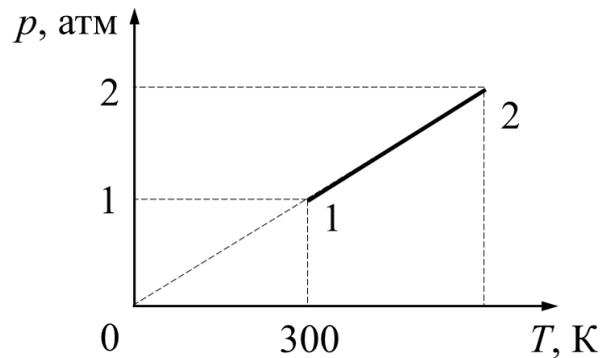


- 1) 1  
2) 2  
3) 0,5  
4) 0,25
2. Вдоль оси  $Ox$  движется с постоянным ускорением точечное тело массой 2 кг. На графике представлена зависимость координаты  $x$  этого тела от времени  $t$ . Найдите кинетическую энергию тела в момент времени  $t = 3$  с.

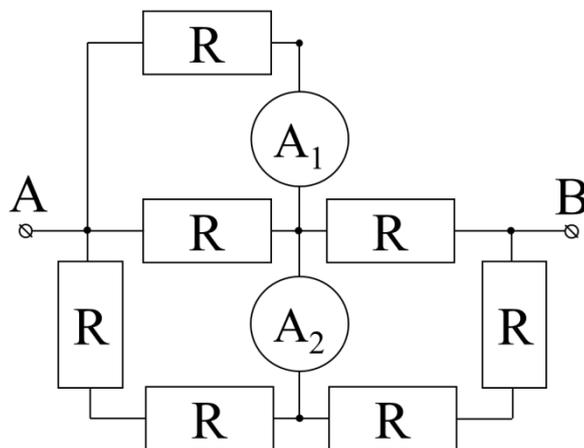


- 1) 0 Дж  
2) 2 Дж  
3) 3 Дж  
4) 4 Дж

3. Какое количество теплоты сообщили пяти молям идеального одноатомного газа в процессе 1–2, показанном на рисунке? Ответ выразите в килоджоулях и округлите до десятых долей.



- 1) 2,1 кДж  
2) 3,7 кДж  
3) 6,2 кДж  
4) 18,7 кДж
4. На рисунке представлена схема электрической цепи. Все резисторы имеют одинаковое сопротивление  $R = 1$  Ом. Между точками А и В подключают идеальную батарейку с напряжением 8 В. Найдите разницу показаний идеальных амперметров.



- 1) 0 А  
2) 0,5 А  
3) 1 А  
4) 2 А

5. В точках  $A$  и  $B$  находятся точечные заряды  $20$  нКл и  $-40$  нКл соответственно. Найдите модуль напряжённости электрического поля в точке  $C$ , находящейся в середине отрезка  $AB$ . Расстояние между точками  $A$  и  $B$  равно  $2$  м.

- 1)  $135$  В/м
- 2)  $180$  В/м
- 3)  $270$  В/м
- 4)  $540$  В/м

**Ответы:**

№ задания	1	2	3	4	5
Ответ	2	4	4	4	4
Балл	2 балла				

### Задания с кратким ответом

#### Задачи 6-7

Камень бросили с горизонтальной площадки под углом  $60^\circ$  к горизонту. Через некоторое время камень упал на ту же площадку. Начальная скорость камня  $4$  м/с. Ускорение свободного падения  $10$  м/с<sup>2</sup>, сопротивление воздуха отсутствует.

- 6) Чему равен минимальный радиус кривизны траектории камня в течение его полета? Ответ дайте в метрах, округлив до десятых долей. **(4 балла)**
- 7) Чему равен максимальный радиус кривизны траектории камня в течение его полета? Ответ дайте в метрах, округлив до десятых долей. **(4 балла)**

**Решение:**

6) Радиус кривизны параболы минимален в её вершине и потом монотонно растёт. Тогда минимальный радиус кривизны будет в наивысшей точке траектории:

$$R_{min} = \frac{(v_0 \cos \alpha)^2}{g} = 0,4 \text{ м.}$$

7) Максимальный радиус кривизны будет в начальной или в конечной точке траектории:

$$R_{max} = \frac{(v_0)^2}{g \cos \alpha} = 3,2 \text{ м.}$$

<b>Ответ:</b>	<b>6)</b>	<b>7)</b>
	0,4	3,2

**Максимум за задачу 8 баллов.**

### Задачи 8-10

Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу ему по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны 15 м/с и 5 м/с соответственно. После соударения брусок движется поступательно. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом 0,17. Пластилин стола не касается.

8) Какая доля начальной кинетической энергии системы перешла в тепловую энергию при столкновении пластилина и бруска? Ответ дайте в процентах, округлив до десятых долей. (4 балла)

9) На какое расстояние от места соударения переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 30 %? Ответ выразите в сантиметрах, округлив до целого числа. (4 балла)

10) Через какое время после соударения брусок с прилипшим к нему пластилином остановятся? Ответ дайте в секундах, округлив до десятых долей. (2 балла)

**Решение:**

8) Из закона сохранения импульса скорость бруска с пластилином сразу после слипания равна  $u = \frac{MV_б - mV_п}{(M+m)} = 1 \frac{м}{с}$ .

Посчитаем долю потерянной кинетической энергии:

$$\alpha = \frac{W_{нач} - W_{кон}}{W_{нач}} = 1 - \frac{(M+m)u^2}{MV_б^2 + mV_п^2} = 98,5 \%$$

$$9) S = \frac{v_{нач}^2 - v_{кон}^2}{2a} = \frac{u^2 - (0,7u)^2}{2\mu g} = 0,15 \text{ м} = 15 \text{ см.}$$

$$10) t = \frac{u}{\mu g} \approx 0,6 \text{ с.}$$

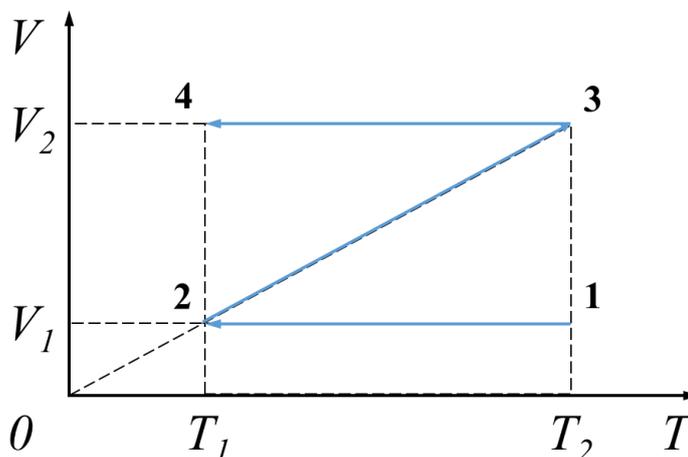
Ответ:

<b>8)</b>	<b>9)</b>	<b>10)</b>
98,5	15	0,6

**Максимум за задачу 10 баллов.**

### Задачи 11-14

На  $V$ - $T$ -диаграмме показан процесс 1-2-3-4, происходящий с одним молем идеального одноатомного газа. Известно, что  $V_1 = 10$  л,  $T_1 = 300$  К,  $T_2 = 600$  К. Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



- 11) Определите объём  $V_2$ . Ответ дайте в литрах, округлив до целого числа. **(1 балл)**
- 12) Определите минимальное давление в этом процессе. Ответ дайте в кПа, округлив до целого числа. **(2 балла)**
- 13) Определите максимальное давление в этом процессе. Ответ дайте в кПа, округлив до целого числа. **(2 балла)**
- 14) Определите работу, совершённую газом в этом процессе. Ответ дайте в кДж, округлив до десятых долей. **(5 баллов)**

#### Решение:

11) Поскольку прямая, соответствующая графику процесса 2-3, проходит через начало координат, то в этом процессе  $\frac{V}{T} = \text{const}$ , что согласно уравнению состояния идеального газа эквивалентно  $p = \text{const}$ , то есть процесс 2-3 изобарный. В таком процессе  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ , откуда  $V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1} = 20$  л.

12) В процессах 1-2 и 3-4 (изохорное остывание) давление монотонно уменьшается, а в процессе 2-3 давление остается постоянным, поэтому минимальное давление достигалось в точке 4 и было равно  $p_{\min} = \frac{\nu RT_1}{V_2} \approx 125$  кПа.

13) Максимальное давление достигалось в точке 1 и было равно  $p_{\max} = \frac{\nu RT_2}{V_1} \approx 499$  кПа.

14) В изохорных процессах работа газа равна нулю, значит, работа во всём процессе равна работе в процессе 2-3. Поскольку этот процесс изобарный, работа в нём равна  $A_{23} = p(V_2 - V_1)$ . Давление в этом процессе можно найти

из уравнения состояния идеального газа  $p = \frac{\nu RT_1}{V_1}$ , так что работа равна  $A = \frac{\nu RT_1}{V_1} (V_2 - V_1) \approx 2,5$  кДж.

<b>Ответ:</b>	<b>11)</b>	<b>12)</b>	<b>13)</b>	<b>14)</b>
	20	125	499	2,5

**Максимум за задачу 10 баллов.**

### Задачи 15-17

Частица массой 30 мг с зарядом 15 нКл влетела в область однородного электростатического поля напряжённостью 50 кВ. Модуль начальной скорости частицы 50 м/с. Через время  $t$  после попадания частицы в поле модуль её скорости уменьшился до величины 40 м/с, а через время  $2t$  после попадания частицы в поле модуль её скорости вновь стал равен 50 м/с. Силой тяжести и силами трения можно пренебречь.

15) Определите модуль ускорения, с которым частица двигалась в электростатическом поле. Ответ выразите в  $\text{м/с}^2$  и округлите до целого числа. **(3 балла)**

16) Пусть ось  $Ox$  направлена вдоль линий напряжённости электростатического поля. Найдите модуль изменения координаты  $x$  частицы к моменту времени  $t$ . Ответ выразите в метрах и округлите до целого числа. **(3 балла)**

17) Чему равно время  $t$ ? Ответ дайте в секундах и округлите до десятых долей. **(4 балла)**

**Решение:**

15) Сила, действующая со стороны поля на частицу, равна  $F = qE = ma$ , откуда  $a = \frac{qE}{m} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

16) Поскольку ось  $Ox$  направлена вдоль линий напряжённости поля, модуль работы, совершённой электрической силой,  $|A| = qE|\Delta x|$ . Модуль работы равен модулю изменения кинетической энергии:  $|A| = \left| \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \right|$ , откуда  $|\Delta x| = \frac{m(v_0^2 - v_1^2)}{2qE} = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2a} = 18$  м.

17) Проекция скорости частицы на ось  $Ox$  с течением времени меняется по линейному закону, а проекция на перпендикулярное направление остаётся постоянной. Из этого, а также из того, что в момент времени  $2t$  модуль скорости частицы такой же, как в начальный момент, следует, что в момент времени  $t$  скорость направлена перпендикулярно напряжённости электрического поля. Модуль изменения проекции скорости на ось  $Ox$  можно найти из теоремы

Пифагора, а с другой стороны, он равен произведению модуля ускорения на искомое время:  $\sqrt{v_0^2 - v_1^2} = at$ , откуда  $t = \frac{\sqrt{v_0^2 - v_1^2}}{a} = 1,2$  с.

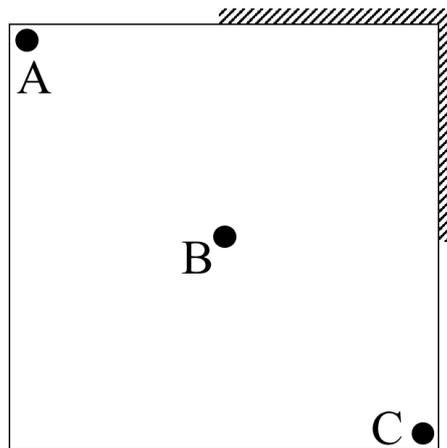
Ответ:

<b>15)</b>	<b>16)</b>	<b>17)</b>
25	18	1,2

**Максимум за задачу 10 баллов.**

### Задачи 18-22

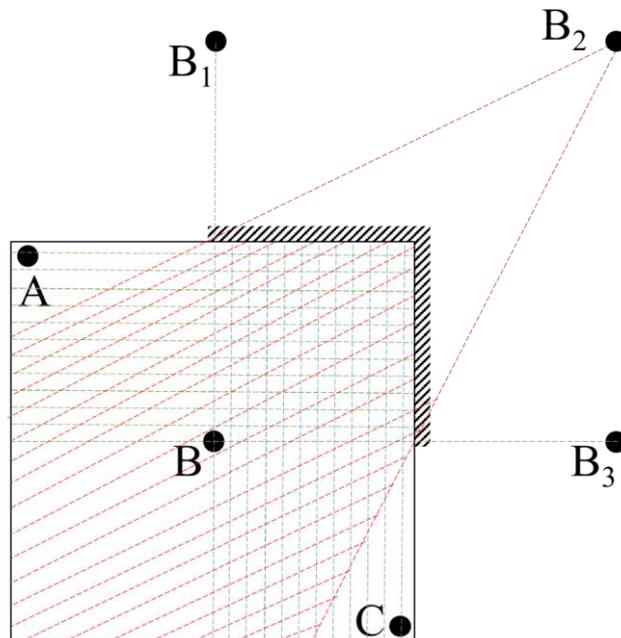
Трёхголовый Змей Горыныч внимательно рассматривает свои отражения в плоских зеркалах, покрывающих от пола до потолка чуть больше половины от каждой из двух соседних вертикальных стен квадратной комнаты (см. рис.). Сторона квадрата равна 8 м, размер каждой головы намного меньше этого расстояния. Голова *B* находится в центре комнаты, головы *A* и *C* – на диагонали квадрата вблизи углов комнаты.



- 18) Сколько существует различных изображений головы *B* в зеркалах? В качестве ответа приведите целое число. **(2 балла)**
- 19) Найдите суммарную площадь частей комнаты, из которых внешний наблюдатель может увидеть хотя бы одно изображение головы *B*. Ответ выразите в квадратных метрах и округлите до целого числа. **(2 балла)**
- 20) Найдите суммарную площадь частей комнаты, из которых внешний наблюдатель может увидеть только одно изображение головы *B*. Ответ выразите в квадратных метрах и округлите до целого числа. **(3 балла)**
- 21) Сколько изображений головы *A* видит голова *B*, если тело Змея не мешает обзору? В качестве ответа приведите целое число. **(2 балла)**
- 22) Сколько различных изображений своих трёх голов наблюдает Змей, если его тело не мешает обзору? В качестве ответа приведите целое число. **(3 балла)**

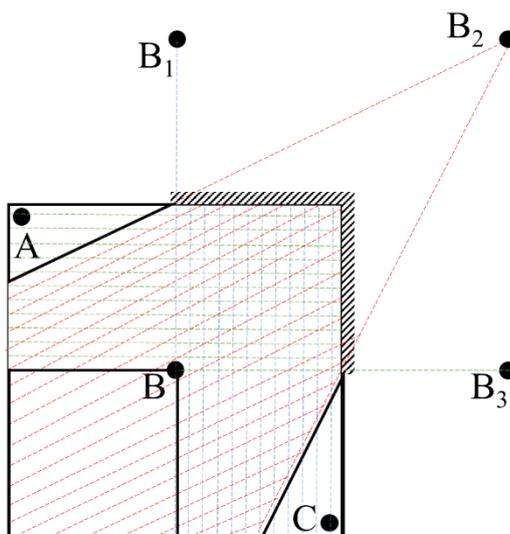
**Решение:**

18) 3 изображения – это точки  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  (см. рис.).

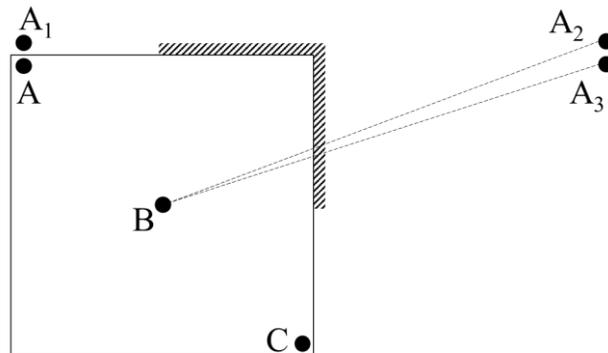


19) Из любой точки комнаты видно хотя бы одно изображение. Поэтому ответ – просто площадь квадрата, т.е.  $64 \text{ м}^2$ .

20) Требуемые области выделены на рисунке. Из верхнего треугольника видно только  $B_3$  из нижнего квадрата – только  $B_2$ , из правого треугольника – только  $B_1$ . Треугольники имеют катеты 4 м и 2 м. Поэтому площадь каждого из маленьких треугольников –  $4 \text{ м}^2$ . Два треугольника и квадрат имеют суммарную площадь  $24 \text{ м}^2$ .



21) 2 изображения – голова В видит изображения  $A_2$  и  $A_3$ .



22) 7 изображений. Изображение  $A_1$  не может увидеть ни одна голова. Аналогично одно из трёх изображений головы С также не видно Змею Горынычу. При этом каждое из трёх изображений головы В видно хотя бы одной из голов, например, голове В (см. п. 2)

Ответ:

18)	19)	20)	21)	22)
3	64	24	2	7

*Максимум за задачу 12 баллов.*

**Всего за работу – 60 баллов.**