

# Московская предпрофессиональная олимпиада школьников. Физика. 10 класс. Теоретический тур отборочного этапа, 2023/24

1 ноя 2023 г., 10:00 — 20 ноя 2023 г., 23:59

## № 1, вариант 1

---

5 баллов

Водолазы поместили прибор на плоскую подводную платформу. В процессе работы выяснилось, что платформа немного наклонена, но прибор покоится на ней не соскальзывая. Укажите какие из перечисленных сил действуют на прибор. Выберите все верные варианты.

Сила трения

Сила тяжести

Сила Архимеда

Вес

Сила реакции опоры

### № 1, вариант 2

5 баллов

Робот для подводных работ находится на дне моря на подводной платформе. В процессе работы выяснилось, что платформа немного наклонена, но робот покоится на ней не соскальзывая. Укажите какие из перечисленных сил действуют на робота. Выберите все верные варианты.

Вес

Сила тяжести

Сила Архимеда

Сила трения

Сила реакции опоры

### № 2, вариант 1

5 баллов

Установите соответствие между физическими величинами и единицами их измерения.

Дж/кг

Дж

Дж/(кг·К)

Паскаль

Кулон

Работа

Удельная теплоёмкость

Удельная теплота сгорания

Электрический заряд

Давление



№ 2, вариант 2

5 баллов

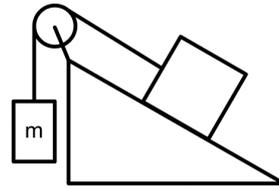
Установите соответствие между физическими величинами и единицами их измерения.

Градус Цельсия	●	●	Сила тока
Ом	●	●	Сила
Ампер	●	●	Сопротивление
Вольт	●	●	Напряжение
Ньютон	●	●	Температура

### № 3, вариант 1

10 баллов

Школьники для экспериментов построили систему, показанную на рисунке. Используя нить, они связали брусок массой  $m = 1$  кг и кубик. Брусок висит на нити, переброшенной через блок, а кубик находится на наклонной плоскости закреплённого клина. В некоторый момент времени было установлено, что скорость бруска направлена вертикально и равна  $v = 50$  см/с. Через  $t = 1$  с система остановилась, причём ни одно из тел не достигло блока. К сожалению, юные экспериментаторы не записали, куда была направлена скорость бруска, вверх или вниз. Ускорение свободного падения принять равным  $10$  м/с<sup>2</sup>.



Найдите силу натяжения нити, считая, что начальная скорость бруска была направлена вертикально вверх.

5 Н

9,5 Н

10 Н

10,5 Н

15 Н

Найдите силу натяжения нити, считая, что начальная скорость бруска была направлена вертикально вниз.

5 Н

9,5 Н

10 Н

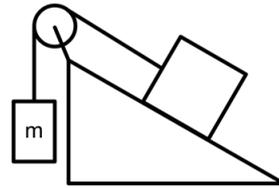
10,5 Н

15 Н

### № 3, вариант 2

10 баллов

Школьники для экспериментов построили систему, показанную на рисунке. Используя нить, они связали брусок массой  $m = 2$  кг и кубик. Брусок висит на нити, переброшенной через блок, а кубик находится на наклонной плоскости закреплённого клина. В некоторый момент времени было установлено, что скорость бруска направлена вертикально и равна  $v = 80$  см/с. Через  $t = 1$  с система остановилась, причём ни одно из тел не достигло блока. К сожалению, юные экспериментаторы не записали, куда была направлена скорость бруска, вверх или вниз. Ускорение свободного падения принять равным  $10$  м/с<sup>2</sup>.



Найдите силу натяжения нити, считая, что начальная скорость бруска была направлена вертикально вверх.

2 Н

18 Н

18,4 Н

20 Н

21,6 Н

Найдите силу натяжения нити, считая, что начальная скорость бруска была направлена вертикально вниз.

2 Н

18 Н

18,4 Н

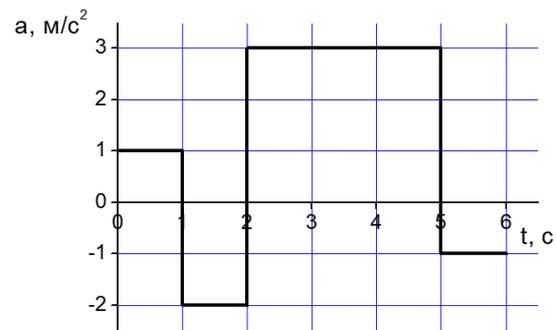
20 Н

21,6 Н

#### № 4, вариант 1

10 баллов

Робот, собирающий заказы на складе, может двигаться вдоль прямой  $Ox$ . В начальный момент  $t = 0$  он покоится в начале координат. Ниже приведён график проекции на ось  $Ox$  ускорения робота в зависимости от времени.



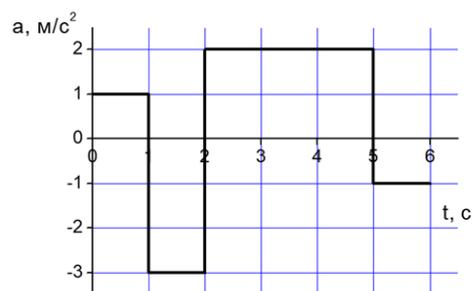
Найдите координату конечной точки движения робота при  $t = 6$  с.

18.5

#### № 4, вариант 2

10 баллов

Робот, собирающий заказы на складе, может двигаться вдоль прямой  $Ox$ . В начальный момент  $t = 0$  он покоится в начале координат. Ниже приведён график проекции на ось  $Ox$  ускорения робота в зависимости от времени.



Найдите координату конечной точки движения робота при  $t = 6$  с.

6.5

## № 5, вариант 1

35 баллов

Егор нашёл в лаборатории диоды. Диоды – это полупроводниковые приборы, у которых зависимость протекающего через них тока от напряжения может иметь несимметричный вид. Вольтамперная характеристика диодов Егора показана на рисунке 1. Положительным считается ток, который протекает по направлению стрелки в обозначении диода на схеме.

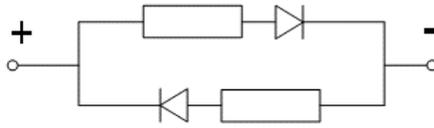


Рисунок 1

Используя два диода и два резистора с сопротивлением 2 кОм каждый, Егор собрал схему, показанную на рисунке 2, и подсоединил её к источнику питания с напряжением 4 В.

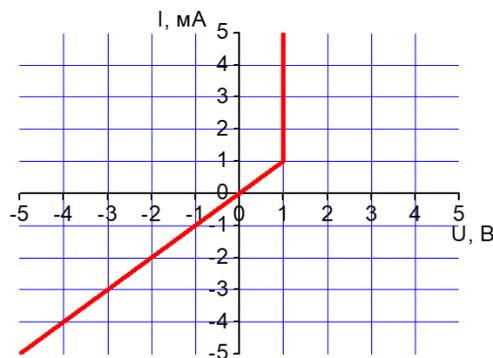


Рисунок 2

Найдите ток, протекающий через верхний по схеме резистор. Ответ приведите в мА. Ответ округлите до десятых.

1.5

Найдите ток, протекающий через нижний по схеме резистор. Ответ приведите в мА. Ответ округлите до десятых.

1.3

Найдите сколько тепла выделится в такой схеме за 1 минуту работы. Ответ приведите в Дж. Ответ округлите до десятых.

0.7

## № 5, вариант 2

35 баллов

Егор нашёл в лаборатории диоды. Диоды – это полупроводниковые приборы, у которых зависимость протекающего через них тока от напряжения может иметь несимметричный вид. Вольтамперная характеристика диодов Егора показана на рисунке 1. Положительным считается ток, который протекает по направлению стрелки в обозначении диода на схеме.

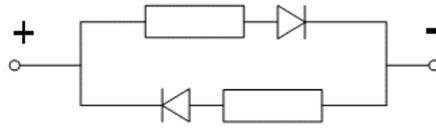


Рисунок 1

Используя два диода и два резистора с сопротивлением 1 кОм каждый, Егор собрал схему, показанную на рисунке 2, и подсоединил её к источнику питания с напряжением 5 В.

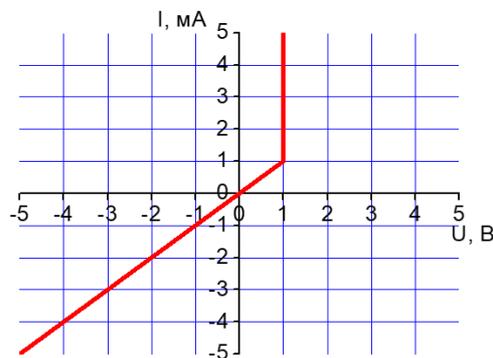


Рисунок 2

Найдите ток, протекающий через верхний по схеме резистор. Ответ приведите в мА. Ответ округлите до десятых.

4

Найдите ток, протекающий через нижний по схеме резистор. Ответ приведите в мА. Ответ округлите до десятых.

2.5

Найдите сколько тепла выделится в такой схеме за 1 минуту работы. Ответ приведите в Дж. Ответ округлите до десятых.

2

## № 6, вариант 1

---

35 баллов

Исследуя искровой разряд, возникающий между двумя близкорасположенными электродами при большом напряжении, студенты решили создать его увеличенное изображение на экране при помощи линзы. Экран закреплён на стене, а электроды и линзу можно перемещать.

С помощью собирающей тонкой линзы на экране получено изображение разряда, увеличенное в 2 раза. Расстояние между линзой и экраном равно 3 метра. Найти фокусное расстояние линзы. Ответ выразите в метрах и округлите до десятых.

1

Эту же линзу и электроды передвинули так, чтобы изображение, полученное на экране, было увеличенным в 5 раз. На какое расстояние пришлось передвинуть электроды? Ответ выразите в метрах и округлите до десятых.

2.7

При помощи той же линзы получено изображение разряда равное ему по размеру. Во сколько раз расстояние между электродами и экраном в этом случае меньше, чем в случае, когда увеличение было двукратным? Ответ округлите до десятых.

1.1

## № 6, вариант 2

---

35 баллов

Исследуя искровой разряд, возникающий между двумя близкорасположенными электродами при большом напряжении, студенты решили создать его увеличенное изображение на экране при помощи линзы. Экран закреплён на стене, а электроды и линзу можно перемещать.

С помощью собирающей тонкой линзы на экране получено изображение разряда, увеличенное в 3 раза. Расстояние между линзой и экраном равно 3 метра. Найти фокусное расстояние линзы. Ответ выразите в метрах и округлите до десятых.

0.8

Эту же линзу и электроды передвинули так, чтобы изображение, полученное на экране, было увеличенным в 6 раз. На какое расстояние пришлось передвинуть электроды? Ответ выразите в метрах и округлите до десятых.

2.1

При помощи той же линзы получено изображение разряда равное ему по размеру. Во сколько раз расстояние между разрядом и экраном в этом случае меньше чем в случае, когда увеличение было трёхкратным? Ответ округлите до десятых.

1.3

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП  
10 КЛАСС**

---

**Задание 1.1**

Из ответов нужно исключить вес – это сила, которая действует на опору. Все остальные силы будут действовать на прибор.

Ответ: Сила трения, Сила тяжести, Сила Архимеда, Сила реакции опоры

**Задание 1.2**

Из ответов нужно исключить вес – это сила, которая действует на опору. Все остальные силы будут действовать на прибор.

Ответ: Сила трения, Сила тяжести, Сила Архимеда, Сила реакции опоры

**Задание 2.1**

Дж/кг - Удельная теплота сгорания

Дж - Работа

Дж/(кг·К) - Удельная теплоемкость

Паскаль - Давление

Кулон - Электрический заряд

**Задание 2.2**

Градус Цельсия - Температура

Ом - Сопротивление

Ампер - Сила тока

Вольт - Напряжение

Ньютон - Сила

**Задание 3.1**

Рассмотрим силы, приложенные к бруску:  $\vec{F}_{\text{равн}} = m\vec{g} + \vec{T}$ . Согласно второму закону Ньютона:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{равн}}}{m}, \quad m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}, \quad \vec{T} = m(\vec{a} - \vec{g}), \quad \text{где } \vec{a} = \frac{0 - \vec{v}}{t} = -\frac{\vec{v}}{t}.$$

Расположим ось  $Oy$  параллельно движению бруска, направим ее вверх:  $T = m(a_y + g)$ .

Ускорение противоположно начальной скорости (торможение).

Если начальная скорость направлена вверх (по направлению  $Oy$ ), то  $a_y = -v/t, T = m(g - a/t)$ .

Если начальная скорость направлена вниз (против направления  $Oy$ ), то  $a_y = v/t, T = m(g + a/t)$ .

$m = 1 \text{ кг}, v = 50 \text{ см/с} = 0,5 \text{ м/с}, t = 1 \text{ с}, g = 10 \text{ м/с}^2$ : 1)  $T = 9,5$  и 2)  $10,5 \text{ Н}$ ;

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП  
10 КЛАСС**

Ответ 9,5 Н, 10,5 Н

**Задание 3.2**

Рассмотрим силы, приложенные к бруску:  $\vec{F}_{\text{равн}} = m\vec{g} + \vec{T}$ . Согласно второму закону Ньютона:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{равн}}}{m}, \quad m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}, \quad \vec{T} = m(\vec{a} - \vec{g}), \quad \text{где } \vec{a} = \frac{0 - \vec{v}}{t} = -\frac{\vec{v}}{t}.$$

Расположим ось  $Oy$  параллельно движению бруска, направим ее вверх:  $T = m(a_y + g)$ .

Ускорение противоположно начальной скорости (торможение).

Если начальная скорость направлена вверх (по направлению  $Oy$ ), то  $a_y = -v/t, T = m(g - a/t)$ .

Если начальная скорость направлена вниз (против направления  $Oy$ ), то  $a_y = v/t, T = m(g + a/t)$ .

$$m = 2 \text{ кг}, \quad v = 80 \text{ см/с} = 0,8 \text{ м/с}, \quad t = 1 \text{ с}, \quad g = 10 \text{ м/с}^2: \quad T = 18,4 \text{ или } 21,6 \text{ Н}.$$

Ответ 18,4 Н, 21,6 Н

**Задание 4.1**

Координата изменяется по закону  $x_t = x_0 + v_0 t + at^2/2$ , а скорость —  $v_t = v_0 + at$ .

Оформим решение таблицей

тап	Начальное положение	Начальная скорость	Ускорение	Длительность	Конечная координата
	$x_0 = 0$	$v_0 = 0$	$a_1 = 1$	$\tau_1 = 1$	$x_1 = 0 + 0 + a_1 \cdot \frac{\tau_1^2}{2} = \frac{1}{2}$
	$x_1 = \frac{1}{2}$	$v_1 = v_0 + a_1 \tau_1 = 1$	$a_2 = -2$	$\tau_2 = 1$	$x_2 = \frac{1}{2} + 1 - 2 \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$
	$x_2 = \frac{1}{2}$	$v_2 = 1 - 2 = -1$	$a_3 = 3$	$\tau_3 = 3$	$x_3 = \frac{1}{2} - 1 \cdot 3 + 3 \cdot \frac{9}{2} = 11$
	$x_3 = 6,5$	$v_3 = -1 + 3 \cdot 3 = 8$	$a_4 = -1$	$\tau_4 = 1$	$x_4 = 11 + 8 - \frac{1}{2} = 18,5$

Ответ: 18,5

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП  
10 КЛАСС**

**Задание 4.2**

Координата изменяется по закону  $x_t = x_0 + v_0 t + at^2/2$ ,  $v_t = v_0 + at$ . Оформи решение таблицей

тап	Начальная позиция	Начальная скорость	Ускорение	Длительность	Конечная координата
	$x_0 = 0$	$v_0 = 0$	$a_1 = 1$	$\tau_1 = 1$	$x_1 = 0 + 0 + a_1 \cdot \frac{\tau_1^2}{2}$ $= \frac{1}{2}$
	$x_1 = \frac{1}{2}$	$v_1 = v_0 + a_1 \tau_1$ $= 1$	$a_2 = -3$	$\tau_2 = 1$	$x_2 = \frac{1}{2} + 1 - 3 \cdot \frac{1}{2} = 0$
	$x_2 = 0$	$v_2 = 1 - 3 = -2$	$a_3 = 2$	$\tau_3 = 3$	$x_3 = 0 - 2 \cdot 3 + 2 \cdot \frac{9}{2}$ $= 3$
	$x_3 = 3$	$v_3 = -2 + 2 \cdot 3$ $= 4$	$a_4 = -1$	$\tau_4 = 1$	$x_4 = 3 + 4 - \frac{1}{2} = 6,5$

**Ответ:** 6,5

**Задание 5.1**

1) В прямой ветви диод ведет себя следующим образом: (а) если напряжение на нем меньше 1 В, то он эквивалентен резистору с сопротивлением 1 кОм, (б) если напряжение выше 1 В, то на через диод может протекать любой ток, определяемый другими элементами цепи. Предположим, реализовался второй случай (б). Тогда на резисторе напряжение равно  $4В - 1В = 3 В$ , и ток через цепочку резистор-диод равен 1,5 мА по закону Ома. Точка (1В; 1,5 мА) есть на вольтамперной характеристике диода, а значит наше предположение верно. Если бы мы сделали обратное предположение (а) мы бы получили ток 1,33 мА и напряжение 1,33 В, что противоречит условию задачи. Итак ответ 1,5 мА.

2) В обратной ветви диод как видно из вольтамперной характеристики эквивалентен резистору с сопротивлением 1 кОм. При последовательном соединении с резистором с сопротивлением 2 кОм образуется сопротивление эквивалентное 3 кОм. Легко найти ток равный 1,33 мА. Округлив имеем 1,3 мА.

3) В цепи протекает ток  $I = 2,8$  мА, напряжение на ней равно  $U = 4В$ .  $Q = UIt = 4 * 0,0028 * 60 = 0,672$  Дж. Округлив, получаем 0,7 Дж.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП  
10 КЛАСС**

---

**Ответ: 1.5; 1.3; 0.7**

**Задание 5.2**

1) В прямой ветви диод ведет себя следующим образом: (а) если напряжение на нем меньше 1 В, то он эквивалентен резистору с сопротивлением 1 кОм, (б) если напряжение выше 1 В, то на через диод может протекать любой ток, определяемый другими элементами цепи. Предположим, реализовался второй случай (б). Тогда на резисторе напряжение равно  $5В - 1В = 4 В$ , и ток через цепочку резистор-диод равен 4 мА по закону Ома. Точка (1В; 4 мА) есть на вольтамперной характеристике диода, а значит наше предположение верно. Если бы мы сделали обратное предположение (а) мы бы получили ток 2.5 мА и напряжение на диоде 2.5 В, что противоречит условию задачи. Итак, ответ 4 мА.

2) В обратной ветви диод как видно из вольтамперной характеристики эквивалентен резистору с сопротивлением 1 кОм. При последовательном соединении с резистором с сопротивлением 1 кОм образуется сопротивление эквивалентное 2 кОм. Легко найти ток равный 2,5 мА.

3) В цепи протекает ток  $I = 6,5$  мА, напряжение на ней равно  $U = 5В$ .  $Q = UIt = 5 * 0.0065 * 60 = 1,95$  Дж. Округлив, получаем 2,0 Дж.

Ответ 4.0; 2.5; 2.0.

**Задание 6.1**

1) Пусть  $a$ - расстояние от разряда до линзы, а  $b$  – расстояние от линзы до экрана. По условию  $b = 3$  м, а увеличение  $\Gamma = b/a = 2$ . (Отметим так же что  $a = 1.5$  м). Воспользуемся свойством тонкой линзы:  $(1/a) + (1/b) = (1/F)$ , где  $F$  – фокусное расстояние. Легко получить, что  $F = b/(1 + \Gamma) = 3/(1 + 2) = 1$  м.

2)  $\Gamma = b_1/a_1 = 5$ .  $(1/a_1) + (1/b_1) = (1/F)$ . Совместное решение этих уравнений дает  $a_1 = 1,2$  м,  $b_1 = 6$  м. Электроды сместили на расстояние  $a_1 + b_1 - a - b = 1.2 + 6 - 1.5 - 3 = 2.7$  м.

3) Если увеличение равно единице, то  $a_2 = b_2 = 2F$ . Расстояние между электродами и экраном равно 4 метра. В первом же случае оно было 3,5 метра. Искомая величина равна  $4/3,5 = 1,1$  с учетом округления.

Ответ: 1,0; 2,7; 1,1

**Задание 6.2**

1) Пусть  $a$ - расстояние от разряда до линзы, а  $b$  – расстояние от линзы до экрана. По условию  $b = 3$  м, а увеличение  $\Gamma = b/a = 3$ . Воспользуемся свойством тонкой линзы:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП  
10 КЛАСС**

---

$(1/a)+(1/b)=(1/F)$ , где  $F$  – фокусное расстояние. (Отметим так же что  $a=1$  м). Легко получить, что  $F=b/(1+\Gamma)=3/(1+3)=0,75=0,8$  м с учетом округления.

2)  $\Gamma=b_1/a_1=6$ .  $(1/a_1)+(1/b_1)=(1/F)$ . Совместное решение этих уравнений дает  $a_1=0,88$  м,  $b_1=5,25$  м. Электроды сместили на расстояние  $a_1+b_1-a-b=0,88+5,25-1-3=2,1$  м.

3) Если увеличение равно единице, то  $a_2=b_2=2F$ . Расстояние между электродами и экраном равно 6 метров. В первом же случае оно было 4 метра. Искомая величина равна  $4/3,2=1,3$  с учетом округления.

Ответ 0,8; 2,1; 1,3