

# Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по физике

для 11 класса

2024/25 учебный год

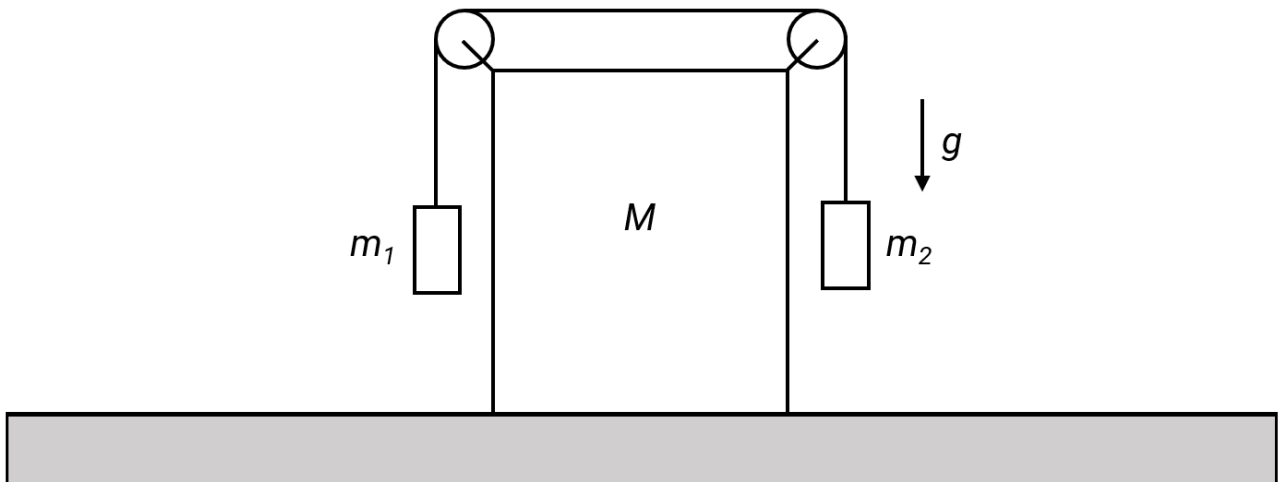
Максимальное количество баллов — 30

## Задание № 1.1

---

### Общее условие:

Тяжёлый ящик массой  $M = 20$  кг стоит на горизонтальной гладкой поверхности. Через лёгкие ролики, установленные на верхней плоскости ящика, перекинута лёгкая нерастяжимая нить, на концах которой подвешены грузы массами  $m_1 = 15$  кг и  $m_2 = 25$  кг. Трением при вращении роликов можно пренебречь. Первоначально грузы удерживают неподвижными на одной высоте  $h = 0.5$  м от горизонтальной поверхности, при этом верхний участок нити между роликами горизонтален, участки нити между грузами и роликами вертикальны, нить не провисает. Грузы освобождают, и они приходят в движение. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**Условие:**

В каком направлении начнёт двигаться ящик после освобождения грузов?

**Ответ:**

- Вправо
- Влево
- Останется на месте
- Ответ зависит от соотношения масс ящика и грузов

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Как соотносятся натяжения нити  $T_1$  на вертикальном участке слева,  $T_2$  на горизонтальном участке,  $T_3$  на вертикальном участке справа после начала движения грузов?

**Ответ:**

- $T_1 < T_2 < T_3$
- $T_1 > T_2 > T_3$
- $T_1 = T_2 = T_3 \neq 0$ .
- $T_1 = T_2 = T_3 = 0$ .

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Определите ускорение груза  $m_1$ . Ответ выразите в  $\text{м/с}^2$ , округлите до десятых.

**Ответ:** 2.5

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите натяжение нити на горизонтальном участке в процессе движения грузов. Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

**Ответ:** 187.5

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Через какое время после начала движения тяжёлый груз первый раз ударится о землю? Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

**Ответ:** 0.6

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

На какую максимальную высоту от плоскости, на которой стоит ящик, поднимется лёгкий груз после удара тяжёлого о плоскость? Можете считать, что тяжёлый груз сталкивается с плоскостью абсолютно неупруго. Ответ выразите в метрах, округлите до десятых.

**Ответ:** 1.1

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 10**

*Решение.*

По условию нить невесомая и нерастяжимая, следовательно, натяжение нити по всей её длине одинаковое. Тогда силы натяжения нити  $T_1$  на вертикальном участке слева,  $T_2$  на горизонтальном участке,  $T_3$  на вертикальном участке справа в любой момент времени одинаковы и не равны нулю (иначе оба груза просто падали бы вниз с ускорением  $g$ ). Ответ на второй вопрос задачи —  $T_1 = T_2 = T_3 \neq 0$ .

Сама нить воздействует на куб через ролики, и из соображений симметрии понятно, что это воздействие слева и справа скомпенсировано, куб остаётся неподвижным (ответ на первый вопрос задачи).

Уравнения второго закона Ньютона для движения грузов с учётом того, что их ускорения одинаковы по модулю:

$$m_1 a = T - m_1 g$$

$$m_2 a = m_2 g - T$$

Отсюда

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g = 2.5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

$$T = \frac{2m_1 m_2 g}{m_2 + m_1} = 187.5 \text{ Н}$$

Это ответы на третий и четвёртый вопросы.

Время движения тяжёлого груза до момента его удара об пол (пятый вопрос)

определим из уравнения  $h = \frac{at^2}{2}$ . Отсюда  $t = \sqrt{\frac{2h}{a}} \approx 0.6 \text{ с}$ .

Скорости грузов в момент удара тяжёлого груза об пол равны  $v = \sqrt{2ah}$ . Далее движение лёгкого груза происходит без воздействия нити, то есть он движется вверх с высоты  $2h$  равнозамедленно с ускорением  $g$  и начальной скоростью  $v = \sqrt{2ah}$ . От высоты  $2h$  он поднимется на  $\Delta h = \frac{v^2}{2g} = \frac{a}{g}h = 12.5$  см.

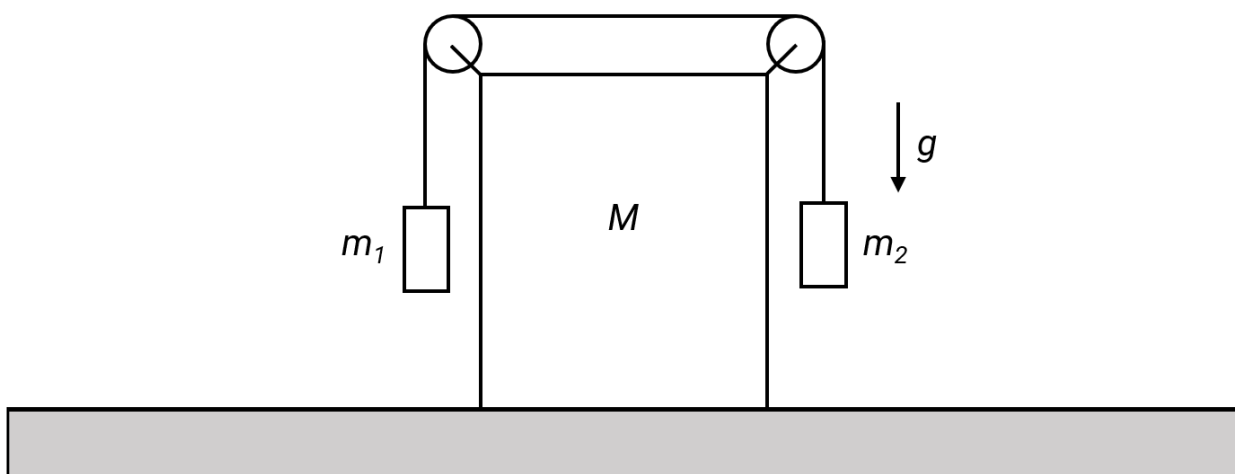
В результате общая высота подъёма лёгкого груза составит  $2h + \Delta h = 112.5$  см  $\approx 1.1$  м.

## Задание № 1.2

---

### Общее условие:

Тяжёлый ящик массой  $M = 10$  кг стоит на горизонтальной гладкой поверхности. Через лёгкие ролики, установленные на верхней плоскости ящика, перекинута лёгкая нерастяжимая нить, на концах которой подвешены грузы массами  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 3$  кг. Трением при вращении роликов можно пренебречь. Первоначально грузы удерживают неподвижными на одной высоте  $h = 0.25$  м от горизонтальной поверхности, при этом верхний участок нити между роликами горизонтален, участки нити между грузами и роликами вертикальны, нить не провисает. Грузы освобождают, и они приходят в движение. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



### Условие:

В каком направлении начнёт двигаться ящик после освобождения грузов?

### Ответ:

- Вправо
- Влево

- ✓ Останется на месте
- Ответ зависит от соотношения масс ящика и грузов

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Как соотносятся натяжения нити  $T_1$  на вертикальном участке слева,  $T_2$  на горизонтальном участке,  $T_3$  на вертикальном участке справа после начала движения грузов?

**Ответ:**

- $T_1 < T_2 < T_3$
- $T_1 > T_2 > T_3$
- ✓  $T_1 = T_2 = T_3 \neq 0$ .
- $T_1 = T_2 = T_3 = 0$ .

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Определите ускорение груза  $m_1$ . Ответ выразите в  $\text{м/с}^2$ , округлите до целых.

**Ответ: 2**

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите натяжение нити на горизонтальном участке в процессе движения грузов. Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

**Ответ:** 24

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Через какое время после начала движения тяжёлый груз первый раз ударится о землю? Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

**Ответ:** 0.5

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

На какую максимальную высоту от плоскости, на которой стоит ящик, поднимется лёгкий груз после удара тяжёлого о плоскость? Можете считать, что тяжёлый груз сталкивается с плоскостью абсолютно неупруго. Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

**Ответ:** 55

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 10**

*Решение по аналогии с заданием 1.1*

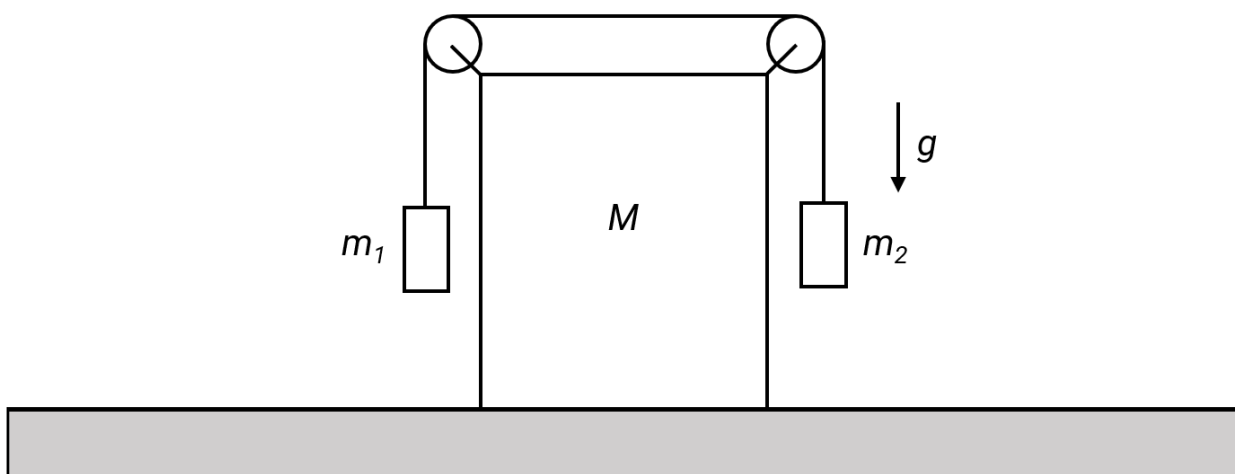


### Задание № 1.3

---

#### Общее условие:

Тяжёлый ящик массой  $M = 15$  кг стоит на горизонтальной гладкой поверхности. Через лёгкие ролики, установленные на верхней плоскости ящика, перекинута лёгкая нерастяжимая нить, на концах которой подвешены грузы массами  $m_1 = 3$  кг и  $m_2 = 7$  кг. Трением при вращении роликов можно пренебречь. Первоначально грузы удерживают неподвижными на одной высоте  $h = 0.5$  м от горизонтальной поверхности, при этом верхний участок нити между роликами горизонтален, участки нити между грузами и роликами вертикальны, нить не провисает. Грузы освобождают, и они приходят в движение. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



#### Условие:

В каком направлении начнёт двигаться ящик после освобождения грузов?

#### Ответ:

- Вправо
- Влево

- ✓ Останется на месте
- Ответ зависит от соотношения масс ящика и грузов

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Как соотносятся натяжения нити  $T_1$  на вертикальном участке слева,  $T_2$  на горизонтальном участке,  $T_3$  на вертикальном участке справа после начала движения грузов?

**Ответ:**

- $T_1 < T_2 < T_3$
- $T_1 > T_2 > T_3$
- ✓  $T_1 = T_2 = T_3 \neq 0$ .
- $T_1 = T_2 = T_3 = 0$ .

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Определите ускорение груза  $m_1$ . Ответ выразите в  $\text{м/с}^2$ , округлите до целых.

**Ответ:** 4

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите натяжение нити на горизонтальном участке в процессе движения грузов. Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

**Ответ:** 42

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Через какое время после начала движения тяжёлый груз первый раз ударится о землю? Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

**Ответ:** 0.5

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

На какую максимальную высоту от плоскости, на которой стоит ящик, поднимется лёгкий груз после удара тяжёлого о плоскость? Можете считать, что тяжёлый груз сталкивается с плоскостью абсолютно неупруго. Ответ выразите в метрах, округлите до десятых.

**Ответ:** 1.2

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 10**

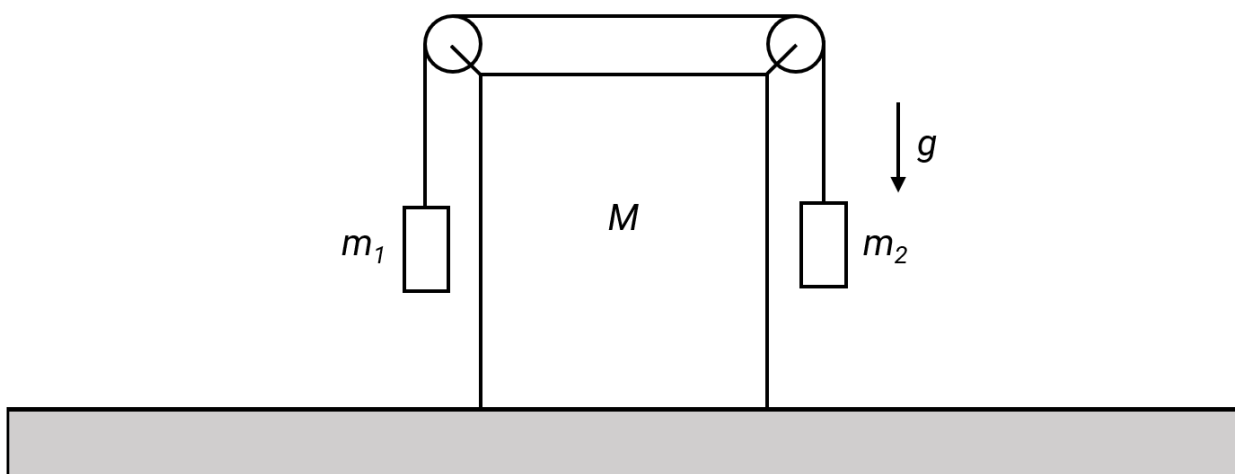
*Решение по аналогии с заданием 1.1*

### Задание № 1.4

---

#### Общее условие:

Тяжёлый ящик массой  $M = 12$  кг стоит на горизонтальной гладкой поверхности. Через лёгкие ролики, установленные на верхней плоскости ящика, перекинута лёгкая нерастяжимая нить, на концах которой подвешены грузы массами  $m_1 = 7$  кг и  $m_2 = 13$  кг. Трением при вращении роликов можно пренебречь. Первоначально грузы удерживают неподвижными на одной высоте  $h = 0.54$  м от горизонтальной поверхности, при этом верхний участок нити между роликами горизонтален, участки нити между грузами и роликами вертикальны, нить не провисает. Грузы освобождают, и они приходят в движение. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



#### Условие:

В каком направлении начнёт двигаться ящик после освобождения грузов?

#### Ответ:

- Вправо
- Влево

- ✓ Останется на месте
- Ответ зависит от соотношения масс ящика и грузов

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Как соотносятся натяжения нити  $T_1$  на вертикальном участке слева,  $T_2$  на горизонтальном участке,  $T_3$  на вертикальном участке справа после начала движения грузов?

**Ответ:**

- $T_1 < T_2 < T_3$
- $T_1 > T_2 > T_3$
- ✓  $T_1 = T_2 = T_3 \neq 0$ .
- $T_1 = T_2 = T_3 = 0$ .

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Определите ускорение груза  $m_1$ . Ответ выразите в  $\text{м/с}^2$ , округлите до целых.

**Ответ:** 3

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите натяжение нити на горизонтальном участке в процессе движения грузов. Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

**Ответ:** 91

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Через какое время после начала движения тяжёлый груз первый раз ударится о землю? Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

**Ответ:** 0.6

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

На какую максимальную высоту от плоскости, на которой стоит ящик, поднимется лёгкий груз после удара тяжёлого о плоскость? Можете считать, что тяжёлый груз сталкивается с плоскостью абсолютно неупруго. Ответ выразите в метрах, округлите до десятых.

**Ответ:** 1.2

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 10**

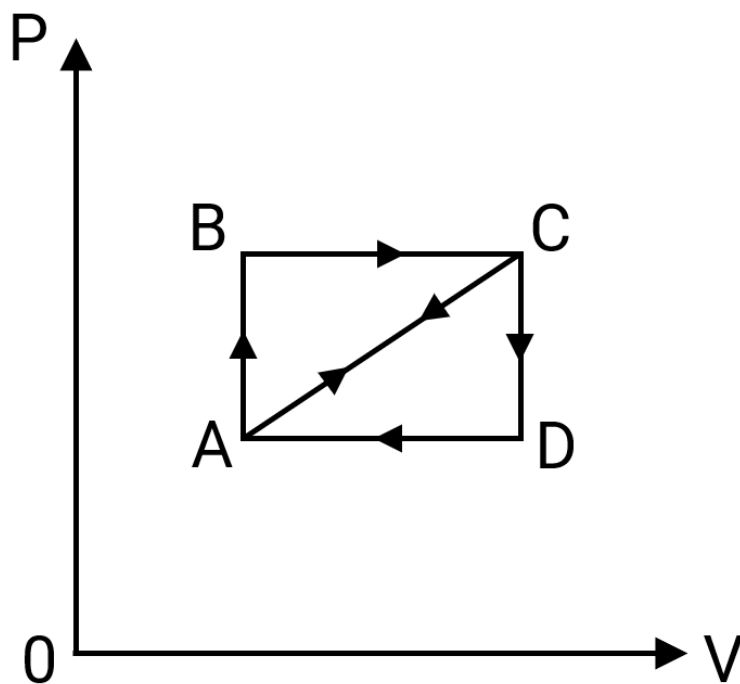
*Решение по аналогии с заданием 1.1*

## Задание № 2.1

---

### Общее условие:

Циклы двух тепловых машин, рабочим телом которых является одноатомный идеальный газ, в  $PV$ -координатах представляют собой два прямоугольных треугольника ( $ABC$  и  $ACD$ ) с общей гипотенузой  $AC$ , катеты которых параллельны координатным осям (см. рисунок).



Работа машины  $ACD$  за цикл  $A_2 = 200$  Дж, а её КПД  $\eta_2 = 20\%$ .

### Условие:

Сравните КПД машин  $ABC$  ( $\eta_1$ ) и  $ACD$  ( $\eta_2$ ) друг с другом.

### Ответ:

- $\eta_1 = \eta_2$
- $\eta_1 < \eta_2$

- $\eta_1 > \eta_2$
- Данных недостаточно для однозначного ответа

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

На каких участках циклов машины ABC тепло подводится, а на каких — отводится?

**Ответ:**

AB	Подводится
BC	Подводится
CA	Отводится

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

На каких участках циклов машины ACD тепло подводится, а на каких — отводится?

**Ответ:**

AC	Подводится
CD	Отводится
DA	Отводится

**Точное совпадение ответа — 1 балл**



**Условие:**

Определите количество теплоты, отведённое за цикл, для машины АСD.  
Ответ выразите в джоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 800

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите количество теплоты, отведённое за цикл, для машины АВС.  
Ответ выразите в джоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 1000

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите КПД машины АВС. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Ответ:** 17

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 10**

*Решение.*

Работа за один цикл равна площади цикла и одинакова для обеих машин. Следовательно, КПД больше у той машины, для которой за цикл подводится меньшее количество теплоты. Для машины ABC тепло подводится на участках AB и BC, для машины ACD — на участке AC. Суммарное количество теплоты, подведённой на AB и BC, больше количества теплоты, подведённой на AC, на столько же, на сколько работа на участке ABC больше, чем на участке AC, так как изменения внутренней энергии при переходе из A в C одинаковые. Поэтому КПД машины ACD больше (ответ на первый вопрос).

Количество теплоты  $Q$ , поступающей к рабочему телу на любом участке цикла, по первому началу термодинамики определяется выражением

$$Q = \Delta U + A,$$

где  $\Delta U$  — изменение внутренней энергии,  $A$  — работа на этом участке. Значение внутренней энергии идеального одноатомного газа определяется выражением  $U = \frac{3}{2}PV$ . Для цикла ABC на участках AB и BC значение  $PV$  увеличивается, а значит,  $\Delta U$  положительно. На участке AB работа равна нулю (объём не меняется!), на участке BC работа положительна, так как объём увеличивается. Следовательно, на участках AB и BC тепло подводится. На участке CA  $\Delta U$ , и  $A$  отрицательны, тепло на AC отводится (ответ на второй вопрос задачи).

Для цикла ACD на участке AC тепло подводится (отрезок AC проходит в направлении, противоположном направлению в цикле ABC). На участке CD  $\Delta U$  отрицательно, работа на этом участке равна нулю. Значит, на этом участке тепло отводится. Для участка DA  $\Delta U$  и  $A$  отрицательны, тепло отводится (ответ на третий вопрос задачи).

Для ответа на четвёртый вопрос проще всего определить сначала количество подведённой в цикле АСD теплоты  $Q_{AC}$ . Из формулы для КПД  $\eta_2 = \frac{A_2}{Q_{AC}}$  получаем  $Q_{AC} = \frac{A_2}{\eta_2} = 1000$  Дж.

При этом работа в цикле равна разности количеств подведённой и отведённой теплоты  $A_2 = Q_{AC} - Q_{CDA}$ , откуда  $Q_{CDA} = Q_{AC} - A_2 = 800$  Дж (ответ на четвёртый вопрос).

Количество теплоты, отведённой от машины АВС, равно по модулю посчитанному выше количеству теплоты  $Q_{AC} = \frac{A_2}{\eta_2} = 1000$  Дж (ответ на пятый вопрос задачи).

Для определения КПД машины АВС необходимо знать количество теплоты, подведённой к этой машине на участке АВС  $Q_{ABC}$ . Но эта величина больше  $Q_{AC}$  на величину работы  $A_1$ , которая равна  $A_2$ , то есть 200 Дж. Тогда  $Q_{ABC} = Q_{AC} + A_2 = 1200$  Дж. КПД машины АВС:

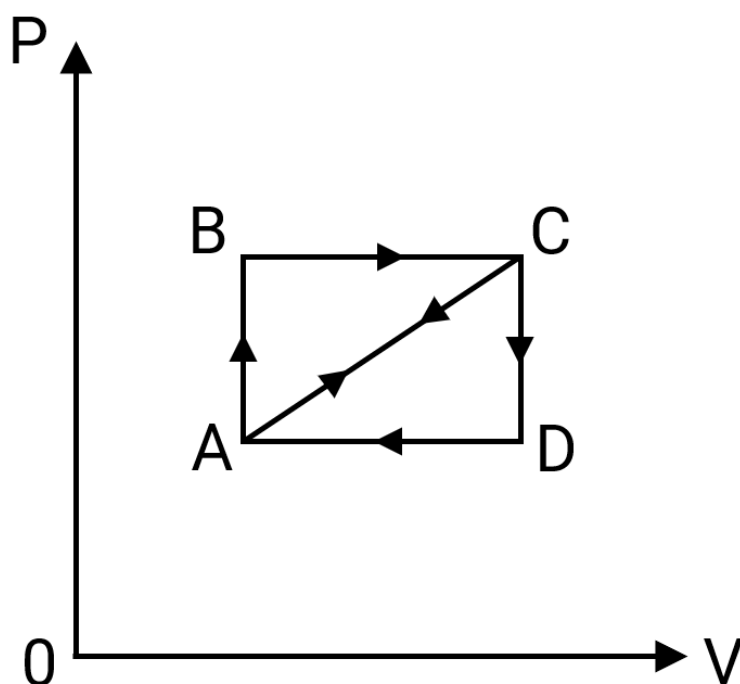
$$\eta_1 = \frac{A_2}{Q_{ABC}} \approx 0.167 \approx 17\%.$$

## Задание № 2.2

---

### Общее условие:

Циклы двух тепловых машин, рабочим телом которых является одноатомный идеальный газ, в  $PV$ -координатах представляют собой два прямоугольных треугольника ( $ABC$  и  $ACD$ ) с общей гипотенузой  $AC$ , катеты которых параллельны координатным осям (см. рисунок).



Работа машины  $ACD$  за цикл  $A_2 = 240$  Дж, а её КПД  $\eta_2 = 12\%$ .

### Условие:

Сравните КПД машин  $ABC$  ( $\eta_1$ ) и  $ACD$  ( $\eta_2$ ) друг с другом.

### Ответ:

- $\eta_1 = \eta_2$
- $\eta_1 < \eta_2$

- $\eta_1 > \eta_2$
- Данных недостаточно для однозначного ответа

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

На каких участках циклов машины ABC тепло подводится, а на каких — отводится?

**Ответ:**

AB	Подводится
BC	Подводится
CA	Отводится

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

На каких участках циклов машины ACD тепло подводится, а на каких — отводится?

**Ответ:**

AC	Подводится
CD	Отводится
DA	Отводится

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Определите количество теплоты, отведённое за цикл, для машины АСD. Ответ выразите в джоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 1760

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите количество теплоты, отведённое за цикл, для машины АВС. Ответ выразите в джоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 2000

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите КПД машины АВС. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Ответ:** 11

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

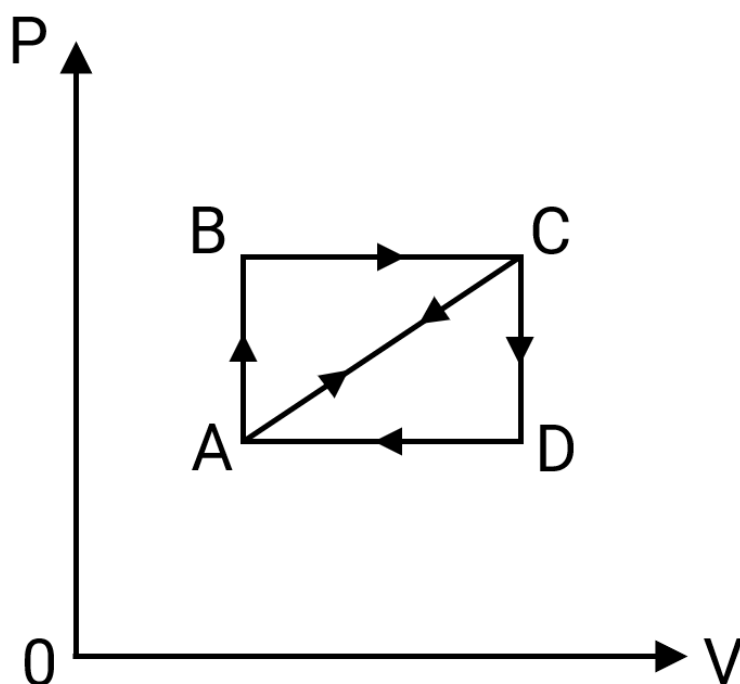
**Максимальный балл за задание — 10**

*Решение по аналогии с заданием 2.1*

### Задание № 2.3

#### Общее условие:

Циклы двух тепловых машин, рабочим телом которых является одноатомный идеальный газ, в  $PV$ -координатах представляют собой два прямоугольных треугольника ( $ABC$  и  $ACD$ ) с общей гипотенузой  $AC$ , катеты которых параллельны координатным осям (см. рисунок).



Работа машины  $ACD$  за цикл  $A_2 = 240$  Дж, а её КПД  $\eta_2 = 8\%$ .

#### Условие:

Сравните КПД машин  $ABC$  ( $\eta_1$ ) и  $ACD$  ( $\eta_2$ ) друг с другом.

#### Ответ:

- $\eta_1 = \eta_2$
- $\eta_1 < \eta_2$

- $\eta_1 > \eta_2$
- Данных недостаточно для однозначного ответа

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

На каких участках циклов машины ABC тепло подводится, а на каких — отводится?

**Ответ:**

AB	Подводится
BC	Подводится
CA	Отводится

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

На каких участках циклов машины ACD тепло подводится, а на каких — отводится?

**Ответ:**

AC	Подводится
CD	Отводится
DA	Отводится

**Точное совпадение ответа — 1 балл**



**Условие:**

Определите количество теплоты, отведённое за цикл, для машины АСД.  
Ответ выразите в джоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 2760

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите количество теплоты, отведённое за цикл, для машины АВС.  
Ответ выразите в джоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 3000

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите КПД машины АВС. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Ответ:** 7

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

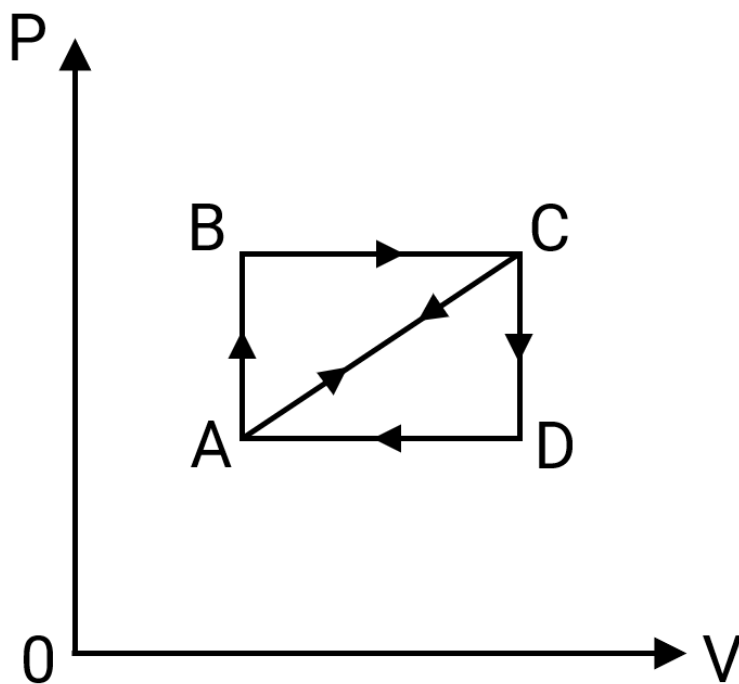
**Максимальный балл за задание — 10**

*Решение по аналогии с заданием 2.1*

## Задание № 2.4

### Общее условие:

Циклы двух тепловых машин, рабочим телом которых является одноатомный идеальный газ, в  $PV$ -координатах представляют собой два прямоугольных треугольника ( $ABC$  и  $ACD$ ) с общей гипотенузой  $AC$ , катеты которых параллельны координатным осям (см. рисунок).



Работа машины  $ACD$  за цикл  $A_2 = 75$  Дж, а её КПД  $\eta_2 = 15\%$ .

### Условие:

Сравните КПД машин  $ABC$  ( $\eta_1$ ) и  $ACD$  ( $\eta_2$ ) друг с другом.

### Ответ:

- $\eta_1 = \eta_2$
- $\eta_1 < \eta_2$

- $\eta_1 > \eta_2$
- Данных недостаточно для однозначного ответа

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

На каких участках циклов машины ABC тепло подводится, а на каких — отводится?

**Ответ:**

AB	Подводится
BC	Подводится
CA	Отводится

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

На каких участках циклов машины ACD тепло подводится, а на каких — отводится?

**Ответ:**

AC	Подводится
CD	Отводится
DA	Отводится

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Определите количество теплоты, отведённое за цикл, для машины АСD. Ответ выразите в джоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 425

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите количество теплоты, отведённое за цикл, для машины АВС. Ответ выразите в джоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 500

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите КПД машины АВС. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Ответ:** 13

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 10**

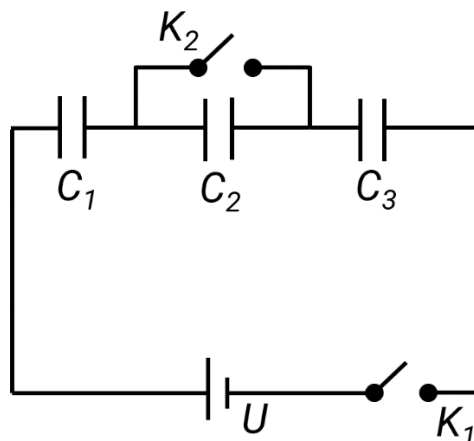
*Решение по аналогии с заданием 2.1*

### Задание № 3.1

---

#### Общее условие:

В схеме на рисунке напряжение источника  $U = 24$  В, ёмкости конденсаторов  $C_1 = 15$  мкФ,  $C_2 = 6$  мкФ,  $C_3 = 10$  мкФ. Сначала ключи разомкнуты, конденсаторы не заряжены. Ключ  $K_1$  замыкают.



#### Условие:

Определите заряд, прошедший через ключ  $K_1$  за время от момента его замыкания до момента установления напряжений на конденсаторах. Ответ выразите в микрокулонах, округлите до целых.

**Ответ:** 72

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

#### Условие:

Определите энергию системы конденсаторов после установления напряжений на конденсаторах. Ответ выразите в микроджоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 864

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Ключ  $K_1$  остаётся замкнутым. Теперь замыкают ключ  $K_2$ . Что произойдёт с напряжением на каждом из конденсаторов?

**Ответ:**

Напряжение на конденсаторе $C_1$	Увеличится
Напряжение на конденсаторе $C_2$	Уменьшится
Напряжение на конденсаторе $C_3$	Увеличится

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Какой заряд пройдёт через ключ  $K_1$  после замыкания ключа  $K_2$ ?  
Ответ выразите в микрокулонах, округлите до целых.

**Ответ:** 72

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Какой заряд пройдёт через ключ  $K_2$  после его замыкания? Ответ выразите в микрокулонах, округлите до целых.

**Ответ:** 144

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 10**

*Решение.*

В исходной схеме три последовательно соединённых конденсатора имеют эквивалентную ёмкость  $C$ , которая определяется выражением:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Подставляя численные значения, получаем  $C = 3$  мкФ. Заряд на каждом конденсаторе такой цепочки после замыкания ключа  $K_1$  равен  $q = CU = 72$  мкКл. Точно такой же заряд и проходит через ключ  $K_1$  (ответ на первый вопрос задачи).

Энергия системы трёх конденсаторов при этом составляет  $W = \frac{CU^2}{2} = 864$  мкДж (ответ на второй вопрос).

После замыкания ключа  $K_2$  новая ёмкость цепочки из конденсаторов  $C'$  определяется выражением:

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_3}$$

и  $C' = 6$  мкФ. Заряды конденсаторов  $C_1$  и  $C_3$  одинаковы и равны заряду всей цепочки  $q' = C'U = 144$  мкКл, напряжение на каждом из этих конденсаторов увеличится. Конденсатор  $C_2$  разрядится, и его заряд будет равен нулю. Таким образом, ответ на третий вопрос задачи выглядит так: напряжение на конденсаторе  $C_1$  увеличится, напряжение на конденсаторе  $C_2$  уменьшится, напряжение на конденсаторе  $C_3$  увеличится. Через ключ  $K_1$  после замыкания

$K_2$  дополнительно пройдёт заряд  $\Delta q_1 = q' - q = 72$  мкКл (четвёртый вопрос задачи).

Для ответа на пятый вопрос проследим за изменением заряда на пластинах конденсаторов  $C_2$  и  $C_3$ , соединённых друг с другом. До замыкания  $K_2$  их суммарный заряд был равен нулю, после замыкания он равен 144 мкКл (это заряд пластины конденсатора  $C_3$ , а заряд  $C_2$  теперь равен нулю). Дополнительный заряд на этих пластинах может возникнуть, только пройдя через ключ  $K_2$ . Таким образом, через этот ключ после его замыкания проходит заряд 144 мкКл.

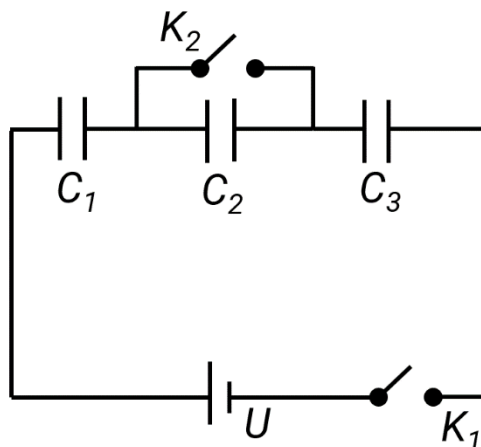


### Задание № 3.2

---

#### Общее условие:

В схеме на рисунке напряжение источника  $U = 30$  В, ёмкости конденсаторов  $C_1 = 12$  мкФ,  $C_2 = 6$  мкФ,  $C_3 = 4$  мкФ. Сначала ключи разомкнуты, конденсаторы не заряжены. Ключ  $K_1$  замыкают.



#### Условие:

Определите заряд, прошедший через ключ  $K_1$  за время от момента его замыкания до момента установления напряжений на конденсаторах. Ответ выразите в микрокулонах, округлите до целых.

Ответ: 60

Точное совпадение ответа — 2 балла

#### Условие:

Определите энергию системы конденсаторов после установления напряжений на конденсаторах. Ответ выразите в микроджоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 900

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Ключ  $K_1$  остаётся замкнутым. Теперь замыкают ключ  $K_2$ . Что произойдёт с напряжением на каждом из конденсаторов?

**Ответ:**

Напряжение на конденсаторе $C_1$	Увеличится
Напряжение на конденсаторе $C_2$	Уменьшится
Напряжение на конденсаторе $C_3$	Увеличится

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Какой заряд пройдёт через ключ  $K_1$  после замыкания ключа  $K_2$ ?  
Ответ выразите в микрокулонах, округлите до целых.

**Ответ:** 30

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Какой заряд пройдёт через ключ  $K_2$  после его замыкания? Ответ выразите в микрокулонах, округлите до целых.

**Ответ: 90**

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 10**

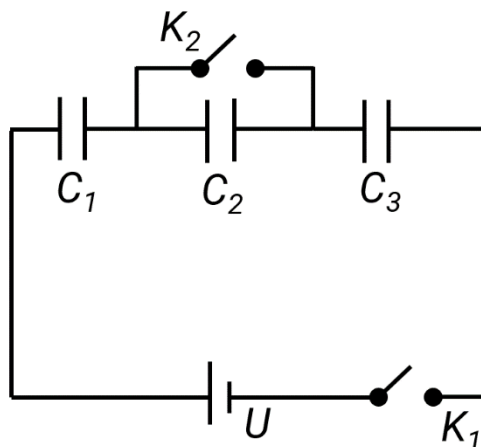
*Решение по аналогии с заданием 3.1*

### Задание № 3.3

---

#### Общее условие:

В схеме на рисунке напряжение источника  $U = 40$  В, ёмкости конденсаторов  $C_1 = 10$  мкФ,  $C_2 = 15$  мкФ,  $C_3 = 6$  мкФ. Сначала ключи разомкнуты, конденсаторы не заряжены. Ключ  $K_1$  замыкают.



#### Условие:

Определите заряд, прошедший через ключ  $K_1$  за время от момента его замыкания до момента установления напряжений на конденсаторах. Ответ выразите в микрокулонах, округлите до целых.

**Ответ:** 120

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

#### Условие:

Определите энергию системы конденсаторов после установления напряжений на конденсаторах. Ответ выразите в микроджоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 2400

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Ключ  $K_1$  остаётся замкнутым. Теперь замыкают ключ  $K_2$ . Что произойдёт с напряжением на каждом из конденсаторов?

**Ответ:**

Напряжение на конденсаторе $C_1$	Увеличится
Напряжение на конденсаторе $C_2$	Уменьшится
Напряжение на конденсаторе $C_3$	Увеличится

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Какой заряд пройдёт через ключ  $K_1$  после замыкания ключа  $K_2$ ?  
Ответ выразите в микрокулонах, округлите до целых.

**Ответ:** 30

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Какой заряд пройдёт через ключ  $K_2$  после его замыкания? Ответ выразите в микрокулонах, округлите до целых.

**Ответ:** 150

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 10**

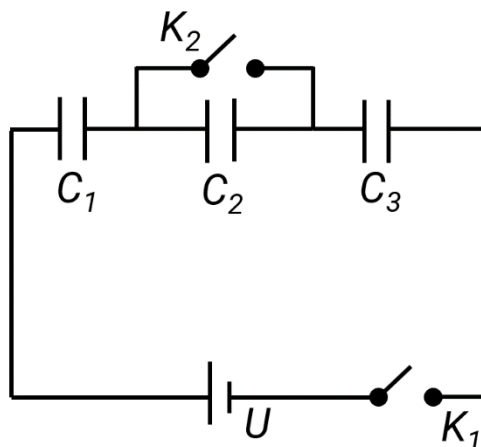
*Решение по аналогии с заданием 3.1*

### Задание № 3.4

---

#### Общее условие:

В схеме на рисунке напряжение источника  $U = 50$  В, ёмкости конденсаторов  $C_1 = C_2 = 12$  мкФ,  $C_3 = 6$  мкФ. Сначала ключи разомкнуты, конденсаторы не заряжены. Ключ  $K_1$  замыкают.



#### Условие:

Определите заряд, прошедший через ключ  $K_1$  за время от момента его замыкания до момента установления напряжений на конденсаторах. Ответ выразите в микрокулонах, округлите до целых.

**Ответ:** 150

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

#### Условие:

Определите энергию системы конденсаторов после установления напряжений на конденсаторах. Ответ выразите в микроджоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 3750

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Ключ  $K_1$  остаётся замкнутым. Теперь замыкают ключ  $K_2$ . Что произойдёт с напряжением на каждом из конденсаторов?

**Ответ:**

Напряжение на конденсаторе $C_1$	Увеличится
Напряжение на конденсаторе $C_2$	Уменьшится
Напряжение на конденсаторе $C_3$	Увеличится

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Какой заряд пройдёт через ключ  $K_1$  после замыкания ключа  $K_2$ ?  
Ответ выразите в микрокулонах, округлите до целых.

**Ответ:** 50

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Какой заряд пройдёт через ключ  $K_2$  после его замыкания? Ответ выразите в микрокулонах, округлите до целых.



**Ответ:** 200

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 10**

*Решение по аналогии с заданием 3.1*