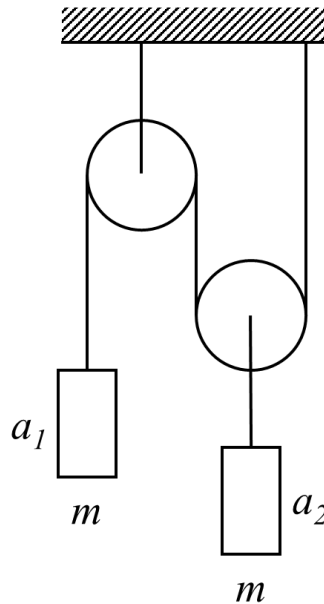


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ. 2021–2022 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 класс

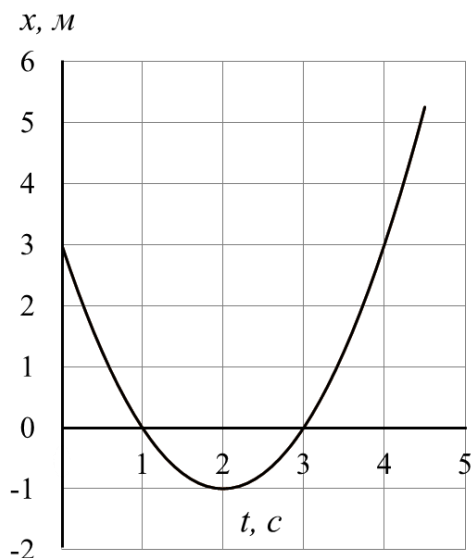
Критерии и ответы

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.

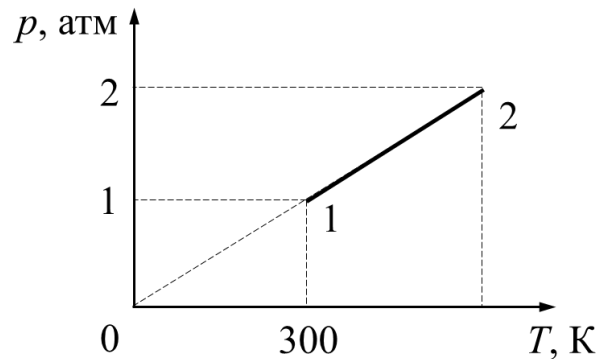


- 1) 1
2) 2
3) 0,5
4) 0,25
2. Вдоль оси Ox движется с постоянным ускорением точечное тело массой 2 кг. На графике представлена зависимость координаты x этого тела от времени t . Найдите кинетическую энергию тела в момент времени $t = 3$ с.

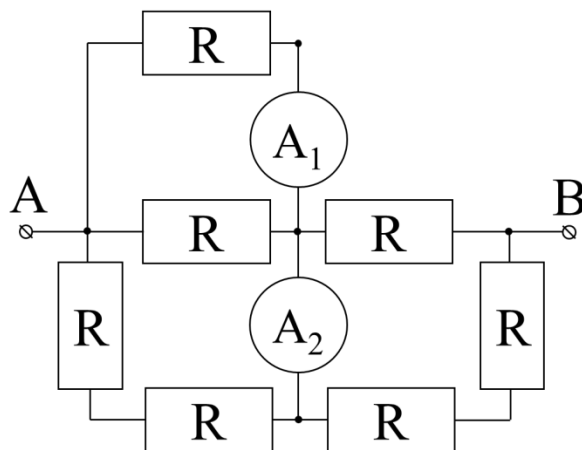


- 1) 0 Дж
2) 2 Дж
3) 3 Дж
4) 4 Дж

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	2 балла	2 балла	2 балла	2 балла

Задания с кратким ответом

Задачи 6-7

Камень бросили с горизонтальной площадки под углом 60° к горизонту. Через некоторое время камень упал на ту же площадку. Начальная скорость камня 4 м/с. Ускорение свободного падения 10 м/с², 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:

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

Ответ:	6)	7)
	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:

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

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

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

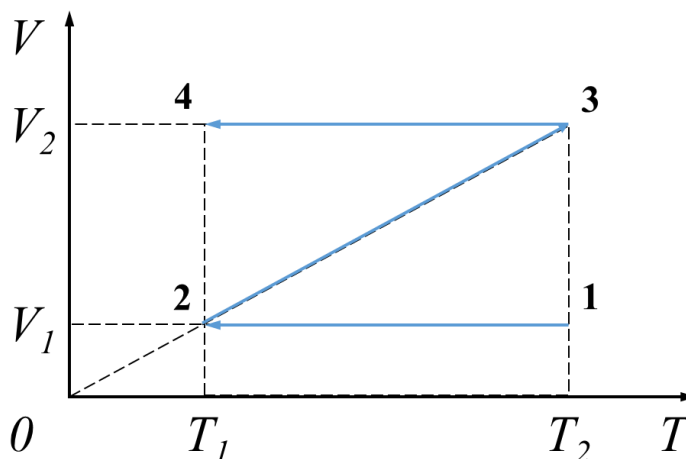
Ответ:

8)	9)	10)
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.

Ответ:	11)	12)	13)	14)
	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 м/с² 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.

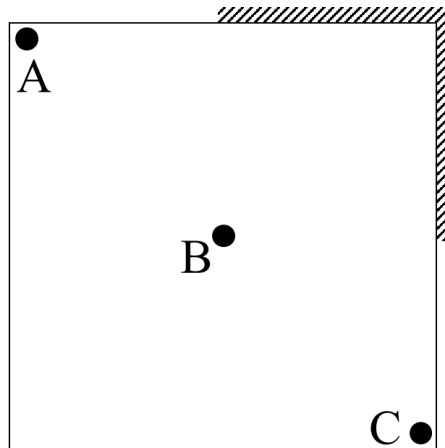
Ответ:

15)	16)	17)
25	18	1,2

Максимум за задачу 10 баллов.

Задачи 18-22

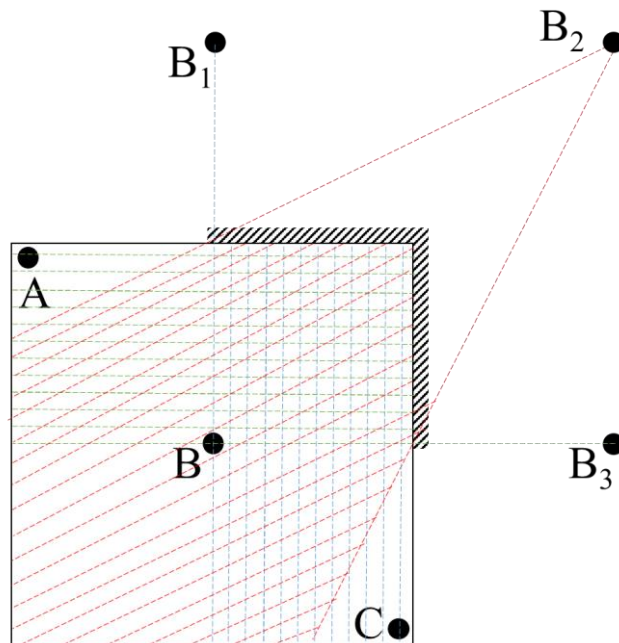
Трёхголовый Змей Горыныч внимательно рассматривает свои отражения в плоских зеркалах, покрывающих от пола до потолка чуть больше половины от каждой из двух соседних вертикальных стен квадратной комнаты (см. рис.). Сторона квадрата равна 8 м, размер каждой головы намного меньше этого расстояния. Голова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

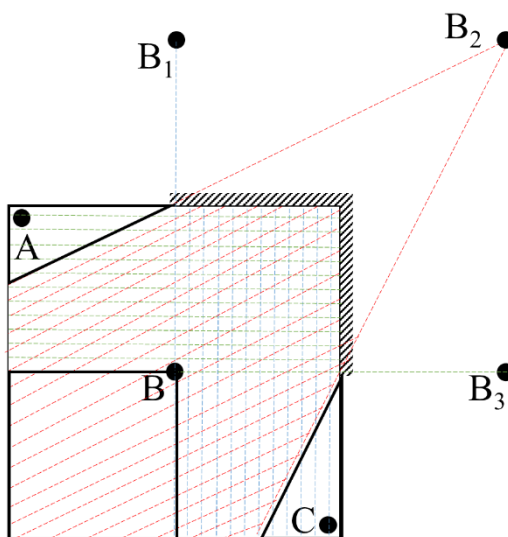
Решение:

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

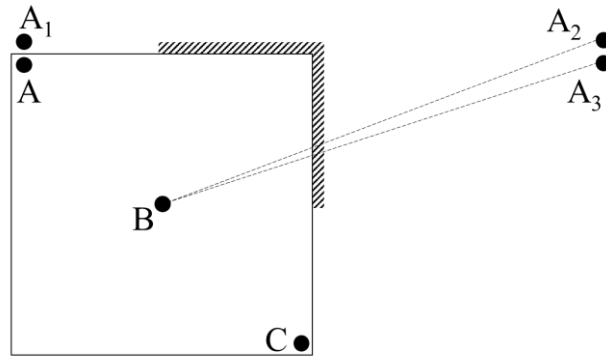


19) Из любой точки комнаты видно хотя бы одно изображение. Поэтому ответ – просто площадь квадрата, т.е. 64 м^2 .

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 м^2 . Два треугольника и квадрат имеют суммарную площадь 24 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.