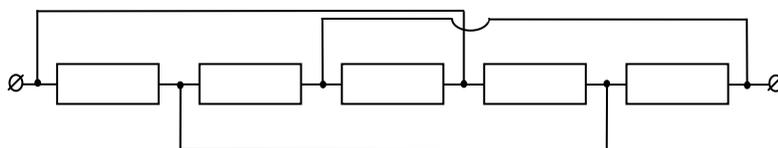
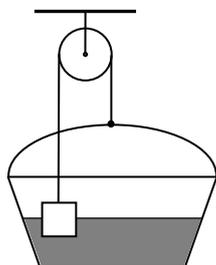


**Олимпиада «Звезда» - Таланты
на службе обороны и безопасности» по ФИЗИКЕ
9 класс (очный тур)
Вариант №1**

- (15 баллов)** Граната, брошенная вертикально вверх, в верхней точке разорвалась на множество одинаковых осколков летящих с одинаковыми скоростями. Известно, что осколки падали на землю в течение 10 секунд. Найти скорости осколков сразу после взрыва.
- (15 баллов)** В теплоизолированный сосуд, содержащий 10 л воды при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, добавили лед массой 2 кг при температуре $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и водяной пар при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. После установления теплового равновесия температура стала равной $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какая масса воды находится в сосуде? Удельная теплоемкость льда $c_1 = 2100\text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$. Удельная теплоемкость воды $c_2 = 4190\text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 335\text{ кДж/кг}$. Удельная теплота парообразования воды $r = 2,26\text{ МДж/кг}$.
- (20 баллов)** Найдите сопротивление электрической цепи, изображенной на рисунке. Сопротивление среднего резистора $2r$, а всех остальных - r , сопротивление соединительных проводов мало.



- (20 баллов)** Ведерко с водой прикреплено к невесомой нити, переброшенной через блок. Ко второму концу нити прикреплено тело, масса которого вдвое больше массы ведерка вместе с водой. При какой плотности тело полностью погрузится в воду? Плотность воды ρ .



- (15 баллов)** Из пунктов А и В одновременно навстречу друг другу выехали машина и автобус. Через некоторое время они встретились и продолжили свое движение. Машина пришла в пункт назначения через $t_1 = 2$ часа после встречи, автобус - через $t_2 = 8$ часов. Какое время двигались автобус и машина до встречи?
- (15 баллов)** На гладкую горизонтальную поверхность положили доску массой $M = 5\text{ кг}$, на нее - тело массой $m = 1\text{ кг}$, а затем действовали на доску силой F , направленной горизонтально (см. рисунок). Коэффициент трения между телом и доской $\mu = 0,2$. При каком минимальном значении силы F тело будет скользить относительно доски? Трение между доской и поверхностью отсутствует. Ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$.



РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

9 класс

1 вариант

Задача №1

Решение.

Первым упадет тот осколок, который движется вертикально вниз, последним – вертикально вверх. За интервал времени, равный разности времени падения последнего и первого осколков, последний успеет подняться на максимальную высоту и спуститься в ту точку, откуда он начал движение; а затем он будет в точности повторять движение первого. (5 баллов)

А время подъема на максимальную высоту и спуска в начальную точку тела, брошенного вертикально вверх, как раз и равно:

$$\Delta t = \frac{2v_1}{g} \quad (5 \text{ баллов})$$

Подставляем исходные данные, и получаем результат: **50 м/с** (5 баллов)

Задача №2

Решение.

Теплота, отдаваемая паром при установлении теплового равновесия:

$$Q_1 = rm + c_2m20 \quad (3 \text{ балла})$$

Теплота, получаемая водой:

$$Q_2 = c_2m_в80, \text{ где } m_в = \rho V = 10\text{кг} - \text{масса } 10 \text{ литров воды} \quad (2 \text{ балла})$$

Теплота, получаемая льдом:

$$Q_3 = c_1m_л10 + \lambda m_л + c_2m_л80 \quad (3 \text{ балла})$$

Уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$
$$rm + c_2m20 = c_2m_в80 + c_1m_л10 + \lambda m_л + c_2m_л80 \quad (3 \text{ балла})$$

Решая это уравнение, находим массу пара: **$m = 2\text{кг}$** (3 балла)

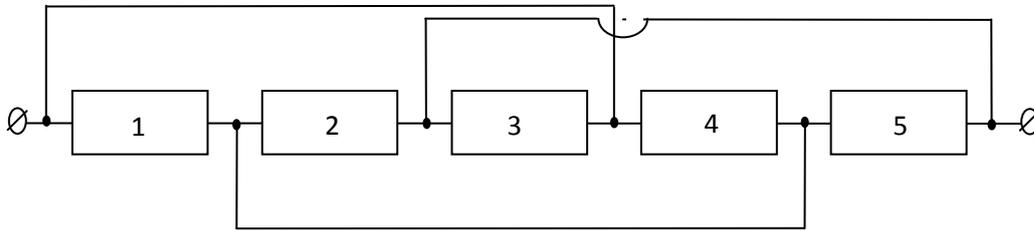
И окончательно:

$$m + m_в + m_л = 2 + 10 + 2 = \mathbf{14 \text{ кг}} \quad (1 \text{ балл})$$

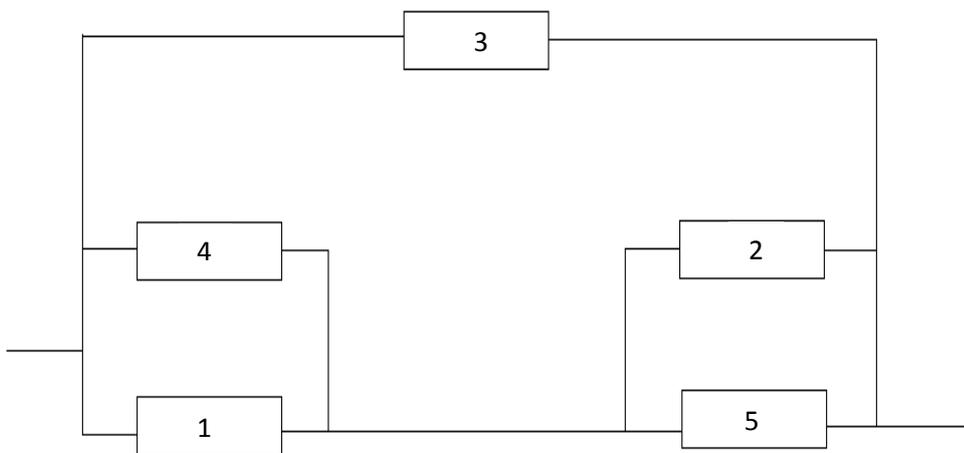
Задача №3

Решение.

Исходная схема:



Данную схему можно перерисовать в следующем виде:



(12 баллов)

1 и 4 резисторы параллельны друг другу: $R_{14} = \frac{r}{2}$ (2 балла)

2 и 5 резисторы параллельны друг другу: $R_{25} = \frac{r}{2}$ (2 балла)

Следовательно, сопротивление нижнего участка: $R_{1245} = \frac{r}{2} + \frac{r}{2} = r$ (2 балла)

3 резистор параллелен этому участку: $R_{\text{общ}} = \frac{2}{3}r$ (2 балла)

Задача №4

Решение.

Условия равновесия для тела, полностью погруженного в воду, и ведрка дают:

$$T + F_a = mg \quad (5 \text{ баллов})$$

$$T = \frac{mg}{2} + F_a \quad (5 \text{ баллов})$$

где T и F_A - силы натяжения нити и Архимеда, m - масса тела. Вычитая второе уравнение из первого, найдем силу Архимеда:

$$F_a = \frac{mg}{4} \quad (3 \text{ балла})$$

С другой стороны, по закону Архимеда имеем:

$$F_a = \rho_v g V \quad (2 \text{ балла})$$

где ρ_v и V - плотность воды и объем тела. Отсюда находим:

$$\rho_T = 4\rho_v \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача №5

Решение.

Пусть скорости машин - v_1 и v_2 , а время, прошедшее от момента их выхода до их встречи, равно t . Поскольку первая машина после встречи со второй пройдет то же самое расстояние, которое прошла вторая до встречи, то:

$$v_1 t = v_2 t_2 \quad (4 \text{ балла})$$

И наоборот. Поэтому:

$$v_2 t = v_1 t_1 \quad (4 \text{ балла})$$

Умножая уравнения друг на друга и сокращая произведение скоростей, получим:

$$t = \sqrt{t_1 t_2} \quad (4 \text{ балла})$$

Подставляем исходные данные и получаем, что время до встречи - **4 часа** (3 балла)

Задача №6

Решение.

Второй закон Ньютона в проекции на горизонтальное направление для доски:

$$F - \mu t g = Ma \quad (5 \text{ баллов})$$

Для бруска:

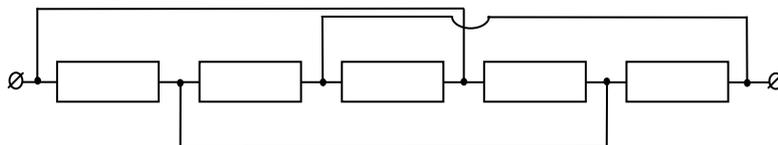
$$\mu t g = ma \quad (5 \text{ баллов})$$

В результате, получаем:

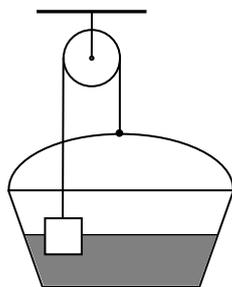
$$F = \mu g(m + M) = 12 \text{ Н} \quad (5 \text{ баллов})$$

**Олимпиада «Звезда» - Таланты
на службе обороны и безопасности» по ФИЗИКЕ
9 класс (очный тур)
Вариант №2**

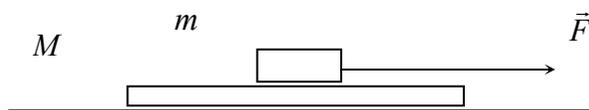
- (15 баллов)** Граната, брошенная вертикально вверх, в верхней точке разорвалась на множество одинаковых осколков летящих с одинаковыми скоростями 10 м/с. Определить интервал времени, в течение которого осколки падали на землю.
- (15 баллов)** В калориметр, содержащий 2 л воды при температуре 5 °С, положили лед массой 0,5 кг при температуре -4 °С. Определить температуру в калориметре и массу воды в нем после установления теплового равновесия. Теплоемкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоемкость льда $c_1 = 2100$ Дж/кг·К. Удельная теплоемкость воды $c_2 = 4190$ Дж/кг·К. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 335$ кДж/кг. Удельная теплота парообразования воды $r = 2,26$ МДж/кг.
- (20 баллов)** Найдите сопротивление электрической цепи, изображенной на рисунке. Сопротивление среднего резистора $3r$, а всех остальных - r , сопротивление соединительных проводов мало.



- (20 баллов)** Ведерко с водой прикреплено к невесомой нити, переброшенной через блок. Ко второму концу нити прикреплено тело, масса которого вчетверо больше массы ведерка вместе с водой. При какой плотности тело полностью погрузится в воду? Плотность воды ρ .



- (15 баллов)** Из пунктов А и В одновременно навстречу друг другу выехали машина и автобус. Через некоторое время они встретились и продолжили свое движение. Машина пришла в пункт назначения через $t_1 = 30$ минут после встречи, автобус - через $t_2 = 8$ часов. Какое время двигались автобус и машина до встречи?
- (15 баллов)** На гладкую горизонтальную поверхность положили доску массой $M = 5$ кг, на нее – тело массой $m = 1$ кг, а затем действовали на брусок силой F , направленной горизонтально (см. рисунок). Коэффициент трения между телом и доской $\mu = 0,2$. При каком минимальном значении силы F тело будет скользить относительно доски? Трение между доской и поверхностью отсутствует. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

9 класс

Вариант № 2

Задача №1

Решение.

Первым упадет тот осколок, который движется вертикально вниз, последним – вертикально вверх. За интервал времени, равный разности времени падения последнего и первого осколков, последний успеет подняться на максимальную высоту и спуститься в ту точку, откуда он начал движение; а затем он будет в точности повторять движение первого. (5 баллов)

А время подъема на максимальную высоту и спуска в начальную точку тела, брошенного вертикально вверх, как раз и равно:

$$\Delta t = \frac{2v_1}{g} \quad (5 \text{ баллов})$$

Подставляем исходные данные, и получаем результат: 2с (5 баллов)

Задача №2

Решение:

При остывании 2 л воды до 0°C выделяется теплота:

$$Q_1 = c_2 m_{\text{в}} 5 = 4190 \cdot 2 \cdot 5 = 41900 \text{ Дж} \quad (2 \text{ балла})$$

На нагрев 0,5 кг льда до 0°C необходимо:

$$Q_2 = c_1 m_{\text{л}} 4 = 2100 \cdot 0,5 \cdot 4 = 4200 \text{ Дж} \quad (2 \text{ балла})$$

Чтобы полностью расплавить лед необходимо:

$$Q_3 = \lambda m_{\text{л}} = 335000 \cdot 0,5 = 167500 \text{ Дж} \quad (2 \text{ балла})$$

Получается, что лед не сумеет расплавиться полностью. Конечная температура в калориметре равна 0°C. (2 балла)

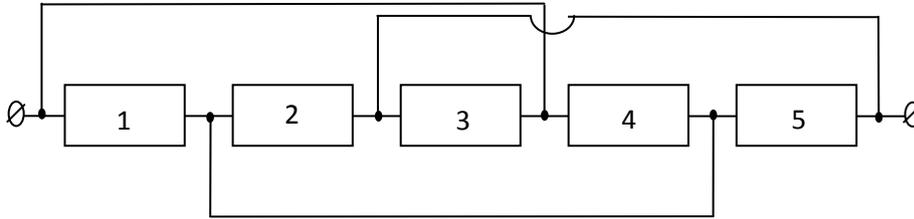
На плавление льда пойдет только $Q_1 - Q_2 = 41900 - 4200 = 37700$ Дж тепла. И в результате расплавится $m = \frac{Q_1 - Q_2}{\lambda} = \frac{37700}{335000} = 0,11$ кг льда. (5 баллов)

В результате в калориметре будет **2,11 кг воды** (2 балла)

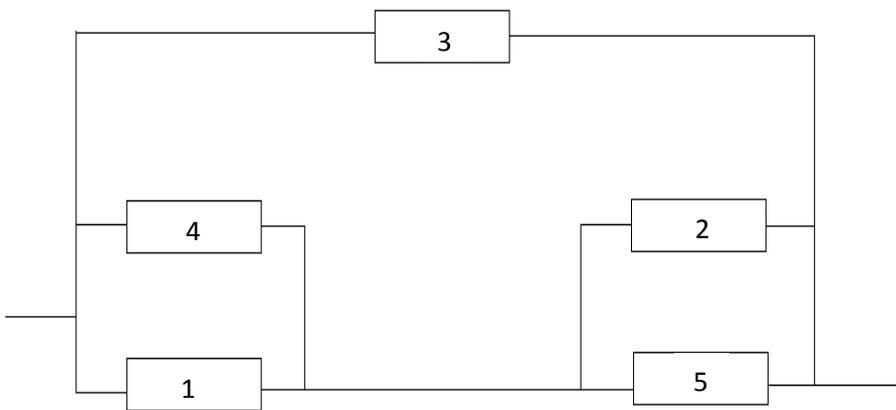
Задача №3

Решение.

Исходная схема:



Данную схему можно перерисовать в следующем виде:



(12 баллов)

1 и 4 резисторы параллельны друг другу: $R_{14} = \frac{r}{2}$ (2 балла)

2 и 5 резисторы параллельны друг другу: $R_{25} = \frac{r}{2}$ (2 балла)

Следовательно, сопротивление нижнего участка: $R_{1245} = \frac{r}{2} + \frac{r}{2} = r$ (2 балла)

3 резистор параллелен этому участку: $R_{\text{общ}} = \frac{3}{4}r$ (2 балла)

Задача №4

Решение. Условия равновесия для тела, полностью погруженного в воду, и ведерка дают $T + F_a = mg$ (5 баллов)

$T = \frac{mg}{4} + F_a$ (5 баллов)

где T и F_a - силы натяжения нити и Архимеда, m - масса тела. Вычитая второе уравнение из первого, найдем силу Архимеда

$F_a = \frac{3mg}{8}$ (3 балла)

С другой стороны, по закону Архимеда имеем:

$$F_a = \rho_B g V \quad (2 \text{ балла})$$

где ρ_e и V - плотность воды и объем тела. Отсюда находим:

$$\rho_T = \frac{8}{3} \rho_B \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача №5

Решение. Пусть скорости машин - v_1 и v_2 , а время, прошедшее от момента их выхода до их встречи, равно t . Поскольку первая машина после встречи со второй пройдет то же самое расстояние, которое прошла вторая до встречи, то:

$$v_1 t = v_2 t_2 \quad (4 \text{ балла})$$

И наоборот. Поэтому:

$$v_2 t = v_1 t_1 \quad (4 \text{ балла})$$

Умножая уравнения друг на друга и сокращая произведение скоростей, получим:

$$t = \sqrt{t_1 t_2} \quad (4 \text{ балла})$$

Подставляем исходные данные и получаем, что время до встречи – **2 часа** (3 балла)

Задача №6

Решение.

Второй закон Ньютона в проекции на горизонтальное направление для доски:

$$\mu mg = Ma \quad (5 \text{ баллов})$$

Для бруска:

$$F - \mu mg = ma \quad (5 \text{ баллов})$$

В результате, получаем:

$$F = \mu mg \left(1 + \frac{m}{M}\right) = 2,4 \text{ Н} \quad (5 \text{ баллов})$$

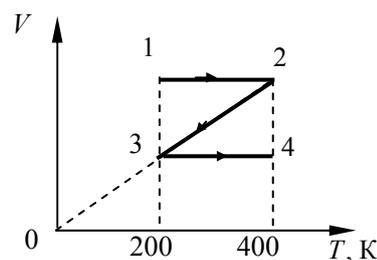
Олимпиада «Звезда» - Таланты на службе обороны и безопасности» по ФИЗИКЕ

10 класс (очный тур)

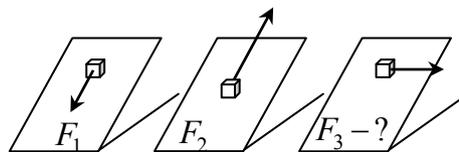
Вариант №1

1. **(15 баллов)** Поезд, двигаясь с постоянным ускорением, въезжает в туннель со скоростью 10 км/ч. Известно, что муха, сидящая на лобовом стекле поезда, пробыла в туннеле в два раза дольше, чем муха, сидящая заднем буфере последнего вагона. Какую скорость имел поезд в тот момент, когда целиком выехал из туннеля, если известно, что его длина равна длине туннеля?

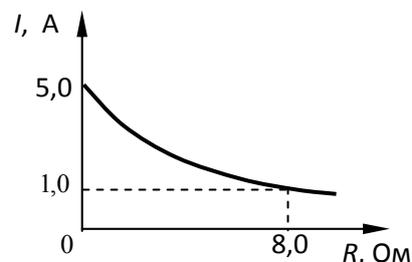
2. **(10 баллов)** Одноатомный идеальный газ, взятый в количестве 2 моль, совершает процесс $1-2-3-4$, изображенный на рисунке. Найдите количество теплоты Q , полученной газом при его переходе из состояния 1 в состояние 4.



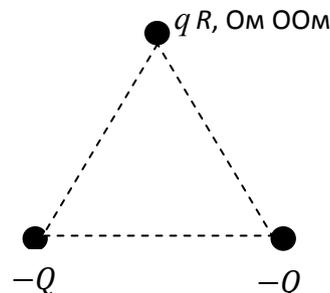
3. **(20 баллов)** Чтобы тело, покоящееся на наклонной плоскости, двигалось, к нему надо приложить минимальную силу F_1 , направленную параллельно плоскости вниз, или минимальную силу F_2 , направленную параллельно плоскости вверх. Какую минимальную силу F_3 , направленную параллельно плоскости горизонтально нужно приложить к телу, чтобы оно начало двигаться?



4. **(20 баллов)** На рисунке изображен график зависимости силы I тока в цепи от значения сопротивления R ее внешнего участка. Найдите для значения внешнего сопротивления $R_1 = 3$ Ом падение напряжения U в источнике.



5. **(20 баллов)** Три точечных заряда q , $-Q$ и $-Q$ расположены в вершинах правильного треугольника ($q, Q > 0$, см. рисунок). Каким должен быть заряд q , чтобы кулоновская сила, действующая на каждый из зарядов $-Q$ со стороны других зарядов, была минимальной? Чему равна эта минимальная сила, если длина стороны треугольника – a



6. **(15 баллов)** В теплоизолированный сосуд, содержащий 10 л воды при температуре 0°C , добавили лед массой 2 кг при температуре -10°C и водяной пар при температуре 100°C . После установления теплового равновесия температура стала равной 80°C . Какая масса воды находится в сосуде? Удельная теплоемкость льда $c_1 = 2100$ Дж/кг·К. Удельная теплоемкость воды $c_2 = 4190$ Дж/кг·К. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 335$ кДж/кг. Удельная теплота парообразования воды $r = 2,26$ МДж/кг.

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

10 класс

Вариант №1

Задача №1

Решение.

Пусть длина поезда (и длина туннеля) равны l , время нахождения в туннеле мухи на лобовом стекле - t . Тогда поскольку первая муха, находясь внутри туннеля, проехала расстояние l , имеем

$$l = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (3 \text{ балла})$$

Последняя муха двигалась до туннеля время t (пока в нем была первая муха), внутри туннеля время $t/2$, и, следовательно, за время $3t/2$ проехала расстояние $2l$ (как и весь поезд). Поэтому

$$2l = \frac{3v_0 t}{2} + \frac{9at^2}{8} \quad (5 \text{ баллов})$$

Из этой системы уравнений находим время t и ускорение поезда

$$t = \frac{l}{3v_0} \quad (2 \text{ балла})$$

$$a = \frac{12v_0^2}{l} \quad (2 \text{ балла})$$

Поэтому скорость поезда в момент его полного выезда из туннеля (т.е. через $3t/2$ после въезда в туннель первого вагона) равна

$$v = v_0 + \frac{12v_0^2}{l} \cdot \frac{3}{2} \frac{l}{3v_0} = 7v_0 \quad (2 \text{ балла})$$

Получен окончательный ответ 70 км/ч (1 балл)

Задача №2

Решение.

Газ получает тепло в процессах 1-2 и 3-4, а в процессе 2-3 газ отдает тепло (2 балла)

Т.к. процессы 1-2 и 3-4 изохорные, то работа газа в этом случае равна нулю (2 балла)

Получаем:

$$Q_{\text{получаемое}} = Q_{1-2} + Q_{3-4} = \Delta U_{1-2} + \Delta U_{3-4} = 2 \cdot \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad (4 \text{ балла})$$

Окончательный ответ: **9972 Дж** (2 балла)

Задача №3

Решение.

В первом случае:

$$F_1 = ktg \cos \alpha - mg \sin \alpha \quad (4 \text{ балла})$$

Во втором:

$$F_2 = ktg \cos \alpha + mg \sin \alpha \quad (4 \text{ балла})$$

В третьем случае получим:

$$F_3 = \sqrt{(ktg \cos \alpha)^2 - (mg \sin \alpha)^2} \quad (5 \text{ баллов})$$

Если из первых двух уравнений выразить

$$ktg \cos \alpha = \frac{F_2 + F_1}{2} \quad (2 \text{ балла})$$

$$mg \sin \alpha = \frac{F_2 - F_1}{2}, \quad (2 \text{ балла})$$

то в результате получаем:

$$F_3 = \sqrt{F_1 F_2} \quad (3 \text{ балла})$$

Задача №4

Решение.

С помощью закона Ома для полной цепи и графика, получаем систему уравнений:

$$5 = \frac{\varepsilon}{0+r} \quad (4 \text{ балла})$$

$$1 = \frac{\varepsilon}{8+r} \quad (4 \text{ балла})$$

Решая её, получаем значения ЭДС и внутреннего сопротивления источника:

$$\varepsilon = 10 \text{ В и } r = 2 \text{ Ом.} \quad (2 \text{ балла})$$

Сила тока при сопротивлении в 3 Ом:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{10}{3+2} = 2 \text{ А} \quad (5 \text{ баллов})$$

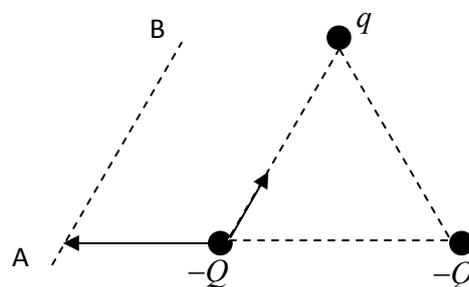
Следовательно, падение напряжения в источнике:

$$U = Ir = 2 \cdot 2 = 4 \text{ В} \quad (5 \text{ балла})$$

Задача №5

Решение.

На каждый из зарядов $-Q$ действует сила со стороны заряда q (притяжение) и со стороны второго заряда $-Q$ (отталкивание). Эти силы показаны на рисунке (2 балла).



Вектор результирующей силы – сумма этих векторов. При изменении заряда q (но неизменных зарядах $-Q$) результирующая кулоновская сила будет меняться, но конец вектор результирующей силы будет лежать на прямой АВ (4 балла).

Поэтому эта сила будет минимальна по величине тогда, когда вектор результирующей силы перпендикулярен прямой АВ. Угол между этой прямой и основанием треугольника равен 60° . В результате получаем, что в случае минимальной результирующей силы сила, действующая между зарядами q и $-Q$ вдвое меньше силы, действующей между зарядами $-Q$ и $-Q$ (4 балла).

Поэтому:

$$k \frac{Qq}{a^2} = 2k \frac{Qq}{a^2}. \text{ Откуда получаем, что: } q = \frac{Q}{2} \quad (5 \text{ баллов})$$

Очевидно, значение минимальной силы определяется соотношением:

$$F_{\min} = \frac{kQ^2 \cos 30^\circ}{a^2} = \frac{\sqrt{3}kQ^2}{2a^2} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача №6

Решение.

Теплота, отдаваемая паром при установлении теплового равновесия:

$$Q_1 = rm + c_2 m 20 \quad (3 \text{ балла})$$

Теплота, получаемая водой:

$$Q_2 = c_2 m_{\text{в}} 80, \text{ где } m_{\text{в}} = \rho V = 10 \text{ кг} - \text{масса 10 литров воды} \quad (2 \text{ балла})$$

Теплота, получаемая льдом:

$$Q_3 = c_1 m_{\text{л}} 10 + \lambda m_{\text{л}} + c_2 m_{\text{л}} 80 \quad (3 \text{ балла})$$

Уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$rm + c_2 m 20 = c_2 m_{\text{в}} 80 + c_1 m_{\text{л}} 10 + \lambda m_{\text{л}} + c_2 m_{\text{л}} 80 \quad (3 \text{ балла})$$

Решая это уравнение, находим массу пара: $m = 2 \text{ кг}$ (3 балла)

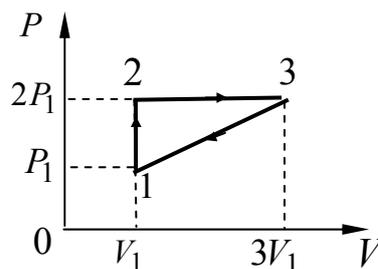
И окончательно:

$$m + m_{\text{в}} + m_{\text{л}} = 2 + 10 + 2 = \mathbf{14 \text{ кг}} \quad (1 \text{ балл})$$

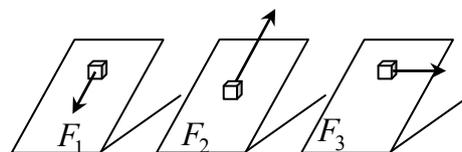
**Олимпиада «Звезда» - Таланты
на службе обороны и безопасности» по ФИЗИКЕ
10 класс (очный тур)
Вариант №2**

1. **(15 баллов)** Поезд, двигаясь с постоянным ускорением, въезжает в туннель. Известно, что муха, сидящая на лобовом стекле поезда, пробыла в туннеле в два раза дольше, чем муха, сидящая заднем буфере последнего вагона. Скорость поезда в тот момент, когда он целиком выехал из туннеля равна 56 км/ч. Найти скорость, с которой поезд въехал в тоннель, если известно, что его длина равна длине туннеля?

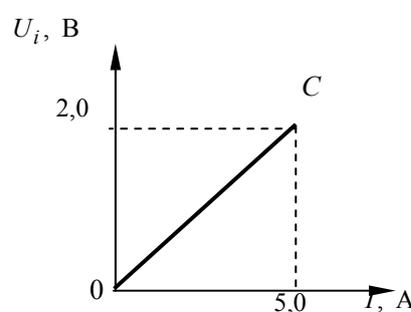
2. **(10 баллов).** Одноатомный идеальный газ совершает цикл 1–2–3–1, изображенный на рисунке. Объем $V_1 = 10$ л, давление $P_1 = 200$ кПа. Найдите приращение ΔU внутренней энергии газа при переходе из состояния 3 в состояние 1.



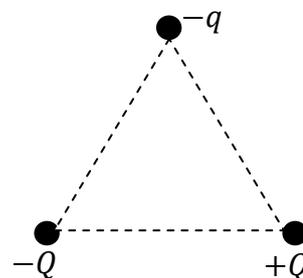
3. **(20 баллов)** Чтобы тело, покоящееся на наклонной плоскости, двигалось, к нему надо приложить минимальную силу F_1 , направленную параллельно плоскости вниз, или минимальную силу F_3 , направленную параллельно плоскости горизонтально. Какую минимальную силу F_2 , направленную параллельно плоскости вверх нужно приложить к телу, чтобы оно начало двигаться?



4. **(20 баллов).** На рисунке изображен график зависимости падения напряжения U_i в источнике тока от силы I тока, текущего через него. (Конечной точке C графика соответствует короткое замыкание источника). Найдите для силы тока $I_1 = 2,0$ А напряжение U_1 на зажимах источника тока.



5. **(20 баллов)** Три точечных заряда $-q$, $-Q$ и $+Q$ расположены в вершинах правильного треугольника ($q, Q > 0$, см. рисунок). Каким должен быть заряд q , чтобы кулоновская сила, действующая на заряд $-Q$ со стороны других зарядов, была минимальной? Чему равна эта минимальная сила, если длина стороны треугольника $- a$.



6. **(15 баллов)** В калориметр, содержащий 2 л воды при температуре 5°C , положили лед массой 0,5 кг при температуре -4°C . Определить температуру в калориметре и массу воды в нем после установления теплового равновесия. Теплоемкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельная теплоемкость льда $c_1 = 2100$ Дж/кг·К. Удельная теплоемкость воды $c_2 = 4190$ Дж/кг·К. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 335$ кДж/кг. Удельная теплота парообразования воды $r = 2,26$ МДж/кг.

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

10 класс Вариант №2

Задача №1

Решение:

Пусть длина поезда равна l , а длина туннеля $2l$, время нахождения в туннеле мухи на лобовом стекле - t . Тогда поскольку первая муха, находясь внутри туннеля, проехала расстояние $2l$, имеем

$$2l = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (3 \text{ балла})$$

Последняя муха двигалась до туннеля время t (пока в нем была первая муха), внутри туннеля время $t/2$, и, следовательно, за время $3t/2$ проехала расстояние $2l$ (как и весь поезд). Поэтому

$$2l = \frac{3v_0 t}{2} + \frac{9at^2}{8} \quad (5 \text{ баллов})$$

Из этой системы уравнений находим время t и ускорение поезда

$$t = \frac{l}{3v_0} \quad (2 \text{ балла})$$

$$a = \frac{12v_0^2}{l} \quad (2 \text{ балла})$$

Поэтому скорость поезда в момент его полного выезда из туннеля (т.е. через $3t/2$ после въезда в туннель первого вагона) равна

$$v = v_0 + \frac{12v_0^2}{l} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{l}{3v_0} = 7v_0 \quad (2 \text{ балла})$$

Получен окончательный ответ **8 км/ч** (1 балл)

Задача №2

Решение.

Изменение внутренней энергии газа в процессе 3-1:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_2 V_2) \quad (6 \text{ баллов})$$

В результате, получаем:

$$\Delta U = -\frac{3}{2} 5 p_1 V_1 \quad (2 \text{ балла})$$

Окончательный результат: $\Delta U = -15000 \text{ Дж}$ (2 балла)

Задача №3

Решение.

В первом случае:

$$F_1 = kmg \cos \alpha - mg \sin \alpha \quad (4 \text{ балла})$$

Во втором:

$$F_2 = kmg \cos \alpha + mg \sin \alpha \quad (4 \text{ балла})$$

В третьем случае получим:

$$F_3 = \sqrt{(kmg \cos \alpha)^2 - (mg \sin \alpha)^2} \quad (5 \text{ баллов})$$

Если из первых двух уравнений выразить

$$kmg \cos \alpha = \frac{F_2 + F_1}{2} \quad (2 \text{ балл})$$

$$mg \sin \alpha = \frac{F_2 - F_1}{2}, \quad (2 \text{ балл})$$

то в результате получаем:

$$F_2 = \frac{F_3^2}{F_1} \quad (3 \text{ балла})$$

Задача №4

Решение.

Напряжение в источнике:

$U = Ir$, следовательно в точке С, соответствующей короткому замыканию, напряжение равно ЭДС, т.е.:

$$\varepsilon = 2\text{В} \quad (6 \text{ баллов})$$

Внутреннее сопротивление источника:

$$r = \frac{\varepsilon}{I} = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ Ом} \quad (4 \text{ балла})$$

Закон Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}. \quad (2 \text{ балла})$$

Получаем: $2 = \frac{2}{R+0,4}$. Откуда внешнее сопротивление равно 0,6 Ом. (4 балла)

Следовательно, напряжение на зажимах источника тока:

$$U = IR = 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ В} \quad (4 \text{ балла})$$

Задача №5

Решение.

На заряд $-Q$ действует сила со стороны заряда $-q$ (отталкивание) и со стороны второго заряда $+Q$ (притяжение). Эти силы показаны на рисунке (2 балла).

Вектор результирующей силы – сумма этих векторов. При изменении заряда $-q$ (но неизменных зарядах Q) результирующая кулоновская сила будет меняться, но конец вектор результирующей силы будет лежать на прямой АВ (4 балла).

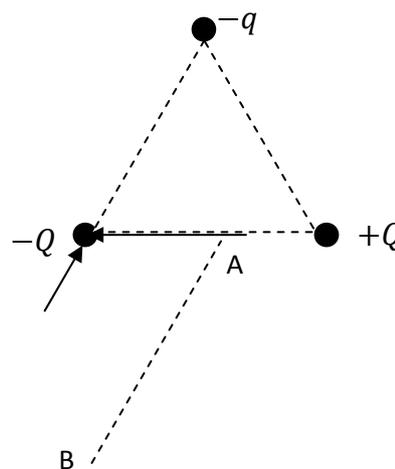
Поэтому эта сила будет минимальна по величине тогда, когда вектор результирующей силы перпендикулярен прямой АВ. Угол между этой прямой и основанием треугольника равен 60° . В результате получаем, что в случае минимальной результирующей силы сила, действующая между зарядами $-q$ и $-Q$ вдвое меньше силы, действующей между зарядами $-Q$ и $+Q$ (4 балла).

Поэтому:

$$k \frac{Qq}{a^2} = 2k \frac{Qq}{a^2}. \text{ Откуда получаем, что: } q = \frac{Q}{2} \quad (5 \text{ баллов})$$

Очевидно, значение минимальной силы определяется соотношением:

$$F_{\min} = \frac{kQ^2 \cos 30^\circ}{a^2} = \frac{\sqrt{3}kQ^2}{2a^2} \quad (5 \text{ баллов})$$



Задача №6

Решение:

При остывании 2 л воды до 0°C выделяется теплота:

$$Q_1 = c_2 m_{\text{в}} 5 = 4190 \cdot 2 \cdot 5 = 41900 \text{ Дж} \quad (2 \text{ балла})$$

На нагрев 0,5 кг льда до 0°C необходимо:

$$Q_2 = c_1 m_{\text{л}} 4 = 2100 \cdot 0,5 \cdot 4 = 4200 \text{ Дж} \quad (2 \text{ балла})$$

Чтобы полностью расплавить лед необходимо:

$$Q_3 = \lambda m_{\text{л}} = 335000 \cdot 0,5 = 167500 \text{ Дж} \quad (2 \text{ балла})$$

Получается, что лед не сумеет расплавиться полностью. Конечная температура в калориметре равна 0°C . (2 балла)

На плавление льда пойдет только $Q_1 - Q_2 = 41900 - 4200 = 37700$ Дж тепла. И в результате расплавится $m = \frac{Q_1 - Q_2}{\lambda} = \frac{37700}{335000} = 0,11$ кг льда. (5 баллов)

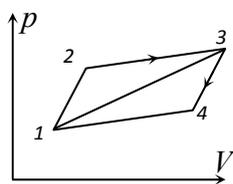
В результате в калориметре будет **2,11 кг воды** (2 балла)

Олимпиада «Звезда» - Таланты на службе обороны и безопасности» по ФИЗИКЕ

11 класс (очный тур)

Вариант №1

- (15 баллов)** Граната, брошенная вертикально вверх, в верхней точке разорвалась на множество одинаковых осколков летящих с одинаковыми скоростями. Известно, что осколки падали на землю в течение 20 секунд. Найти скорости осколков сразу после взрыва.
- (20 баллов)** Кпд циклического процесс 1-2-3-4-1, график которого в координатах «давление – объем» представляет собой параллелограмм (см. рисунок), равен η . Найти кпд циклического процесса 1-3-4-1.



- (20 баллов)** 2014 одинаковых точечных зарядов q удерживают в вершинах плоского правильного 2014-угольника, вписанного в окружность радиуса R . В некоторый момент времени один заряд освобождают. Когда этот заряд улетел на очень большое расстояние от остальных зарядов, он приобрел скорость v . Затем освобождают еще один (ближайший к отпущенному) заряд. Какую скорость будет иметь этот заряд, когда улетит на очень большое расстояние от остальных зарядов. Массы всех зарядов m .
- (20 баллов)** Сопротивление $R = 0,3$ Ом подключено к батарее, которая состоит из нескольких последовательно соединенных групп элементов тока (их число равно p). Каждая группа представляет собой несколько элементов (их число равно q), соединенных параллельно. Общее число элементов равно $p \cdot q = 6$. Каждый элемент тока имеет ЭДС $\varepsilon = 2$ В и внутреннее сопротивление $r = 0,2$ В. Найти число групп p и число q элементов в каждой группе, при которых будет получена наибольшая сила тока в цепи. Чему она равна?
- (15 баллов)** Стекло с показателем преломления $n = 1,5$ имеет воздушную полость ($n = 1,0$) в виде тонкой плоско-выпуклой линзы с радиусом кривизны $R = 11$ см. На главной оптической оси линзы внутри стекла на расстоянии $d = 20$ см от линзы находится песчинка. Найти расстояние f от линзы до изображения песчинки.
- (10 баллов)** Счетчик Гейгера, установленный вблизи радиоактивного источника, регистрирует поток β - частиц. При первом включении прибор зарегистрировал поток, равный N_1 частиц в секунду, а через время t – N_2 . Определить период полураспада T ядер данного изотопа.

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

11 класс

1 вариант

Задача №1

Решение.

Первым упадет тот осколок, который движется вертикально вниз, последним – вертикально вверх. За интервал времени, равный разности времени падения последнего и первого осколков, последний успеет подняться на максимальную высоту и спуститься в ту точку, откуда он начал движение; а затем он будет в точности повторять движение первого. (5 баллов)

А время подъема на максимальную высоту и спуска в начальную точку тела, брошенного вертикально вверх, как раз и равно:

$$\Delta t = \frac{2v_1}{g} \quad (5 \text{ баллов})$$

Подставляем исходные данные, и получаем результат: *100 м/с* (5 баллов)

Задача №2

Решение.

По определению

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{A}{A+Q_x} \quad (5 \text{ баллов})$$

где A - работа двигателя (газа) за цикл,

Q_H - количество теплоты, полученное газом за цикл от нагревателя,

Q_x - количество теплоты, отданное холодильнику.

Пусть в процессе 1-2-3-4-1 газ совершил работу A . Так как работа – это площадь под графиком $p(V)$, то в процессе 1-3-4-1 газ совершил работу $A/2$. (3 балла)

В процессе 1-2-3-4-1 газ получает тепло на участках 1-2 и 2-3, отдавал холодильнику - в процессах 3-4 и 3-1. В процессе 1-3-4-1 – отдавал в тех же процессах 3-4 и 3-1. Поэтому количество теплоты, отданное холодильнику, одинаково в этих циклах. (3 балла)

Отсюда получаем:

$$\eta_{1-2-3-4-1} = \eta = \frac{A}{A+Q_x} \quad (2 \text{ балла})$$

$$\eta_{1-3-4-1} = \frac{A/2}{A/2+Q_x} \quad (2 \text{ балла})$$

Из первой формулы находим отношение A/Q_x и подставляем во вторую. В результате получим

$$\eta_{1-3-4-1} = \frac{\eta}{2-\eta} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача №3

Решение.

Когда улетает первый заряд, то его энергия взаимодействия с соседними зарядами переходит в кинетическую энергию:

$$E_{\text{п}} = \frac{mv_1^2}{2} \quad (5 \text{ баллов})$$

То же самое происходит и со вторым зарядом, но его энергия взаимодействия меньше на величину энергии взаимодействия с первым:

$$E_{\text{п}} - q\varphi_1 = \frac{mv_2^2}{2}, \quad (5 \text{ баллов})$$

где $\varphi_1 = k \frac{q}{r}$, причем $r = \frac{2\pi R}{2014}$. (5 баллов)

Окончательно получаем:

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{2014kq^2}{\pi m R}} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача №4

Всего возможно четыре комбинации удовлетворяющие условию:

$p = 6, q = 1$, в этом случае характеристики батареи: $\varepsilon = 12 \text{ В}, r = 1,2 \text{ Ом}$. Сила, выдаваемого тока: $I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{12}{0,3+1,2} = 8 \text{ А}$ (4 балла)

$p = 3, q = 2$, в этом случае характеристики батареи: $\varepsilon = 6 \text{ В}, r = 0,3 \text{ Ом}$. Сила, выдаваемого тока: $I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{6}{0,3+0,3} = 10 \text{ А}$ (4 балла)

$p = 2, q = 3$, в этом случае характеристики батареи: $\varepsilon = 4 \text{ В}, r = \frac{0,4}{3} \text{ Ом}$. Сила, выдаваемого тока: $I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{4}{0,3+\frac{0,4}{3}} = 9,23 \text{ А}$ (4 балла)

$p = 1, q = 6$, в этом случае характеристики батареи: $\varepsilon = 2 \text{ В}, r = \frac{0,2}{6} \text{ Ом}$. Сила, выдаваемого тока: $I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{2}{0,3+\frac{0,2}{6}} = 6 \text{ А}$ (4 балла)

Так что ответом будет являться 2-й вариант: $p = 3, q = 2$

$$I_{\text{max}} = 10 \text{ А} \quad (4 \text{ балла})$$

Задача №5

Оптическая сила линзы определяется выражением:

$$D = \left(\frac{n_{\text{линзы}}}{n_{\text{окружающей среды}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (6 \text{ баллов})$$

где $R_2 = \infty$, т.к. поверхность плоская.

Получаем:

$$D = \left(\frac{1}{1,5} - 1 \right) \left(\frac{1}{0,11} + 0 \right) = -\frac{100}{33}, \quad (3 \text{ балла})$$

Формула тонкой линзы:

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (4 \text{ балла})$$

$$\text{Подставляем данные: } -\frac{100}{33} = \frac{1}{0,2} + \frac{1}{f}$$

Окончательный результат: $f = -0,125$ м. Изображение мнимое (2 балла)

Задача №6

Решение.

При радиоактивном распаде выполняется соотношение:

$$N_2 = N_1 2^{-\frac{t}{T}}. \quad (4 \text{ балла})$$

Из которого период полураспада:

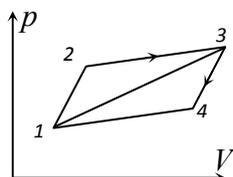
$$T = \frac{t}{\log_2 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)}$$

Олимпиада «Звезда» - Таланты на службе обороны и безопасности» по ФИЗИКЕ

11 класс (очный тур)

Вариант №2

1. (15 баллов) Граната, брошенная вертикально вверх, в верхней точке разорвалась на множество одинаковых осколков летящих с одинаковыми скоростями 20 м/с. Определить интервал времени, в течение которого осколки падали на землю.
2. (20 баллов) КПД циклического процесса 1-3-4-1 равен η . Найти КПД процесса 1-2-3-4-1, график которого в координатах «давление – объем» представляет собой параллелограмм (см. рисунок).



3. (20 баллов) 2015 одинаковых точечных зарядов q удерживают в вершинах плоского правильного 2015-угольника, вписанного в окружность радиуса R . В некоторый момент времени один заряд освобождают. Когда этот заряд улетел на очень большое расстояние от остальных зарядов, он приобрел скорость v . Затем освобождают еще один (ближайший к отпущенному) заряд. Какую скорость будет иметь этот заряд, когда улетит на очень большое расстояние от остальных зарядов. Массы всех зарядов m .
4. (20 баллов) Сопротивление $R = 0,3$ Ом подключено к батарее, которая состоит из нескольких параллельно соединенных групп элементов тока (их число равно p). Каждая группа представляет собой несколько элементов (их число равно q), соединенных последовательно. Общее число элементов равно $p \cdot q = 6$. Каждый элемент тока имеет ЭДС $\varepsilon = 2$ В и внутреннее сопротивление $r = 0,2$ Ом. Найти число групп p и число q элементов в каждой группе, при которых будет получена наибольшая сила тока в цепи. Чему она равна?
5. (15 баллов) Собирающая линза с радиусами кривизны $R_1 = 15$ см и $R_2 = 30$ см дает в воздухе ($n = 1$) действительное изображение предмета, расположенное на расстоянии $f = 25$ см от линзы, когда предмет находится на расстоянии $d = 50$ см от линзы. Та же линза, погруженная в жидкость, действует как рассеивающая с фокусным расстоянием $F = 1$ м. Найти показатель преломления $n_{\text{ж}}$ жидкости.
6. (10 баллов) Активность A радиоактивного препарата уменьшилась в k раз за время t . Во сколько раз длительность этого процесса больше периода полураспада препарата?

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

11 класс

2 вариант

Задача №1

Решение. Первым упадет тот осколок, который движется вертикально вниз, последним – вертикально вверх. За интервал времени, равный разности времени падения последнего и первого осколков, последний успеет подняться на максимальную высоту и спуститься в ту точку, откуда он начал движение; а затем он будет в точности повторять движение первого.

(5 баллов)

А время подъема на максимальную высоту и спуска в начальную точку тела, брошенного вертикально вверх, как раз и равно:

$$\Delta t = \frac{2v_1}{g} \quad (5 \text{ баллов})$$

Подставляем исходные данные, и получаем результат: $4c$ (5 баллов)

Задача №2

Решение.

По определению

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{A}{A+Q_x} \quad (5 \text{ баллов})$$

где A - работа двигателя (газа) за цикл,

Q_H - количество теплоты, полученное газом за цикл от нагревателя,

Q_x - количество теплоты, отданное холодильнику.

Пусть в процессе 1-2-3-4-1 газ совершил работу A . Так как работа – это площадь под графиком $p(V)$, то в процессе 1-3-4-1 газ совершил работу $A/2$. (3 балла)

В процессе 1-2-3-4-1 газ получает тепло на участках 1-2 и 2-3, отдавал холодильнику - в процессах 3-4 и 3-1. В процессе 1-3-4-1 – отдавал в тех же процессах 3-4 и 3-1. Поэтому количество теплоты, отданное холодильнику, одинаково в этих циклах. (3 балла)

Отсюда получаем:

$$\eta_{1-2-3-4-1} = \eta = \frac{A}{A+Q_x} \quad (2 \text{ балла})$$

$$\eta_{1-3-4-1} = \frac{A/2}{A/2+Q_x} \quad (2 \text{ балла})$$

Из первой формулы находим отношение A/Q_x и подставляем во вторую. В результате получим

$$\eta_{1-2-3-4-1} = \frac{2\eta}{1+\eta} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача №3

Решение.

Когда улетает первый заряд, то его энергия взаимодействия с соседними зарядами переходит в кинетическую энергию:

$$E_{\text{п}} = \frac{mv_1^2}{2} \quad (5 \text{ баллов})$$

То же самое происходит и со вторым зарядом, но его энергия взаимодействия меньше на величину энергии взаимодействия с первым:

$$E_{\text{п}} - q\varphi_1 = \frac{mv_2^2}{2}, \quad (5 \text{ баллов})$$

где $\varphi_1 = k \frac{q}{r}$, причем $r = \frac{2\pi R}{2015}$. (5 баллов)

Окончательно получаем:

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{2015kq^2}{\pi m R}} \quad (5 \text{ баллов})$$

Задача №4

Всего возможно четыре комбинации удовлетворяющие условию:

$p = 1 \quad q = 6$, в этом случае характеристики батареи: $\varepsilon = 12 \text{ В}$, $r = 1,2 \text{ Ом}$. Сила, выдаваемого тока: $I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{12}{0,3+1,2} = 8 \text{ А}$ (4 балла)

$p = 2 \quad q = 3$, в этом случае характеристики батареи: $\varepsilon = 6 \text{ В}$, $r = 0,3 \text{ Ом}$. Сила, выдаваемого тока: $I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{6}{0,3+0,3} = 10 \text{ А}$ (4 балла)

$p = 3 \quad q = 2$, в этом случае характеристики батареи: $\varepsilon = 4 \text{ В}$, $r = \frac{0,4}{3} \text{ Ом}$. Сила, выдаваемого тока: $I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{4}{0,3+\frac{0,4}{3}} = 9,23 \text{ А}$ (4 балла)

$p = 6 \quad q = 1$, в этом случае характеристики батареи: $\varepsilon = 2 \text{ В}$, $r = \frac{0,2}{6} \text{ Ом}$. Сила, выдаваемого тока: $I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{2}{0,3+\frac{0,2}{6}} = 6 \text{ А}$ (4 балла)

Так что ответом будет являться 2-й вариант: $p = 2 \quad q = 3$

$$I_{\text{max}} = 10 \text{ А} \quad (4 \text{ балла})$$

Задача №5

Решение.

Оптическая сила линзы, находящейся в воздухе:

$$D_1 = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{0,5} + \frac{1}{0,25} = 6 \text{ Дптр} \quad (2 \text{ балла})$$

Оптическая сила линзы определяется выражением:

$$D_1 = \left(\frac{n_{\text{линзы}}}{n_{\text{воздуха}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (4 \text{ балла})$$

Получаем:

$$6 = \left(\frac{n_{\text{линзы}}}{1} - 1 \right) \left(\frac{1}{0,15} + \frac{1}{0,30} \right)$$

Откуда показатель преломления материала линзы: $n_{\text{линзы}} = 1,6$ (2 баллов)

В случае, когда линза попала в жидкость, её оптическая сила:

$$D_2 = -\frac{1}{F} = -1 \text{ Дптр} \quad (2 \text{ баллов})$$

И в результате получаем:

$$D_2 = \left(\frac{n_{\text{линзы}}}{n_{\text{жидкости}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (3 \text{ балла})$$

Подставляем:

$$-1 = \left(\frac{1,6}{n_{\text{жидкости}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{0,15} + \frac{1}{0,30} \right)$$

В результате: $n_{\text{жидкости}} = 1,78$ (2 балла)

Задача №6

Решение.

При радиоактивном распаде выполняется соотношение:

$$N_2 = N_1 2^{-\frac{t}{T}}. \quad (4 \text{ балла})$$

По условию:

$$N_2 = \frac{N_1}{k} \quad (1 \text{ балл})$$

В результате:

$$\frac{t}{T} = \log_2 k \quad (5 \text{ баллов})$$