



**Я сдам ЕГЭ!**



ФИПИ

М. Ю. Демидова В. А. Грибов  
А. И. Гиголо

**ФИЗИКА**

**ЕГЭ**

**2018**

**Курс самоподготовки**

Технология решения заданий

**Теория | Практика | Ключи и ответы**

# Я сдам ЕГЭ!

М. Ю. Демидова В. А. Грибов  
А. И. Гиголо

## ФИЗИКА

# ЕГЭ

### Курс самоподготовки Технология решения заданий

Учебное пособие  
для общеобразовательных  
организаций

Москва  
«Просвещение»  
2018

УДК 373.167.1:53  
ББК 22.3я72  
Д30



12+

Модульный курс «Я сдам ЕГЭ! Физика» создан авторским коллективом из числа членов Федеральной комиссии по разработке контрольных измерительных материалов ЕГЭ. Он включает пособия «Курс самоподготовки» и «Типовые задания». Курс предназначен для эффективной организации подготовки обучающихся 10—11 классов к государственной итоговой аттестации. В данном пособии приведено календарное планирование работы на учебный год, дана краткая характеристика экзаменационной работы, общие рекомендации по разным аспектам преподавания курса и конкретные разработки в рамках тематических модулей, которые построены в соответствии с логикой экзаменационной работы.

Курс адресован педагогам, школьникам и их родителям для проверки/самопроверки достижения требований образовательного стандарта к уровню подготовки выпускников.

ISBN 978-5-09-053012-5

© Издательство «Просвещение», 2018  
© Художественное оформление.  
Издательство «Просвещение», 2018  
Все права защищены



## СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ В 2018 г.

В структуру и содержание контрольных измерительных материалов ЕГЭ по физике в 2018 г. внесены небольшие изменения: добавлено 1 задание на проверку элементов астрономии.

При отборе содержания и структуры КИМ по физике учитывается основная задача ЕГЭ — дифференциация выпускников по уровню учебной подготовки для отбора абитуриентов в вузы. Объективность результатов экзамена обеспечивается процедурой экзамена, компьютерной проверкой заданий с кратким ответом и проверкой заданий с развёрнутым ответом, специально подготовленных экспертами по единым критериям. Структура варианта и форма используемых заданий учитывают бланковую технологию тестирования.

Содержание экзаменационной работы определяется Обязательным минимумом содержания образования и требованиями к подготовке выпускников ФК ГОС. При этом содержание всей экзаменационной работы в целом соответствует стандарту профильного уровня. Однако в работе выделены задания базового уровня, содержание которых соответствует стандарту базового уровня. Минимальное количество баллов ЕГЭ по физике, подтверждающее освоение выпускником программы среднего (полного) общего образования по физике, устанавливается, исходя из требований освоения стандарта базового уровня.

Таким образом, контрольные измерительные материалы валидны по отношению к содержанию профильного курса физики. Это обеспечивается тем, что:

- в работе содержатся задания по всем разделам школьного курса физики и приоритет отдаётся наиболее значимым элементам содержания;
- по каждому разделу представлены задания разных уровней сложности (базового, повышенного и высокого);
- количество заданий по тематическому разделу пропорционально учебному времени на изучение данного раздела в школьном курсе физики.

Кроме того, экзаменационный вариант обеспечивает проверку разных видов деятельности:

- владение понятийным аппаратом (явления, понятия, величины, законы);
- методологические умения;
- объяснение физических явлений и процессов;
- решение задач.

Максимальное количество баллов за выполнение всех заданий экзаменационной работы составляет 52. На протяжении нескольких лет практически не меняется распределение числа заданий по уровням сложности, а также примерное распределение заданий по тематическим разделам.

Вариант экзаменационной работы 2018 г. состоит из двух частей и включает в себя 32 задания (табл. 1).

**Таблица 1. Распределение заданий экзаменационной работы по частям работы**

№	Часть работы	Количество заданий	Максимальный первичный балл	Процент максимального первичного балла за задания данной части от максимального первичного балла за всю работу, равного 50	Тип заданий
1	1	24	34	65	С кратким ответом
2	2	8	18	35	С кратким ответом и развёрнутым ответом
Итого		32	52	100	



Часть 1 содержит 24 задания с кратким ответом. Из них:

- 10 заданий с записью ответа в виде числа;
- 1 задание с записью ответа в виде слова;
- 2 задания с записью ответа в виде двух чисел;
- 5 заданий на множественный выбор (2 ответа из 5 возможных);
- 6 заданий на соответствие и изменение величин в физических процессах.

Часть 2 содержит 8 заданий, объединённых общим видом деятельности — решением задач. Из них 3 задания с кратким ответом (25—27) и 5 заданий (28—32), для которых необходимо привести развёрнутый ответ.

В работу включены задания трёх уровней сложности (табл. 2).

**Таблица 2. Распределение заданий по уровню сложности**

Уровень сложности заданий	Количество заданий	Максимальный первичный балл	Процент максимального первичного балла за задания данного уровня сложности от максимального первичного балла за всю работу, равного 50
Базовый	19	24	46
Повышенный	9	16	31
Высокий	4	12	23
Итого	32	52	100

Задания базового уровня включены в часть 1 работы (19 заданий, из которых 13 заданий с записью ответа в виде числа, двух чисел или слова и 6 заданий на соответствие и множественный выбор). Среди заданий базового уровня выделяются задания, содержание которых соответствует стандарту базового уровня.

Использование в экзаменационной работе заданий повышенного и высокого уровней сложности позволяет оценить степень подготовленности учащегося к продолжению образования в вузе. Задания повышенного уровня распределены между частями 1 и 2 экзаменационной работы: 5 заданий с кратким ответом в части 1, 3 задания с кратким ответом и 1 задание с развёрнутым ответом в части 2. Последние 4 задачи части 2 являются заданиями высокого уровня сложности.

В экзаменационной работе контролируются элементы содержания из следующих разделов (тем) курса физики:

1. **Механика** (кинематика, динамика, статика, законы сохранения в механике, механические колебания и волны).
2. **Молекулярная физика** (молекулярно-кинетическая теория, термодинамика).
3. **Электродинамика и основы СТО** (электрическое поле, постоянный ток, магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны, оптика, основы СТО).
4. **Квантовая физика и элементы астрофизики** (корпускулярно-волновой дуализм, физика атома, физика атомного ядра, элементы астрофизики).

В таблице 3 дано распределение заданий по разделам. Задания части 2 (28—32) проверяют, как правило, комплексное использование знаний и умений из различных разделов курса физики.



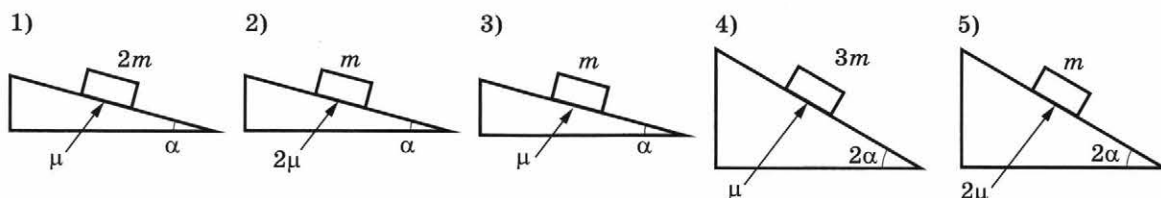




На позиции 23 также стоит задание с множественным выбором (пример 6). Ответом к нему являются две цифры — номера установок или приборов, которые необходимы для проведения опыта по указанной гипотезе. Здесь также порядок записи цифр может быть любым. Отличием является оценивание этого задания. За верно записанные две цифры ставится 1 балл.

### Пример 6

Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения тела, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от массы груза (на всех представленных ниже рисунках  $m$  — масса тела,  $\alpha$  — угол наклона плоскости к горизонту,  $\mu$  — коэффициент трения между бруском и плоскостью). Какие две установки следует использовать для проведения такого исследования?



Запишите в таблицу номера выбранных установок.

Ответ: 

1	3
---	---

Ответ: 13 или 31.

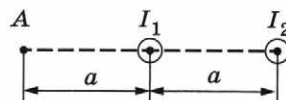
Ответом к заданию 13 является слово. Ответ записывается в поле ответа в тексте работы, а затем переносится по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1 (пример 7).

Ответ: вправо.

**13** В П Р А В О

### Пример 7

Два параллельных длинных проводника с токами  $I_1$  и  $I_2$  расположены перпендикулярно плоскости чертежа (см. рисунок). Как направлен (**вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю**) результирующий вектор магнитной индукции полей, создаваемых этими проводниками в точке А? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: вниз.

В этих заданиях для ответа необходимо выбрать слово из перечисленных в тексте задания (слова выделены полужирным шрифтом).

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ записывается в поле ответа в тексте работы, а затем переносится по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н.

**22** 1 , 4 0 , 2

В задании 19 ответ представляет собой два целых числа, которые сначала нужно записать в таблицу, а затем перенести в бланк (пример 8).

2	II	<b>Li</b> 3 ЛИТИЙ 7 <sub>93</sub> 6 <sub>7,4</sub>	<b>Be</b> 4 БЕРИЛЛИЙ 9 <sub>100</sub>	5	<b>B</b> БОР 11 <sub>80</sub> 10 <sub>20</sub>
3	III	<b>Na</b> 11 НАТРИЙ 23 <sub>100</sub>	<b>Mg</b> 12 МАГНИЙ 24 <sub>79</sub> 26 <sub>11</sub> 25 <sub>10</sub>	13	<b>Al</b> АЛЮМИНИЙ 27 <sub>100</sub>
4	IV	<b>K</b> 19 КАЛИЙ 39 <sub>93</sub> 41 <sub>6,7</sub>	<b>Ca</b> 20 КАЛЬЦИЙ 40 <sub>97</sub> 44 <sub>2,1</sub>	<b>Sc</b> 21 СКАНДИЙ 45 <sub>100</sub>	
	V	<b>29 Cu</b> МЕДЬ 63 <sub>69</sub> 65 <sub>31</sub>	<b>30 Zn</b> ЦИНК 64 <sub>49</sub> 66 <sub>28</sub> 68 <sub>19</sub>	<b>31 Ga</b> ГАЛЛИЙ 69 <sub>60</sub> 71 <sub>40</sub>	

## Пример 8

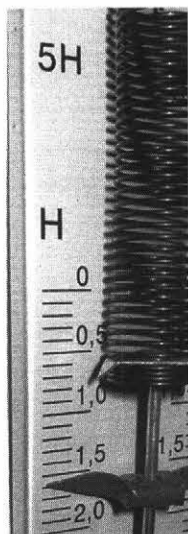
На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

Укажите число протонов и число нейтронов в ядре наименее распространённого изотопа магния.

Ответ:	<b>Число протонов</b>	<b>Число нейтронов</b>
	12	13

Ответ: 1213.

В задании 22 на снятие показаний измерений ответ записывается сначала в привычном виде, так, как обычно записывают показания приборов в лабораторной работе, а затем в бланк переносятся только цифры (пример 9).



## Пример 9

Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность измерений равна цене деления динамометра. Чему равна по результатам этих измерений сила тяжести? Запишите в ответ показания динамометра с учётом погрешности измерений.

Ответ:  $(1,6 \pm 0,1)$  Н.

Ответ: 1,60,1.

Часть 1 экзаменационной работы включает два блока заданий: первый проверяет освоение понятийного аппарата школьного курса физики, а второй — овладение методологическими умениями. Первый блок включает 22 задания, которые группируются исходя из тематической принадлежности: 7 заданий по механике, 5 заданий по МКТ и термодинамике, 6 заданий по электродинамике и 4 по квантовой физике и элементам астрофизики.

Группа заданий по каждому разделу начинается с заданий с самостоятельной формулировкой ответа в виде числа, двух чисел или слова, затем идёт задание на множественный выбор (двух верных ответов из пяти предложенных), а в конце — задания на изменение физических величин в различных процессах и на установление соответствия между физическими величинами и графиками или формулами, в которых ответ записывается в виде набора из двух цифр.

Задания на множественный выбор и на соответствие двухбалльные и могут конструироваться на любых элементах содержания по данному разделу. Понятно, что в одном и том же варианте во всех заданиях, относящихся к одному разделу, будут проверяться разные элементы содержания и относиться они будут к разным темам данного раздела.

В качестве примера приведём структуру тематического блока по электродинамике — задания 13—18.

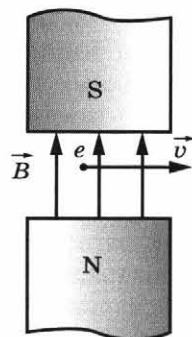
Задание 13 базового уровня с ответом в виде числа проверяет умение определять направление для следующих элементов:

- принцип суперпозиции электрических полей (сложение кулоновских сил или напряжённостей электрических полей);
- взаимодействие магнитов;
- магнитное поле проводника с током;
- сила Ампера и сила Лоренца.

Как видно из приведённого ниже примера задания (пример 10), возможный набор слов для ответа указан в тексте задания.

#### Пример 10

Электрон  $e$  влетел в зазор между полюсами электромагнита со скоростью  $\vec{v}$ , направленной горизонтально. Вектор индукции  $\vec{B}$  магнитного поля направлен вертикально (см. рисунок). Куда направлена (**вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю**) действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$ . Ответ запишите словом (словами).



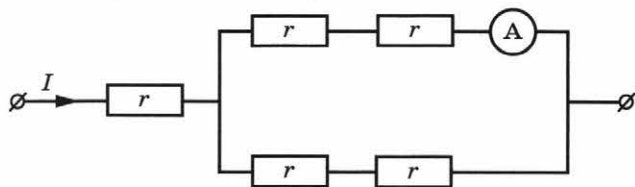
Ответ: \_\_\_\_\_.

Задания 14 и 15 базового уровня сложности с кратким ответом в виде целого числа или конечной десятичной дроби проверяют знание различных формул и законов и умение использовать простейшие расчёты (примеры 11 и 12). Задание 14 конструируется на элементах из тем «Электростатика» и «Постоянный ток» (закон Кулона, сила тока, закон Ома для участка цепи, последовательное и параллельное соединение проводников, работа и мощность тока, закон Джоуля—Ленца). Задание 15 проверяет знание закона электромагнитной индукции, закона Фарадея, закономерностей, описывающих процессы в колебательном контуре, законов отражения и преломления света, а также знание построения хода лучей в линзе.

#### Пример 11

Через участок цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток  $I = 6$  А. Чему равна сила тока, которую показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.

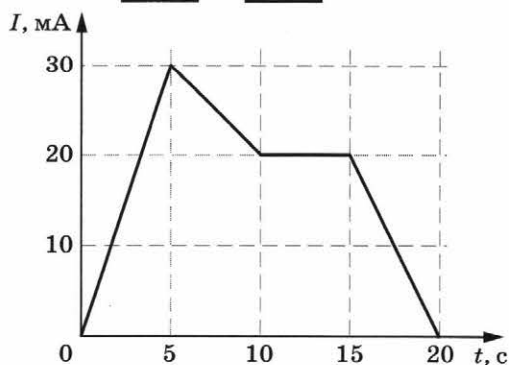
Ответ: \_\_\_\_\_ А.



#### Пример 12

На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 1 мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 15 до 20 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ мкВ.





Все эти задания оцениваются максимально в 1 балл.

Задания 16, 17 и 18 с кратким ответом в виде двух цифр оцениваются максимально в 2 балла, если обе цифры ответа указаны верно, и в 1 балл, если верно указана одна цифра из двух. В остальных случаях, в том числе и в случае, если в ответе указано более двух цифр, ответ оценивается в 0 баллов.

Задание 16 на множественный выбор проверяет умение объяснять изученные явления и процессы и интерпретировать результаты различных исследований, представленные в виде таблиц или графиков (пример 13).

#### Пример 13

Точечный источник света находится в сосуде с жидкостью и опускается вертикально вниз от поверхности жидкости. При этом на поверхности жидкости возникает пятно, образованное лучами света, выходящими из жидкости в воздух. Глубина погружения источника (расстояние от поверхности жидкости до источника света), измеренная через равные промежутки времени, а также соответствующий радиус светлого пятна представлены в таблице. Погрешность измерения глубины погружения и радиуса пятна составила 1 см. Выберите **два** верных утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

Глубина погружения, см	10	20	30	40	50	60	70
Радиус пятна, см	12	24	36	48	60	72	84

- 1) показатель преломления жидкости меньше 1,5
- 2) образование пятна на поверхности обусловлено дисперсией света в жидкости
- 3) образование пятна на поверхности обусловлено явлением полного внутреннего отражения
- 4) граница пятна движется с ускорением
- 5) угол полного внутреннего отражения меньше  $45^\circ$

Ответ:

--	--

Как правило, эти задания конструируются таким образом, что один из верных ответов соответствует распознаванию явления или простого свойства явления или процесса, а второй ответ более сложный. Для его поиска необходимо провести какие-либо оценочные расчёты или сделать выводы по результатам исследования.

Задание 17 оценивает умение анализировать физические явления и процессы, устанавливать физические величины, характеризующие данный процесс, и определять их изменение при протекании явления или процесса (пример 14).

#### Пример 14

$\alpha$ -Частица движется по окружности в однородном магнитном поле между полюсами магнита под действием силы Лоренца. После замены магнита по таким же траекториям стали двигаться протоны, обладающие той же скоростью. Как изменились индукция магнитного поля и модуль силы Лоренца?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:	<b>Индукция магнитного поля</b>	<b>Модуль силы Лоренца</b>

Задание 18 — это задание на установление соответствия между физическими величинами и графиками или физическими величинами и формулами. Пример одного из таких заданий приведён ниже.

Пример 15

Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивностью 4 мГн. Заряд на пластинах конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой  $q(t) = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \cos(5000t)$  (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимость от времени в условиях данной задачи.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) напряжение  $u(t)$  на конденсаторе  
Б) энергия  $W_c(t)$  электрического поля конденсатора

ФОРМУЛЫ

- 1)  $1 \cdot \cos(5000t + \frac{\pi}{2})$   
2)  $20 \cdot \cos(5000t)$   
3)  $2 \cdot 10^{-3} \cdot \sin^2(5000t)$   
4)  $2 \cdot 10^{-3} \cdot \cos^2(5000t)$

Ответ:

А	Б

В тематических разделах по механике и электродинамике представлены все три типа этих двухбалльных заданий; в разделе по молекулярной физике — 2 задания (одно из них — на множественный выбор, другое — либо на изменение физических величин в процессах, либо на соответствие); в разделе по квантовой физике 2 задания (на множественный выбор и на изменение физических величин или на соответствие). При этом в целом в варианте будет 3 задания на изменение величин и 3 задания на соответствие.

В тематических разделах пристального внимания заслуживают задания 5, 11 и 16, которые проверяют анализ экспериментальных данных, интерпретацию, исследование и объяснение процессов и явлений. Именно эти умения относятся по результатам ЕГЭ предыдущих лет к области дефицитов, но именно эти умения являются и самыми важными результатами изучения школьного курса физики.

Следует обратить внимание и на форму отдельных линий заданий. О форме задания 13 упоминалось выше. В разделе по квантовой физике отличным от других является задание 19, которое проверяет знания о строении атома, атомного ядра или ядерных реакциях. Ответ, представляющий собой два числа, необходимо сначала записать в предложенную таблицу, а затем перенести в бланк ответов № 1 без пробелов и дополнительных знаков. Ниже приведён пример такой формы задания.

Пример 16

В результате реакции синтеза  ${}_x^Y\text{Z} + {}_4^9\text{Be} \rightarrow {}_5^{10}\text{B} + {}_0^1\text{n}$  образуются ядро бора и нейтрон. Укажите массовое и зарядовое числа ядра неизвестной частицы.

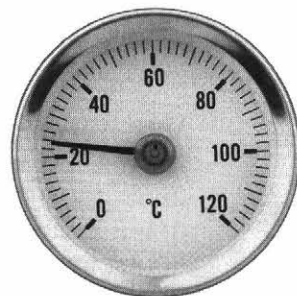
Ответ:

Массовое число Y	Зарядовое число X

В конце части 1 предлагаются 2 задания базового уровня сложности, проверяющие различные методологические умения и относящиеся к разным разделам физики. Задание 22 с использованием фотографий или рисунков измерительных приборов направлено на проверку умения записывать показания приборов при измерении физических величин с учётом абсолютной погрешности измерений. Абсолютная погрешность измерений задаётся в тексте задания либо в виде половины цены деления, либо в виде цены деления (в зависимости от точности прибора). Пример такого задания приведён ниже.

## Пример 17

На производстве измеряли температуру воды. Показания термометра приведены на фотографии. Погрешность измерения температуры равна цене деления термометра. Чему равна температура воды по результатам этих измерений? Запишите в ответ показания термометра с учётом погрешности измерения.



Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) °C.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

Задание 23 проверяет умение выбирать оборудование для проведения опыта по заданной гипотезе. Оно представляет собой задание на множественный выбор (двух элементов из пяти предложенных), но оценивается в 1 балл, если верно указаны оба элемента ответа. Могут предлагаться три различные модели заданий: на выбор двух рисунков, графически представляющих соответствующие установки для опытов (см. пример 6); на выбор двух строк в таблице, которая описывает характеристики установок для опытов; на выбор названия двух элементов оборудования или приборов, которые необходимы для проведения указанного опыта (пример 18).

## Пример 18

Для проведения опыта по обнаружению зависимости сопротивления проводника от материала, из которого сделан проводник, ученику выдали пять проводников, параметры которых указаны в таблице. Какие два проводника из предложенных ниже необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ проводника	Длина проводника	Диаметр проводника	Материал
1	5 м	1,0 мм	медь
2	10 м	0,5 мм	медь
3	20 м	1,0 мм	алюминий
4	10 м	0,5 мм	алюминий
5	10 м	1,0 мм	медь

В ответ запишите номера выбранных проводников.

Ответ: 

--	--

В конце части 1 предлагается задание на проверку элементов астрофизики. Как правило, это задание конструируется на основании таблицы с данными о небесных объектах либо схемы или рисунка, отображающих структуру или эволюцию объектов (пример 19). В задании предлагается выбрать **два** верных утверждения из пяти предложенных. Оцениваются задания по астрономии максимально в 2 балла.

## Пример 19

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.



Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Средняя температура на поверхности, °C
Меркурий	4878	87,97 сут.	58,6 сут.	350 °C день, -170 °C ночь
Венера	12 104	224,7 сут.	243 сут. 3 ч 50 мин	480 °C
Марс	6794	687 сут.	24 ч 37 мин	-63 °C
Юпитер	142 800	11 лет 314 сут.	9 ч 55,5 мин	-150 °C
Сатурн	119 900	29 лет 168 сут.	10 ч 40 мин	-180 °C
Уран	51 108	83 года 273 сут.	17 ч 14 мин	-214 °C
Нептун	49 493	164 года 292 сут.	17 ч 15 мин	-220 °C

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Уран почти в 2 раза превосходит по своим размерам Нептун
- 2) средняя температура на поверхности Юпитера составляет 123 К
- 3) отличительным признаком планет-гигантов является быстрое, по сравнению с планетами земной группы, вращение вокруг своей оси
- 4) максимальная температура на поверхности Венеры достигает 753 К
- 5) масса Нептуна почти в 3 раза меньше массы Юпитера

Ответ:

2

3

Часть 2 работы посвящена решению задач. Это традиционно наиболее значимый результат освоения курса физики средней школы и наиболее востребованная деятельность при дальнейшем изучении предмета в вузе. В этой части в КИМ 8 различных задач: 3 расчётные задачи с самостоятельной записью числового ответа повышенного уровня сложности и 5 задач с развёрнутым ответом, из которых 1 качественная и 4 расчётные.

По содержанию задачи распределяются по разделам следующим образом: 2 задачи по механике, 2 задачи по МКТ и термодинамике, 3 задачи по электродинамике, 1 задача по квантовой физике.

При этом, с одной стороны, в разных задачах в одном варианте не используются одинаковые не слишком значимые содержательные элементы, а с другой — применение фундаментальных законов сохранения может встретиться в 2—3 задачах. Если рассматривать привязку тематики заданий к их позиции в варианте, то на позиции 29 всегда будет задача по механике, на позиции 30 — по МКТ и термодинамике, на позиции 31 — по электродинамике, а на позиции 32 — преимущественно по квантовой физике (если только материал квантовой физики не будет задействован в качественной задаче на позиции 28).

Сложность задач определяется как характером деятельности, так и контекстом. В расчётных задачах повышенного уровня сложности (25—27) предполагается использование изученного алгоритма решения задачи и предлагаются типовые учебные ситуации, с которыми учащиеся встречались в процессе обучения. Как правило, используются формулировки задач с явно заданными физическими моделями, в которых предпочтение отдаётся стандартным формулировкам.

Первое из заданий с развёрнутым ответом — качественная задача, решение которой представляет собой логически выстроенное объяснение с опорой на физические законы и закономерности. Здесь хочется ещё раз обратить внимание на необходимость представления полного объяснения без логических пропусков и с обязательным указанием на названия явлений, на используемые формулы и законы.

Для расчётных задач высокого уровня сложности (29—32) необходим анализ всех этапов решения, поэтому они предлагаются в виде заданий с развёрнутым ответом. Здесь используются изменённые ситуации, в которых необходимо оперировать большим, чем в типовых задачах, количеством законов и формул, вводить дополнительные обоснования в процессе решения, или совершенно новые ситуации, которые не встречались ранее в учебной литературе и предполагают серьёзную деятельность по анализу физических процессов и самостоятельному выбору физической модели для решения задачи.

Ответы на задания 1—27 обрабатываются автоматически после сканирования бланков ответов № 1. Здесь есть процедура верификации, при которой федеральная комиссия просматривает весь веер ответов учащихся и отмечает те ответы, которые можно признать верными. Кроме верного ответа, который указывается к заданиям в данном пособии, верными признаются, например, ответы с орфографическими ошибками в задании, где ответом является слово; ответы к расчётным заданиям с использованием констант, если расчёты были проведены с другим (верным) значением этой константы (например, при значении ускорения свободного падения 9,8, а не 10 м/с<sup>2</sup>, как это приведено в справочных данных).

Задание с кратким ответом считается выполненным, если записанный в бланке № 1 ответ совпадает с верным ответом. Задания 1—4, 8—10, 13—15, 19, 20, 22, 23 и 24 части 1 и задания 25—27 части 2 оцениваются 1 баллом.

Задания 5—7, 11, 12, 16—18, 21 и 24 части 1 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущено две ошибки.

Задание с развёрнутым ответом оценивается двумя экспертами с учётом правильности и полноты ответа. Максимальный первичный балл за задания с развёрнутым ответом составляет 3 балла. К каждому заданию приводится подробная инструкция для экспертов, в которой указывается, за что выставляется каждый балл — от нуля до максимального балла. В экзаменационном варианте перед каждым типом задания предлагается инструкция, в которой приведены общие требования к оформлению ответов.

На выполнение всей экзаменационной работы отводится 235 мин.

Максимальный первичный балл — 50.

На экзамене по физике используется непрограммируемый калькулятор с возможностью вычисления тригонометрических функций ( $\cos$ ,  $\sin$ ,  $\tg$ ) и линейка. Желательно, чтобы калькулятор давал возможность ввода данных в естественном виде и обязательно имел возможность вычисления квадратных корней и расчёта тригонометрических функций.

## **ПРОГРАММА ПОВТОРИТЕЛЬНО-ОБОБЩАЮЩЕГО КУРСА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ**

Предлагаемая программа элективного курса предназначена для 10—11 классов и рассчитана на 68 ч. В первую очередь она ориентирована на освоение курса физики на базовом и повышенном уровнях сложности. Элективный курс включает в себя три основные составляющие: обобщение теоретических сведений, полученных на уроках физики, выполнение заданий базового и повышенного уровней по тем моделям, которые используются в части 1 КИМ ЕГЭ по физике, и решение задач повышенного уровня сложности по всем разделам школьного курса физики, которые используются в части 2 КИМ.

Курс опирается на дидактические материалы, представленные в «Практикуме и диагностике». Для каждой темы предлагаются:

- справочные материалы, содержащие основные теоретические сведения по данной теме;
- блоки заданий базового уровня по каждому контролируемому элементу содержания;
- примеры заданий повышенного уровня сложности;
- примеры решения задач повышенного уровня сложности и задачи для самостоятельного решения по данной теме;
- проверочная работа по теме, включающая задания базового и повышенного уровней.

**Содержание программы****10—11 классы (68 ч)****Механика — 25 ч****Кинематика**

Механическое движение и его относительность. Система отсчёта. Характеристики механического движения: перемещение, скорость, ускорение. Прямолинейное равномерное и равноускоренное движение. Свободное падение, движение тела, брошенного под углом к горизонту. Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью. Центростремительное ускорение.

Решение задач по теме «Кинематика».

**Динамика**

Принцип суперпозиции сил. Законы динамики Ньютона. Инерциальные системы отсчёта. Принцип относительности Галилея. Силы в механике: тяжести, упругости, трения. Закон всемирного тяготения.

Решение задач по теме «Динамика».

**Законы сохранения в механике**

Импульс тела. Закон сохранения импульса. Работа и мощность. Работа как мера изменения энергии. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.

Решение задач по темам «Закон сохранения импульса», «Закон сохранения механической энергии».

**Статика**

Момент силы. Условия равновесия твёрдого тела. Гидро- и аэростатика.

Решение задач по теме «Статика».

**Механические колебания и волны**

Гармонические колебания. Амплитуда, смещение, период, частота, фаза колебаний. Динамика гармонических колебаний. Свободные и вынужденные колебания. Резонанс. Механические волны. Длина волны. Звуковые волны.

Решение задач по теме «Механические колебания и волны».

**Молекулярная физика и термодинамика — 10 ч****МКТ**

Модели строения газов, жидкостей и твёрдых тел. Тепловое движение атомов и молекул вещества. Броуновское движение. Диффузия. Взаимодействие частиц вещества. Модель идеального газа. Основное уравнение МКТ идеального газа.

Абсолютная температура. Связь между абсолютной температурой и средней кинетической энергией теплового движения молекул идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы.

Решение задач по теме «МКТ».

**Термодинамика**

Тепловое равновесие. Теплопередача. Количество теплоты. Удельная теплоёмкость вещества. Уравнение теплового баланса. Изменение агрегатных состояний вещества.

Насыщенные и ненасыщенные пары. Влажность воздуха.

Внутренняя энергия. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. КПД тепловых двигателей. Цикл Карно и его КПД.

Решение задач по теме «Термодинамика».



**Электродинамика — 25 ч****Электрическое поле**

Электризация тел. Закон сохранения заряда. Взаимодействие зарядов. Закон Кулона. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Потенциальность электростатического поля. Потенциал и разность потенциалов.

Проводники и диэлектрики в электрическом поле. Конденсатор. Энергия электрического поля конденсатора.

Решение задач по теме «Электростатика».

**Законы постоянного тока**

Постоянный электрический ток. Закон Ома для участка цепи. Соединения проводников. Закон Ома для полной цепи. Электродвижущая сила (ЭДС). Работа электрического тока. Закон Джоуля—Ленца. Мощность тока.

Носители свободных электрических зарядов в металлах, жидкостях и газах.

Решение задач по теме «Постоянный ток».

**Магнитное поле**

Взаимодействие магнитов. Магнитное поле проводника с током. Силы Ампера и Лоренца.

Решение задач по теме «Магнитное поле».

**Электромагнитная индукция. Электромагнитные колебания**

Электромагнитная индукция. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Самоиндукция. Энергия магнитного поля катушки с током.

Электромагнитные гармонические колебания. Колебательный контур. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс. Переменный ток.

Решение задач по темам «Электромагнитная индукция», «Электромагнитные колебания».

**Электромагнитные волны. Оптика**

Электромагнитное поле. Свойства электромагнитных волн. Различные виды электромагнитных излучений и их применение.

Прямолинейное распространение света в однородной среде. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение. Линзы. Формула тонкой линзы. Оптические приборы.

Интерференция света. Дифракция света. Дифракционная решётка. Дисперсия света.

Решение задач по темам «Электромагнитные волны», «Оптика».

**Квантовая физика — 4 ч**

Энергия и импульс фотона. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Корпускулярно-волновой дуализм.

Планетарная модель атома. Постулаты Бора. Линейчатые спектры.

Радиоактивность. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-излучение. Закон радиоактивного распада. Нуклонная модель ядра. Ядерные реакции.

Решение задач по разделу «Квантовая физика».

**Методы научного познания — 2 ч**

Измерения, абсолютная погрешность измерений. Планирование экспериментов, интерпретация результатов исследований.

**Диагностическая работа — 2 ч**

## ОСНОВНЫЕ ПРИЁМЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ТИПОВЫХ ЗАДАНИЙ»

Повторительно-обобщающий модульный курс обеспечен двумя пособиями:

- 1) пособие для учащихся «Я сдам ЕГЭ! Физика. Типовые задания»;
- 2) пособие для учителей «Я сдам ЕГЭ! Физика. Курс самоподготовки».

Пособия предназначены для организации обобщающего повторения и подготовки к Единому государственному экзамену по физике, включая повторение основного теоретического материала и практикум по выполнению всех основных встречающихся в КИМ ЕГЭ по физике моделей заданий базового и повышенного уровней сложности.

Пособие для учащихся построено по тематическому принципу. Весь материал в пособии разделён на блоки уроков, которые пронумерованы. Курс содержит четыре больших раздела: «Механика», «МКТ и термодинамика», «Электродинамика» и «Квантовая физика». Соответственно этот материал распределён по урокам: уроки 1—25 посвящены механике, уроки 26—35 — молекулярно-кинетической теории и термодинамике, уроки 36—60 — электродинамике, уроки 61—64 — квантовой физике, а уроки 65—66 — заданиям, проверяющим умение проводить измерения и опыты.

В каждом разделе выделены темы в соответствии со стандартной программой по физике школьного курса 10—11 классов. Например, в электродинамике это «Электростатика», «Постоянный ток», «Магнитное поле», «Электромагнитная индукция. Электромагнитные колебания», «Оптика».

В «Типовых заданиях» в каждой теме представлены следующие блоки:

- 1) справочные материалы;
- 2) блок заданий базового уровня для самостоятельной работы, который включает все модели заданий базового уровня по данной теме, встречающиеся в части 1 КИМ ЕГЭ по физике;
- 3) примеры заданий повышенного уровня сложности (с множественным выбором, на изменение физических величин и на соответствие);
- 4) примеры решения задач и задачи для самостоятельного решения части 2 КИМ ЕГЭ по физике;
- 5) проверочная работа по теме.

Справочные материалы содержат основные теоретические сведения по теме. В них включены все элементы содержания кодификатора ЕГЭ по физике, но каждая позиция кодификатора представлена более подробно: приведены определения всех понятий, формулировки законов и т. д. Эти материалы позволяют организовать оперативное повторение достаточно большого объёма теоретического материала с опорой на наиболее значимые элементы, проверяемые в КИМ ЕГЭ. Однако эти справочные материалы не могут заменить параграфы учебника, так как не содержат никакого объяснительного материала. В случае обнаружения серьёзных пробелов в теоретических знаниях необходимо ориентировать учащихся на повторное изучение материала учебника.

К справочным материалам учащиеся могут обращаться при выполнении заданий для самостоятельной работы. Рекомендуется построить работу таким образом, чтобы выполнение проверочной работы по теме шло полностью самостоятельно, без обращения к справочным материалам и к решённым заданиям по данной теме.

Задания для самостоятельной работы включают подборки заданий для тех линий КИМ ЕГЭ, в которых проверяются элементы содержания данной темы. Сначала представлена наиболее подробная подборка заданий для линий заданий базового уровня. Здесь выделены подборки для каждого содержательного элемента, а внутри такой подборки приведено не менее двух заданий для каждой из моделей заданий экзаменационной работы.

Например, элементы содержания темы «Законы сохранения в механике» обязательно проверяются на базовом уровне сложности в линии заданий 3. Здесь выделены подборки заданий по каждому из элементов содержания: импульс материальной точки, закон сохранения

импульса; работа силы, мощность силы; кинетическая энергия материальной точки; потенциальная энергия; закон сохранения механической энергии. Такие подборки заданий позволяют организовать подготовку по каждому элементу кодификатора, не пропустить ни одного элемента из тех, которые выносятся на ЕГЭ.

Работу по выполнению заданий целесообразно организовывать в парах или малых группах, сформированных из учащихся с примерно одинаковым начальным уровнем освоения материала. Тем самым можно обеспечить оптимальную скорость продвижения учащихся при повторении материала. Поскольку каждая модель представлена, как правило, в двух подобных заданиях, то при выполнении первого задания учащихся следует ориентировать на обсуждение и взаимопомощь, а при выполнении второго — на самостоятельную работу и осознание степени понимания и поиска собственных ошибок, если таковые обнаружались по результатам проверки ответов.

После подборок заданий базового уровня предлагаются подборки заданий на выбор двух верных ответов из пяти предложенных (5, 11 или 16 в зависимости от раздела курса физики), на анализ изменения физических величин в различных процессах (6, 12, 17 или 21) и задания на соответствие физических величин и формул, по которым их можно рассчитать, и физических величин и графиков, которые отражают изменения этих величин в различных процессах (7, 12, 18 или 21). Эти задания повышенного уровня сложности. Здесь для каждой модели, как правило, предлагается два примера заданий. Перед выполнением этих заданий необходимо провести обобщающее повторение физических процессов и явлений, на материале которых наиболее часто конструируются эти задания. Например, движение тела, брошенного под углом к горизонту, может проверяться и в заданиях на изменение величин, и в заданиях на соответствие как графиков, так и формул соответствующим величинам. Поэтому целесообразно сначала повторить ситуацию (в данном случае характер движения тела) и все величины, при помощи которых может описываться это движение. Выполнение этих заданий может строиться аналогично повторению заданий базового уровня.

Далее в тематическом блоке идут материалы для подготовки к решению расчётных задач повышенного уровня сложности — 25—27. Здесь по каждой теме предлагается несколько подборок типовых задач. В начале каждой подборки имеется пример решения задачи, в котором достаточно подробно описан весь ход решения, а затем следует несколько задач для самостоятельного решения, в которых используются те же формулы и законы.

При организации работы по решению этих задач целесообразно не ограничиваться записью только ответа в рабочей тетради (аналогично формату ответа в КИМ ЕГЭ), а требовать от учащихся полной записи решения в стандартном виде, а для слабых учащихся ещё и дополнительных пояснений, аналогичных тем, которые приведены в примере решения задачи данного типа. Полная запись решения позволит оценить типологию ошибок, допускаемых данным учеником: ошибки при переводе значений величин в СИ, при подстановках величин в формулы или при расчётах. После полного решения учащиеся должны записать ответ в пособие, обращая внимание на требования к форме ответа: в каких единицах необходимо представить ответ и требуется ли провести округление окончательного ответа.

В конце темы предлагается текст проверочной работы. Как правило, проверочная работа содержит задания как базового, так и повышенного уровня сложности. Задания подобраны так, чтобы работа включала хотя бы по одному заданию из каждой подборки по элементам содержания или по формам заданий. Сначала предлагаются задания базового уровня с кратким ответом в виде числа, затем задания на выбор двух ответов из пяти предложенных, на изменение физических величин в процессах и на соответствие из части 1 КИМ ЕГЭ. В конце работы приведено 3—4 расчётные задачи повышенного уровня сложности из части 2 КИМ ЕГЭ.

Повторим, что проверочную работу учащиеся должны выполнять полностью самостоятельно, не обращаясь к справочным материалам или к решению предыдущих заданий. Вместо учительской проверки целесообразно использовать самопроверку по представленному образцу (ответы имеются в материалах для учителя и в конце книги). Для каждого из ошибочно выполненных заданий учащийся самостоятельно или с помощью учителя должен опре-

делить суть допущенной ошибки. Если ошибка чисто математическая (например, проведён ошибочный расчёт или округление), то следует просто её исправить, а в дальнейшем быть внимательнее при проведении математических преобразований и расчётов. Если же ошибка связана с недопониманием сути физического процесса, неверным применением закона и т. п., то учащегося необходимо ещё раз вернуть к выполнению той содержательной подборки заданий, к которой относится задание с допущенной ошибкой.

Последние два урока курса посвящены линиям заданий 22 и 23, в которых проверяются умения правильно записывать показания приборов с учётом абсолютной погрешности измерений, а также выбирать оборудование для проведения опыта по сформулированной в задании гипотезе. По каждой из этих линий приведены подборки всех основных моделей заданий.

В конце пособия приведено 2 варианта диагностической работы, которые аналогичны КИМ ЕГЭ по физике 2018 г., исключая 5 заданий с развёрнутым ответом. Каждый вариант диагностической работы позволяет проверить готовность к выполнению заданий базового и повышенного уровней сложности по всем разделам курса физики и оценить в этой части свою готовность к Единому государственному экзамену.

В пособии для учителя приведено 3 варианта диагностической работы, полностью аналогичные КИМ ЕГЭ по физике.



# ТИПОЛОГИЯ ЗАДАНИЙ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ РАБОТЫ

## Уроки 1—5

### Основные модели заданий по теме «Кинематика»

Задания, построенные на элементах содержания из темы «Кинематика», расположены в КИМ в линиях 1, 5, 6, 7 и 25. Линия 1 полностью посвящена проверке умения работать с графиками равномерного и равноускоренного движения. В линиях 5—7 элементы кинематики встречаются наряду с элементами содержания других тем механики. В линии 24 встречаются расчётные задачи по кинематике.

Рассмотрим задание 1 части 1. Здесь проверяются следующие элементы содержания:

- скорость материальной точки;
- ускорение материальной точки;
- равномерное прямолинейное движение;
- равноускоренное прямолинейное движение;
- свободное падение;
- движение по окружности.

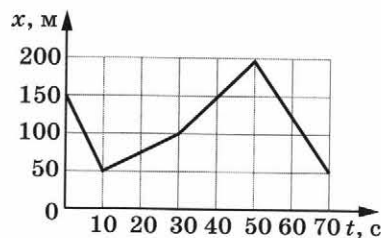
Как правило, на этой позиции в КИМ используются задания с графиками зависимости координаты или скорости тела от времени, в которых проверяются перечисленные ниже умения.

1. Найти проекцию или модуль скорости тела по графику зависимости координаты (или пути) от времени для равномерно и прямолинейно движущегося тела (пример 1).

#### Пример 1

На рисунке представлен график зависимости координаты  $x$  велосипедиста от времени  $t$ . Определите проекцию скорости велосипедиста в интервале времени от 0 до 10 с.

Ответ: -10 м/с.

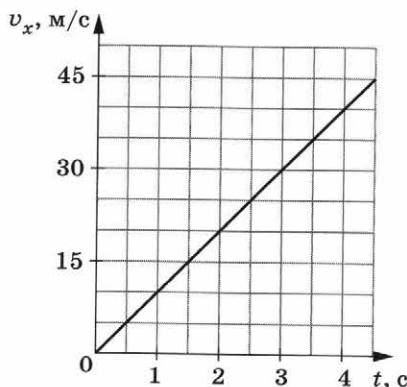


2. Найти проекцию или модуль ускорения по графику зависимости проекции скорости для равноускоренно и прямолинейно движущегося тела от времени (пример 2).

#### Пример 2

На графике приведена зависимость проекции скорости  $v_x$  прямолинейно движущегося тела от времени  $t$ . Определите проекцию ускорения тела.

Ответ: 10 м/с<sup>2</sup>.



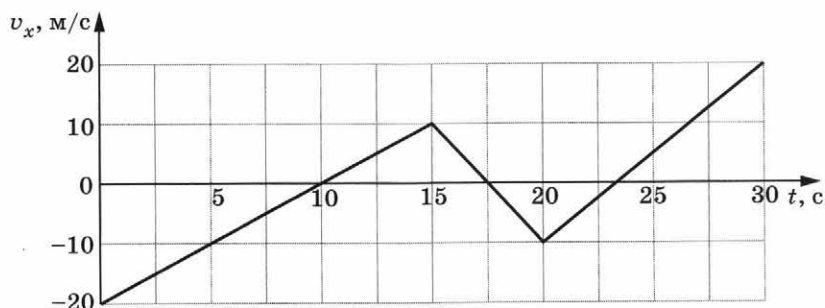
В заданиях, аналогичных примерам 1 и 2, нужно обратить внимание на то, что в случае определения проекции скорости или ускорения ответ может быть отрицательным.

3. Найти путь, пройденный телом за указанный промежуток времени, по графику зависимости скорости для равноускоренно и прямолинейно движущегося тела от времени (пример 3).

### Пример 3

На рисунке приведён график зависимости проекции скорости  $v_x$  прямолинейно движущегося тела от времени  $t$ .

Определите путь этого тела в интервале времени от 10 до 15 с.



Ответ: 25 м.

В линии 1 используются также задания, в которых проверяется умение находить проекцию или модуль скорости или ускорения по представленной зависимости координаты или скорости от времени (пример 4).

### Пример 4

Координата тела  $x$  изменяется с течением времени  $t$  согласно закону:  $x = 2 - 4t + t^2$ , где все величины выражены в СИ. Определите проекцию ускорения  $a_x$  этого тела.

Ответ: 2 м/с<sup>2</sup>.

Формулы для центростремительного ускорения и скорости тела при движении по окружности с постоянной по модулю скоростью проверяются при помощи заданий на подстановку данных в формулу (пример 5).

### Пример 5

Верхнюю точку моста радиусом 100 м автомобиль проходит со скоростью 20 м/с. Чему равно центростремительное ускорение автомобиля?

Ответ: 4 м/с<sup>2</sup>.

В линии 5 в этой теме, как правило, в заданиях требуется определить характер движения тела (равномерное, равноускоренное) по графику зависимости координаты или скорости от времени или сравнить характер движения двух тел.

В заданиях 6 и 7 рассматриваются одни и те же ситуации: свободное падение по вертикали; движение тела, брошенного горизонтально, и движение тела, брошенного под углом к горизонту. Для выполнения этих заданий необходимо уметь выводить все формулы, которые описывают основные характеристики этих видов движения.

В расчётных задачах линии 25 рассматриваются прямолинейное равноускоренное движение, свободное падение, включая движение под углом к горизонту, и движение по окружности.

## Уроки 6—10

## Основные модели заданий по теме «Динамика»

Задания, построенные на элементах содержания темы «Динамика», расположены в КИМ в линиях 2, 5, 6, 7 и 25. Линия 2 посвящена только проверке знания основных законов и формул динамики. Поскольку формат задания предполагает ответ в виде числа, то знание всех формул проверяется на уровне применения в стандартных ситуациях и с использованием простейших расчётов.

В линиях 5, 6 и 7 элементы динамики встречаются наряду с элементами содержания других тем механики, а среди заданий 25 есть расчётные задачи по динамике.

Рассмотрим задание 2 части 1. Здесь проверяется знание следующих элементов содержания:

- второй закон Ньютона;
- третий закон Ньютона;
- сила тяжести;
- закон всемирного тяготения;
- закон Гука;
- сила трения.

1. Знание законов Ньютона, закона всемирного тяготения и силы тяжести проверяется при помощи заданий либо просто на расчёт по формуле, либо в сравнении двух ситуаций в модели «изменится во столько-то раз» (примеры 1 и 2).

## Пример 1

При торможении на автобус действует равнодействующая сила 450 Н. Масса автобуса 3000 кг. Определите ускорение автобуса в инерциальной системе отсчёта.

Ответ: 0,15 м/с<sup>2</sup>.

## Пример 2

Две звезды с одинаковой массой  $m$  притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю  $F$ . Во сколько раз будет больше модуль сил притяжения между двумя звездами, если расстояние между их центрами в 2 раза больше, чем в первом случае, а массы звезд равны  $3m$  и  $4m$ ?

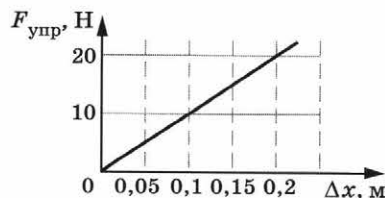
Ответ: в 3 раз(а).

2. Знание закона Гука и формулы для силы трения проверяется заданиями либо на расчёт одной из физических величин в формуле, либо с использованием представления данных в виде таблицы или графика (примеры 3 и 4).

## Пример 3

На рисунке представлен график зависимости силы упругости пружины от её удлинения. Чему равна жёсткость этой пружины?

Ответ: 100 Н/м.



#### Пример 4

При исследовании зависимости силы трения скольжения  $F_{\text{тр}}$  от силы нормального давления  $F_{\text{д}}$  были получены следующие данные:

$F_{\text{тр}}, \text{ Н}$	0,2	0,4	0,6	0,8
$F_{\text{д}}, \text{ Н}$	1,0	2,0	3,0	4,0

Чему равен по результатам исследований коэффициент трения скольжения?

Ответ: 0,2.

В линии 5 в этой теме, как правило, встречаются задания на интерпретацию данных исследований движения тел под действием силы трения и силы упругости, выраженных в виде графика. Необходимо обратить внимание на определение равнодействующих сил.

В заданиях 6 и 7 по-разному рассматриваются одни и те же ситуации: движение тела по окружности под действием силы тяготения (движение спутников), движение по наклонной плоскости. Для этих ситуаций необходимо подробно разобрать все величины, характеризующие эти движения, и формулы, по которым их можно рассчитать.

## Уроки 11–15

### Основные модели заданий по теме «Законы сохранения в механике»

Задания, проверяющие законы сохранения в механике, расположены в КИМ в линиях 3, 5, 6, 7 и 25. Линия 3 полностью посвящена только проверке основных формул и законов этой темы. Так же как и в предыдущих заданиях, формат заданий 3 предполагает ответ в виде числа и все формулы проверяются на уровне применения в стандартных ситуациях с использованием простейших расчётов.

В линиях 5, 6 и 7 элементы этой темы встречаются наряду с элементами содержания других тем механики, а среди заданий 25 есть расчётные задачи на законы сохранения импульса и закон сохранения энергии, которые в этом случае, как правило, используются совместно.

В заданиях линии 3 части 1 проверяется знание следующих элементов содержания:

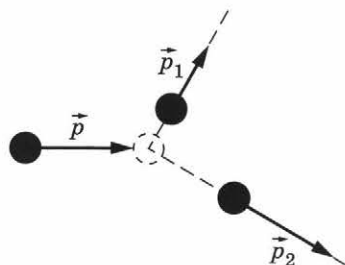
- импульс материальной точки;
- закон сохранения импульса;
- работа силы;
- мощность силы;
- кинетическая энергия;
- потенциальная энергия;
- закон изменения и сохранения механической энергии.

Импульс материальной точки проверяется, как правило, заданиями на определение отношения импульсов двух тел. Среди заданий на закон сохранения импульса есть простые задания на равенство изменения импульса силы изменению импульса тела. Встречаются ситуации применения закона сохранения импульса при абсолютно неупругом ударе. Затруднения в ЕГЭ вызывают задания на расчёт импульсов тел при соударении, представленных при помощи рисунков векторов импульсов. На этот тип заданий следует обратить особое внимание (пример 1).



## Пример 1

На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар. Налетевший шар имел до удара импульс  $p = 0,5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ . После удара шары разлетелись под углом  $90^\circ$  так, что импульс одного  $p_1 = 0,3 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$  (см. рисунок). Чему равен импульс другого шара после соударения?



Ответ: 0,4  $\text{кг} \cdot \text{м/с}$ .

Задания на определение работы силы и кинетической энергии построены на простой проверке знания формул. Для заданий на проверку мощности силы следует обратить внимание на то, что используется формула для определения мощности через силу и скорость равномерного движения для случая сонаправленности векторов силы и скорости (пример 2).

## Пример 2

Какую мощность развивает сила тяги трактора, перемещающего прицеп со скоростью  $18 \text{ км/ч}$ , если она составляет  $16,5 \text{ кН}$ ?

Ответ: 82 500 Вт.

При проверке потенциальной энергии используются задания как на расчёт потенциальной энергии в поле тяжести Земли, так и на расчёт потенциальной энергии пружины (примеры 3 и 4).

## Пример 3

Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту. Масса легкового автомобиля  $m = 1000 \text{ кг}$ . Чему равна масса грузовика, если отношение значений потенциальной энергии грузовика и легкового автомобиля относительно уровня воды равно 4?

Ответ: 4000 кг.

## Пример 4

Первая пружина имеет жёсткость  $20 \text{ Н/м}$ , вторая —  $40 \text{ Н/м}$ . Обе пружины растянуты на  $1 \text{ см}$ . Определите отношение потенциальных энергий пружин  $\frac{E_2}{E_1}$ .

Ответ: 2.

Знание закона изменения и сохранения механической энергии проверяется преимущественно для свободного падения тел как без потерь энергии, так и с потерями энергии за счёт сопротивления воздуха (пример 5).

## Пример 5

Мячик массой  $200 \text{ г}$  падает с некоторой высоты с нулевой начальной скоростью. К моменту падения на землю его кинетическая энергия равна  $24 \text{ Дж}$ . С какой высоты падал мячик, если потеря полной механической энергии за счёт сопротивления воздуха составила  $20 \%$ ?

Ответ: 15 м.

Задания линий 5—7 данной темы используют те же сюжеты, которые были описаны в темах по кинематике и динамике, но с добавлением данных об изменении импульса и энергии тел. Например, в заданиях на соответствие между графиками и физическими величинами используются элементы равноускоренного движения тел, в том числе и свободного падения, но

добавляются графики кинетической, потенциальной и полной энергии тела, а также графики зависимости проекции или модуля импульса от времени.

В линии 25 предлагается большой блок задач на применение закона сохранения импульса для неупругого удара, закона сохранения энергии, а также определение КПД различных процессов.

## Уроки 16—20

### Основные модели заданий по теме «Статика»

Задания, проверяющие элементы содержания темы «Статика», расположены в КИМ в линиях 4, 6 и 25. Линия 4 посвящена проверке знания основных формул и законов этой темы, а также знаний по механическим колебаниям и волнам. Формат заданий линии 4 предполагает ответ в виде числа, и все формулы проверяются на уровне применения в стандартных ситуациях с использованием простейших расчётов.

В линиях 5 и 7 элементы этой темы пока в КИМ ЕГЭ не встречаются.

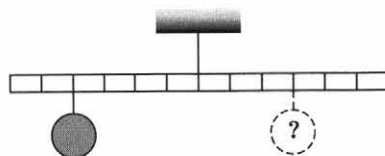
В линии 4 части 1 проверяется знание следующих элементов содержания:

- условие равновесия твёрдого тела;
- давление в жидкости, покоящейся в ИСО;
- сила Архимеда.

Проверка условия равновесия твёрдого тела ограничена проверкой правила равновесия рычага. Здесь встречаются как текстовые задания, так и задания с использованием табличных данных и рисунков рычагов. В этих заданиях часть информации для расчётов дана на рисунках (пример 1).

#### Пример 1

Тело массой 0,3 кг подвешено к невесомому рычагу так, как показано на рисунке. Груз какой массы надо подвесить к третьей метке в правой части рычага для достижения равновесия?



Ответ: 0,4 кг.

В заданиях на определение давления в жидкости необходимо обращать внимание на то, нужно или нет учитывать атмосферное давление (пример 2).

#### Пример 2

В сосуд высотой 20 см налита вода, уровень которой ниже края сосуда на 2 см. Чему равно давление воды на дно сосуда, если площадь дна 0,01 м<sup>2</sup>? Атмосферное давление не учитывать.

Ответ: 1800 Па.

Задания на вычисление архимедовой силы зачастую формулируются с использованием избыточных данных и требуют поиска необходимых плотностей в таблице (пример 3).

#### Пример 3

Шар плотностью 2,5 г/см<sup>3</sup> и объёмом 400 см<sup>3</sup> целиком опущен в воду. Определите архимедову силу, действующую на шар.

Ответ: 4 Н.

Задания линии 6 проверяют знание правил плавания тел. Здесь нужно обратить внимание на понимание того, что при плавании тела на поверхности жидкости сила Архимеда равна силе тяжести. Если тело переносят из одной жидкости в другую и оно продолжает плавать, то архимедова сила не изменяется, а изменяется глубина погружения тела в жидкость.

Среди задач линии 25 можно выделить задачи на расчёт рычагов и на равновесие жидкостей в сообщающихся сосудах.

## Уроки 21–25

### Основные модели заданий по теме «Механические колебания и волны»

Задания, проверяющие знание элементов содержания темы «Механические колебания и волны», расположены в КИМ в линиях 4, 5, 6, 7 и 25. В линии 4 проверяется знание основных формул этой темы на уровне применения в стандартных ситуациях с использованием простейших расчётов.

В линии 4 части 1 проверяется знание следующих элементов содержания:

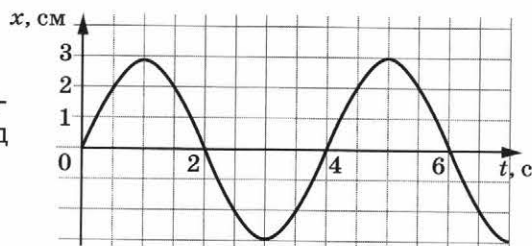
- свободные и вынужденные колебания;
- математический маятник;
- пружинный маятник;
- механические волны;
- звук, скорость звука.

При проверке свободных колебаний в большинстве заданий используются графики зависимости координаты от времени для колеблющегося тела, по которым и необходимо определять основные характеристики (пример 1). Кроме того, используются таблицы, в которых представлены данные о положении колеблющегося тела и символическая запись колебаний. Все три способа представления должны быть отработаны и использованы для определения периода, частоты и амплитуды колебаний.

#### Пример 1

На рисунке дан график зависимости координаты тела от времени. Определите период колебаний тела.

Ответ: 4 с.



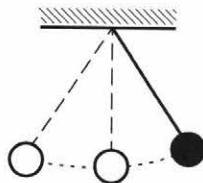
Следующую группу представляют задания на использование формул для периода (частоты) математического и пружинного маятников. Здесь даны одинаковые модели заданий, проверяющие зависимость периода (частоты) колебаний от длины математического маятника и от массы и жёсткости пружины пружинного маятника. Необходимо обратить внимание на задания, в которых проверяется понимание независимости периода колебаний математического маятника от массы его груза.

Ещё одна важная группа заданий — на изменение энергии при колебаниях маятников (пример 2), как математического, так и пружинного.

#### Пример 2

Математический маятник с периодом колебаний 2 с отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили без начальной скорости (см. рисунок). Через какое время после этого кинетическая энергия маятника в первый раз достигнет максимума? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 0,5 с.



В заданиях на механические волны, звук и скорость звука проверяется знание формул длины волны через частоту (период) и скорость волны. Для звуковых волн нужно обратить внимание на задания на распространение отражённого звукового сигнала (эхо).

В линии 5 предлагается провести комплексный анализ колебательного процесса, данные о котором представлены в виде описания, графика или таблицы. Как правило, каждый ответ описывает либо значение одной из величин, либо её изменение в процессе колебаний. В заданиях линии 6 используются те же сюжеты, но анализируется изменение только двух величин. В заданиях линии 7 используются прежде всего графики зависимости от времени для всех величин: координаты, скорости, ускорения, импульса, кинетической, потенциальной и полной механической энергии маятника. Большой блок заданий в линии 7 проверяет умение представлять аналитические формулы для искомых величин, описывающих колебательное движение тела.

В расчётных задачах в линии 25 приоритет отдаётся заданиям на применение закона сохранения энергии в процессе колебаний.

## Уроки 26—30

### Основные модели заданий по теме «Молекулярная физика»

Задания, проверяющие знание элементов содержания темы «Молекулярная физика», расположены в КИМ в линиях 8, 10, 11, 12 и 26. В линиях 8 и 10 проверяются основные формулы этой темы на уровне применения в стандартных ситуациях с использованием простейших расчётов.

В линии 8 части 1 проверяется знание следующих элементов содержания:

- связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул идеального газа (основное уравнение МКТ);
- связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц;
- уравнение  $p = nkT$ ;
- уравнение Менделеева—Клапейрона.

Все эти элементы содержания проверяются примерно одинаковыми моделями заданий, преимущественно с использованием сравнения величин (изменяются во столько-то раз). Обратите внимание на необходимость перевода температуры в абсолютную шкалу (пример 1).

#### Пример 1

Температура гелия увеличилась с 27 до 177 °С. Во сколько раз увеличилась средняя кинетическая энергия его молекул?

Ответ: в 1,5 раз(а).

Наиболее сложными здесь являются задания на уравнение Менделеева—Клапейрона с использованием графиков или таблиц. В качестве математических расчётов все эти задания требуют определения отношения величин (пример 2).

#### Пример 2

Объём 1 моль водорода в сосуде при температуре  $T$  и давлении  $p$  равен  $V_1$ . Объём 3 моль водорода при том же давлении и температуре  $2T$  равен  $V_2$ . Чему равно отношение  $V_2/V_1$ ? Водород считать идеальным газом.

Ответ: 6.



В заданиях линии 10 проверяется знание относительной влажности. В типовых заданиях требуется рассчитать относительную влажность. При этом считается, что выпускники должны знать, что давление насыщенных паров воды при температуре кипения ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) равно атмосферному давлению, значение которого приведено в справочных материалах (пример 3).

**Пример 3**

Парциальное давление водяных паров, содержащихся в воздухе при температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , равно  $65\text{ кПа}$ . Определите относительную влажность воздуха.

Ответ: 65 %.

Затруднения в этой линии вызывают задания на определение относительной влажности при условии частичной конденсации пара, понимание того факта, что относительная влажность не бывает больше  $100\%$  (пример 4).

**Пример 4**

Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна  $60\%$ . Какой будет относительная влажность, если объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

Ответ: 100 %.

В заданиях линии 11 рассматривается какой-либо процесс и требуется его комплексный анализ. При этом каждый ответ предполагает определение характера изменения или оценки значения какой-либо величины. В линии 12 встречаются как задания на анализ изменения величин в различных процессах, так и задания на определение формул изопроцессов или зависимости данной величины от температуры или объёма с учётом заданных значений остальных величин.

В заданиях линии 26 используются расчётные задачи на применение уравнения Менделеева—Клапейрона и на применение газовых законов.

## Уроки 31—35

### Основные модели заданий по теме «Термодинамика»

Задания, проверяющие знание элементов содержания темы «Термодинамика», расположены в КИМ в линиях 9, 10, 11, 12 и 26. В линиях 9 и 10 проверяется знание основных формул этой темы на уровне применения в стандартных ситуациях с использованием простейших расчётов.

В линии 9 части 1 проверяются следующие элементы содержания:

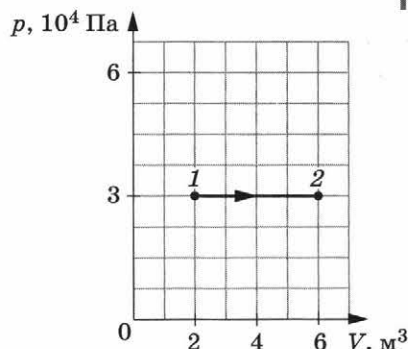
- работа в термодинамике. Вычисление работы по графику процесса на  $pV$ -диаграмме;
- первый закон термодинамики;
- КПД тепловой машины, максимальное значение КПД.

В заданиях на определение работы газа предлагаются графики изобарных процессов (пример 1) либо сочетание графиков изобарного и изохорного процессов. Самым сложным случаем для заданий базового уровня является определение работы как площади соответствующей трапеции на графике  $p(V)$ .

Пример 1

Какую работу совершает идеальный газ при переходе из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?

Ответ: 120 кДж.



Первый закон термодинамики проверяется при помощи либо типовых заданий с описанием процесса (пример 2), либо заданий с графиками изопроцессов. Здесь, как правило, одна из величин (работа или внутренняя энергия) остаётся неизменной.

Пример 2

Внутренняя энергия 2 моль одноатомного идеального газа уменьшилась на 800 Дж, при этом внешние силы совершили над ним работу 400 Дж. Какое количество теплоты отдал газ?

Ответ: 1200 Дж.

Задания на КПД тепловой машины включают разновидности, использующие разные формулы, включая формулу для максимального КПД (пример 3). Наиболее сложными здесь являются задания, в которых температуры холодильника и нагревателя задаются по шкале Цельсия и нуждаются в переводе в шкалу Кельвина.

Пример 3

У идеальной тепловой машины Карно температура нагревателя равна 700 К. Какой должна быть температура её холодильника, чтобы КПД машины был равен 50%?

Ответ: 350 К.

В линии 10 части 1 проверяется знание следующих элементов содержания:

- количество теплоты, удельная теплоёмкость вещества;
- удельная теплота парообразования, удельная теплота плавления;
- уравнение теплового баланса.

Здесь используются расчётные задания, в которых часть данных требуется найти в справочных таблицах (пример 4), а также задания с использованием графиков как на нагревание (охлаждение) тела (пример 5), так и на изменение агрегатного состояния вещества.

Пример 4

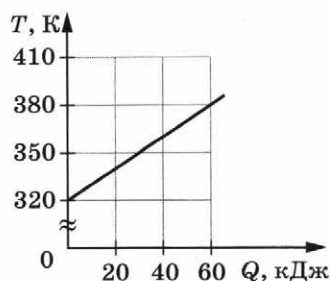
На нагревание текстолитовой пластинки массой 0,2 кг от 30 до 90 °С потребовалось затратить 18 кДж энергии. Чему равна удельная теплоёмкость текстолита?

Ответ: 1,5 кДж/(кг · К).

Пример 5

На рисунке изображён график зависимости температуры тела массой 2,5 кг от подводимого к нему количества теплоты. Определите удельную теплоёмкость этого вещества.

Ответ: 400 кДж/(кг · К).



В заданиях линии 11 рассматриваются циклические процессы в газах, в них, как правило, один из ответов описывает какой-либо изопроцесс, а другой требует применения первого закона термодинамики к какому-либо из процессов заданного цикла. Кроме того, здесь используются ситуации анализа графиков, описывающих изменение температуры при изменении агрегатного состояния вещества. Задания линии 12 используют те же сюжеты, но требуют либо записи формул, по которым можно рассчитать соответствующие величины, либо анализа графиков с указанием характера изменения различных величин для процессов, описанных при помощи этих графиков.

В линии задач 26 можно выделить блоки заданий на применение первого закона термодинамики к изобарному процессу, на расчёт КПД процесса с использованием графиков и уравнения теплового баланса.

## Уроки 36—40

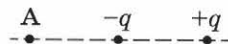
### Основные модели заданий по теме «Электростатика»

Задания, проверяющие знание элементов содержания этой темы, расположены в КИМ в линиях 13, 16, 17, 18 и 27.

В линии 13 проверяется умение определять направление векторных величин: силы кулона и вектора напряжённости электростатического поля (принцип суперпозиции электрических полей). В этой линии учащиеся затрудняются в определении направления вектора напряжённости вблизи положительного и отрицательного зарядов (пример 1).

#### Пример 1

На рисунке представлено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов  $-q$  и  $+q$ . Куда направлен **(вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю)** вектор напряжённости результирующего электрического поля  $\vec{E}$  в точке А, расположенной на одной прямой с зарядами? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: вправо.

В линии 14 проверяется знание основных законов и формул этой темы по следующим элементам содержания:

- закон Кулона;
- ёмкость конденсатора;
- энергия заряженного конденсатора.

Здесь используются простые расчётные ситуации, сложности возникают лишь в случае расчёта кулоновских сил, поскольку необходимо использовать дольные единицы (например, выразить ответ в мкН, как в примере 2).

#### Пример 2

С какой силой взаимодействуют в вакууме два маленьких заряженных шарика, находящиеся на расстоянии 2 м друг от друга? Заряд каждого шарика  $4 \cdot 10^{-8}$  Кл.

Ответ: 3,6 мкН.

В линии 17 следует уделить внимание заданиям на изменение геометрии плоского конденсатора для двух случаев:

- а) конденсатор остаётся подключённым к аккумулятору, и напряжение между его пластинами остаётся неизменным;
- б) конденсатор заряжен и отключён от источника, в этом случае постоянной величиной остаётся заряд конденсатора.

В линии 18 затруднения вызывают задания на определение модуля напряжённости электростатического поля внутри и вне проводящих уединённых тел.

В линии 27 выделяются блоки задач на применение закона Кулона, на расчёт модуля вектора напряжённости и на расчёт характеристик движения частицы в электрическом поле.

## Уроки 41—45

### Основные модели заданий по теме «Постоянный ток»

Задания, проверяющие знание элементов содержания этой темы, расположены в КИМ в линиях 14, 16, 17, 18 и 27. В линии 14 проверяется знание основных законов и формул этой темы по следующим элементам содержания:

- сила тока;
- закон Ома для участка цепи;
- последовательное и параллельное соединение проводников;
- работа и мощность, закон Джоуля—Ленца.

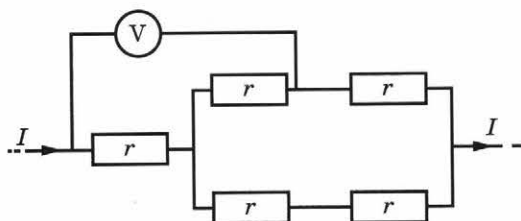
В блоке заданий на проверку формулы для силы тока необходимо больше внимания уделить заданиям, в которых по графику зависимости силы тока от времени необходимо определить заряд, прошедший по проводнику.

В блоке заданий на закон Ома для участка цепи выделяются задания на расчёт сопротивления по графику зависимости силы тока от напряжения, задания на одновременное применение формулы для сопротивления проводника (через удельное сопротивление, длину и площадь поперечного сечения), а также большая группа заданий с использованием схем. Здесь внимания требуют задания, в которых нужно найти показания вольтметра в схеме со смешанным соединением проводников (пример 1).

#### Пример 1

Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 1 Ом соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток 2 А (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?

Ответ: 3 В.



В блоке заданий на расчёт цепей с использованием формул для последовательного и параллельного соединения проводников наиболее сложными для участников экзамена оказываются задания, в которых один из резисторов закорачивают. Здесь целесообразно сначала изобразить новую схему, а затем уже рассчитывать общее сопротивление.

В заданиях на закон Джоуля—Ленца рекомендуется обратить внимание на вопросы, требующие расчёта отношения количества теплоты, выделяющегося на разных элементах цепи, поскольку здесь используются дополнительно формулы для расчёта сопротивлений или закон Ома для участка цепи.

В линиях 17 и 18 рассматриваются различные электрические цепи, для которых необходимо либо найти формулы для расчёта искомых величин, либо проанализировать изменение величин при изменении характеристик цепи, используя приведённые выше законы и формулы.

В линии заданий 27 выделяется три блока расчётных задач: на расчёт цепей с использованием закона Ома для участка цепи и формул для соединений проводников, на применение закона Ома для полной цепи (включая цепь с конденсатором) и на применение закона Джоуля—Ленца.



## Уроки 46–50

## Основные модели заданий по теме «Магнитное поле»

Задания, проверяющие знание элементов содержания этой темы, расположены в КИМ в линиях 13, 17, 18 и 27. В линии 13 проверяется умение определять направление векторных величин по следующим элементам содержания:

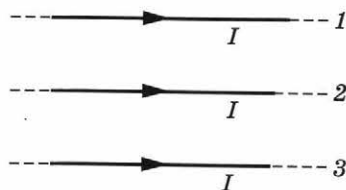
- магнитное поле проводника с током;
- сила Ампера;
- сила Лоренца.

Для всех заданий на определение направления необходимо объяснить учащимся формат записи ответа. Слова **вверх**, **вниз**, **влево**, **вправо** описывают направления в плоскости листа.

Среди заданий на определение магнитного поля проводника с током рекомендуется обратить внимание на задания, в которых нужно определить направление суммарного вектора магнитной индукции для двух проводников с током; среди заданий на силу Ампера — на группу заданий, проверяющих взаимодействие проводников с током, поскольку здесь нужно знать не только то, как взаимодействуют проводники с сонаправленными и противоположно направленными токами, но и то, что модуль вектора магнитной индукции зависит от расстояния между проводниками (пример 1).

## Пример 1

Как направлена (**вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю**) сила Ампера, действующая на проводник 3 со стороны двух других проводников (см. рисунок)? Все проводники тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу, и расстояния между соседними проводниками одинаковы,  $I$  — сила тока.



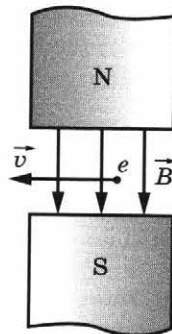
Ответ: вверх.

Среди заданий на силу Лоренца (частица движется в однородном магнитном поле между полюсами магнита) наибольшие затруднения вызывают задания с электронами. Участники экзамена забывают, что правило левой руки для силы Лоренца формулируется для направления движения положительно заряженных частиц (пример 2).

## Пример 2

Электрон, влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет скорость  $\vec{v}$ , перпендикулярную вектору индукции  $\vec{B}$  магнитного поля, направленному вертикально (см. рисунок). Куда направлена (**вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю**) действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).

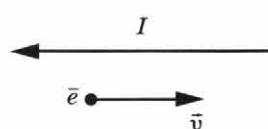
Ответ: от наблюдателя.



В заданиях, аналогичных примеру 3 на определение направления силы Лоренца, электрон можно рассматривать как ток, направление которого противоположно скорости электрона. В данном случае сонаправленные токи притягиваются.

Пример 3

Электрон  $e$  имеет горизонтальную скорость  $\vec{v}$ , направленную вдоль прямого длинного проводника с током  $I$  (см. рисунок). Куда направлена (**вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю**) действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: вверх.

Задания линий 17 и 18 проверяют, как правило, знание о движении заряженных частиц в магнитном поле (изменение величин, формулы, по которым можно рассчитать различные величины).

В линии 27 выделяется два блока расчётных задач: на применение формулы для силы Ампера и на движение заряженных частиц в магнитном поле.

## Уроки 51—55

### Основные модели заданий по теме «Электромагнитная индукция. Электромагнитные колебания»

Задания, проверяющие знание элементов содержания этих тем, расположены в КИМ в линиях 15, 16, 17, 18 и 27. В линии 15 представлено большое число заданий базового уровня на основные формулы этой темы по следующим элементам содержания:

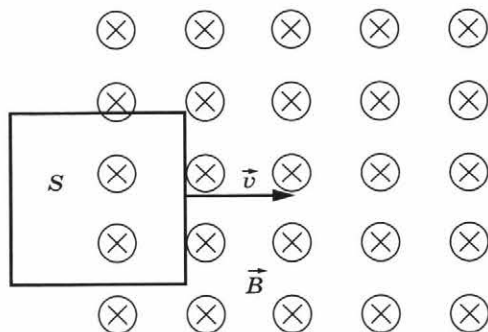
- поток вектора магнитной индукции;
- закон электромагнитной индукции Фарадея, ЭДС индукции в движущихся проводниках;
- индуктивность, ЭДС самоиндукции;
- энергия магнитного поля катушки с током;
- колебательный контур.

Поток вектора магнитной индукции проверяется как для случая рамки, перпендикулярной вектору магнитной индукции, так и для случая расположения под углом (как правило,  $30^\circ$  для получения целочисленного ответа).

Наиболее сложными в этой группе оказываются задания на ЭДС индукции в движущихся проводниках (пример 1).

Пример 1

В некоторой области пространства создано вертикальное однородное магнитное поле. Горизонтальная квадратная металлическая рамка площадью  $S$  движется через границу этой области с постоянной скоростью  $\vec{v}$ , направленной перпендикулярно стороне рамки и вектору магнитной индукции  $\vec{B}$  (см. рисунок, вид сверху). ЭДС индукции, генерируемая при этом в рамке, равна  $\mathcal{E}$ . Во сколько раз меньше будет ЭДС в металлической квадратной рамке, если она будет двигаться в этом поле точно с вдвое меньшей скоростью?



Ответ: в 2 раз(а).

В группе заданий на ЭДС самоиндукции необходимо обратить внимание на задания с использованием графиков зависимости силы тока в катушке индуктивности от времени, в которых ЭДС находится как площадь под соответствующим отрезком прямой.

Задания на колебательный контур проверяют, как правило, формулу Томсона. Здесь встречаются задания на сравнение в модели «изменится во столько-то раз»; задания, в которых данные об индуктивности или ёмкости необходимо выделить из схемы; задания с использованием графиков, в которых необходимо определить период колебаний. Кроме того, встречается ряд заданий, требующих понимания процессов изменения заряда, силы тока и соответствующих энергий в колебательном контуре (пример 2).

### Пример 2

Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора. В нём наблюдаются гармонические электромагнитные колебания с периодом 10 мкс. Максимальная сила тока в катушке индуктивности равна 6 мА. Какой будет сила тока в катушке в момент времени  $t = 5$  мкс, если в начальный момент времени сила тока равна нулю?

Ответ: 0 мА.

Задания линий 16—18, как правило, посвящены электромагнитным колебаниям в контуре: комплексному анализу процесса колебаний (задание линии 16), изменению отдельных величин при изменении характеристик колебательного контура (задание линии 17), формулам и графикам, отражающим изменения соответствующих величин (задание линии 18).

Среди расчётных задач линии 27 большая группа заданий на закон электромагнитной индукции, движение проводников в магнитном поле, а также задания на применение формул для колебаний в колебательном контуре.

## Уроки 56—60

### Основные модели заданий по теме «Электромагнитные волны. Оптика»

Задания, проверяющие знание элементов содержания темы «Оптика», расположены в КИМ в линиях 15, 16, 17, 18 и 27. В линии 15 проверяется знание основных формул этой темы на уровне применения в стандартных ситуациях с использованием простейших расчётов.

В линии 15 части 1 проверяется знание следующих элементов содержания:

- закон отражения света;
- закон преломления света;
- ход лучей в линзе.

Проверка знания закона отражения света возможна как напрямую через расчёт углов падения и отражения, так и через построение изображения в зеркале. Здесь само изображение строить не нужно, требуется лишь понимать равенство расстояний между предметом и зеркалом и изображением и зеркалом (пример 1).

### Пример 1

Предмет находится на расстоянии 40 см от плоского зеркала. Чему будет равно расстояние между ним и его изображением, если предмет приблизить к зеркалу на 20 см?

Ответ: 40 см.

Знание закона преломления света проверяется преимущественно в заданиях повышенного уровня, а в заданиях базового уровня показатель преломления рассчитывается через отношение скоростей или отношение длин волн в разных средах (пример 2).

Пример 2

Длина волны света лазерной указки равна 532 нм в воздухе и 400 нм в воде. Чему равен показатель преломления воды?

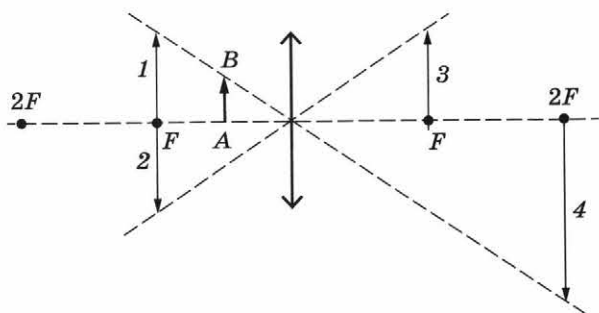
Ответ: 1.33.

Большая группа заданий проверяет построение изображений в собирающей линзе. В заданиях с рисунками требуется либо определить изображение по заданному положению предмета (пример 3), либо рассчитать фокусное расстояние или оптическую силу линзы по заданному ходу лучей. Есть также группа заданий на применение формулы линзы.

Пример 3

Какая из стрелок 1—4 служит мнимым изображением предмета  $AB$  в тонкой линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?

Ответ: 1.



Задания линий 16—18 конструируются преимущественно на следующих элементах содержания: преломление света (опыты по преломлению и формулы); полное внутреннее отражение света; построение изображений в линзах (собирающей и рассеивающей) и характеристики линзы с учётом соотношения показателей преломления среды и материала линзы; дифракционная решётка.

В заданиях линии 27 большинство задач на построение изображения в линзах с учётом увеличения линзы, кроме того, есть задачи на преломление света и расчёт максимумов дифракционной решётки.

## Уроки 61—64

### Основные модели заданий по разделу «Квантовая физика»

Задания, построенные на элементах содержания раздела «Квантовая физика», расположены в КИМ в линиях 19, 20, 21 и 27.

В линии 19 проверяется знание следующих элементов содержания:

- планетарная модель атома;
- нуклонная модель ядра;
- радиоактивность (альфа-, бета-распад и гамма-излучение);
- ядерные реакции.

Для проверки строения атома и строения ядра используются две модели заданий. В первой задаётся символическая запись (например,  $^{210}_{84}\text{Po}$ ), а во второй необходимый элемент и его характеристики нужно найти во фрагменте таблицы Менделеева (пример 1).

2	II	<b>Li</b> 3 ЛИТИЙ 7 <sub>93</sub> 6 <sub>7,4</sub>	<b>Be</b> 4 БЕРИЛЛИЙ 9 <sub>100</sub>	5	<b>B</b> БОР 11 <sub>80</sub> 10 <sub>20</sub>
3	III	<b>Na</b> 11 НАТРИЙ 23 <sub>100</sub>	<b>Mg</b> 12 МАГНИЙ 24 <sub>79</sub> 26 <sub>11</sub> 25 <sub>10</sub>	13	<b>Al</b> АЛЮМИНИЙ 27 <sub>100</sub>
4	IV	<b>K</b> 19 КАЛИЙ 39 <sub>93</sub> 41 <sub>6,7</sub>	<b>Ca</b> 20 КАЛЬЦИЙ 40 <sub>97</sub> 44 <sub>2,1</sub>	21	<b>Sc</b> СКАНДИЙ 45 <sub>100</sub>
	V	29 <b>Cu</b> МЕДЬ 63 <sub>69</sub> 65 <sub>31</sub>	30 <b>Zn</b> ЦИНК 64 <sub>49</sub> 66 <sub>28</sub> 68 <sub>19</sub>	31	<b>Ga</b> ГАЛЛИЙ 69 <sub>60</sub> 71 <sub>40</sub>

## Пример 1

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

Определите число протонов и число нейтронов в ядре наименее распространённого изотопа кальция.

Ответ:	<b>Число протонов</b>	<b>Число нейтронов</b>
	20	24

При проверке ядерных реакций используется две модели. В первой нужно самостоятельно записать реакцию альфа- или бета-распада и определить зарядовое и массовое число полученного элемента. Во второй модели приводится реакция с одним неизвестным элементом. Зарядовое и массовое число искомых элементов необходимо записать в таблицу, а затем перенести в бланк ответов без пробела.

В линии 20 проверяется знание следующих элементов содержания:

- энергия фотона;
- импульс фотона;
- излучение и поглощение фотонов при переходе атома с одного уровня на другой;
- закон радиоактивного распада.

Знание энергии и импульса фотона проверяется, как правило, заданиями на нахождение отношений величин (пример 2).

## Пример 2

Отношение импульсов двух фотонов  $\frac{p_1}{p_2} = 0,5$ . Определите отношение длин волн этих фотонов  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ .

Ответ: 2.

Знание излучения и поглощения фотонов атомом проверяется при помощи заданий с использованием схем энергетических уровней атома. А для проверки закона радиоактивного распада используется преимущественно несколько моделей заданий: задания с графиком зависимости числа ядер от времени при радиоактивном распаде; задания с символической записью закона; задания, в которых необходимо определить число ядер или массу изотопа через определённые промежутки времени, кратные периоду полураспада.

Среди заданий повышенного уровня в линии 21 необходимо обратить особое внимание на задания по проверке уравнения Эйнштейна для фотоэффекта (изменение запирающего напряжения, максимальной скорости фотоэлектронов или их максимальной кинетической энергии и неизменность работы выхода при изменении характеристик падающего на фотоэлемент излучения), а также на задания на установление соответствия между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими на энергетические переходы в соответствующей схеме энергий атома.

Для линии 27 предлагается несколько групп задач: на мощность излучения, на применение законов фотоэффекта и на ионизацию атома водорода.



## Уроки 65—66

### Основные модели заданий линий 22 и 23

Задания линии 22 проверяют умение записывать показания приборов с учётом абсолютной погрешности измерений. В большинстве случаев используются фотографии или рисунки следующих приборов: линейки, мензурки, термометра, барометра, манометра, амперметра, вольтметра. Есть задания, в которых нужно рассчитать значение величины, измеренное методом рядов.

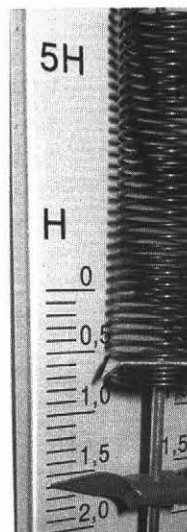
Погрешность измерений указывается в тексте заданий (в виде цены деления, половины цены деления прибора или заданного значения). Типичная модель задания с использованием фотографии (пример 1).

#### Пример 1

Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность измерения равна цене деления динамометра. Чему равна по результатам этих измерений сила тяжести?

Запишите в ответ показания динамометра с учётом погрешности измерений.

Ответ: (1,6 ± 0,1) Н.



Следует обратить внимание на следующие моменты:

- правила включения амперметра и вольтметра в электрическую цепь;
- снятие показаний барометра и двухпредельных амперметров и вольтметров с учётом выбора шкалы для данного измерения;
- запись всех значащих цифр в результатах измерения величины (пример 2).

#### Пример 2

Для того чтобы более точно измерить массу одного винта, на электронные весы положили 50 винтов. Весы показали 25 г. Погрешность измерения равна ± 1 г. Чему равна масса одного винта по результатам этих измерений?

Запишите ответ с учётом погрешности измерений.

Ответ: (0,50 ± 0,02) г.

Хотя пока запись ответа в виде  $(0,5 \pm 0,02)$  г при проверке результатов ЕГЭ не считается ошибкой, но всё-таки нужно научиться записывать показания правильно.

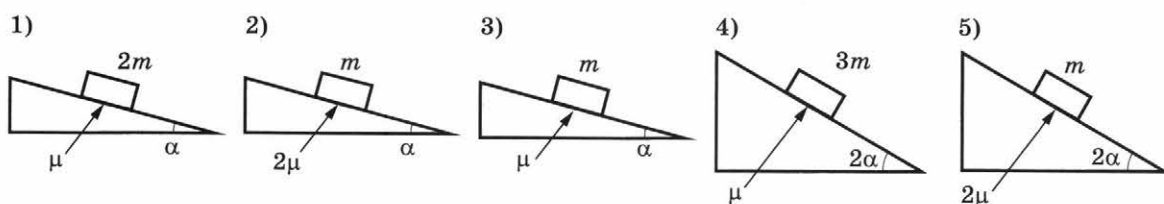
Задания линии 23 проверяют умение выбирать оборудование для проведения опыта с учётом сформулированной гипотезы. Здесь встречается три разные модели заданий:

- с использованием рисунков экспериментальных установок (пример 1);
- с использованием таблиц, в строках которых перечислены характеристики экспериментальных установок (пример 2);
- с выбором двух недостающих элементов (приборов или материалов) для сборки экспериментальной установки (пример 3).

#### Пример 1

Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения тела, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от угла наклона плоскости к горизонту

(на всех представленных ниже рисунках  $m$  — масса тела,  $\alpha$  — угол наклона плоскости к горизонту,  $\mu$  — коэффициент трения между бруском и плоскостью). Какие две установки следует использовать для проведения такого исследования?



Запишите в таблицу номера выбранных установок.

Ответ: 

2	5
---	---

### Пример 2

Ученику необходимо провести исследование зависимости частоты свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре от ёмкости конденсатора. Параметры колебательных контуров приведены в таблице. Какие два колебательных контура из предложенных ниже необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ колебательного контура	Ёмкость конденсатора	Индуктивность катушки
1	14 пФ	1,2 мГн
2	0,6 мкФ	1,4 мГн
3	12 пФ	1,2 мГн
4	14 пФ	1,3 мГн
5	0,6 мкФ	1,0 мГн

В ответ запишите номера выбранных колебательных контуров.

Ответ: 

1	3
---	---

### Пример 3

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой определить сопротивление лампочки. Для этого школьник взял соединительные провода, реостат, ключ, лампочку и вольтметр. Какие две позиции из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) ключ
- 2) амперметр
- 3) резистор
- 4) конденсатор
- 5) аккумулятор

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ: 

2	5
---	---

## ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ КИМ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ

Задания с развёрнутым ответом КИМ ЕГЭ оцениваются двумя экспертами с учётом правильности и полноты ответа. Максимальный первичный балл за задания с развёрнутым ответом составляет 3 балла. К каждому заданию приводится подробная инструкция для экспертов, в которой указывается, за что выставляется каждый балл — от нуля до максимального балла. В экзаменационном варианте перед каждым типом задания предлагается инструкция, в которой приведены общие требования к оформлению ответов.

В соответствии с Порядком проведения Единого государственного экзамена, утверждаемым приказом Минобрнауки России (п. 53), «баллы за ответы участника ЕГЭ на задания экзаменационной работы с развёрнутым ответом определяются, исходя из следующих положений:

- если баллы двух экспертов совпали, то полученный балл является окончательным;
- если установлено несущественное расхождение в баллах, выставленных двумя экспертами, то окончательный балл определяется как среднее арифметическое баллов двух экспертов с округлением в большую сторону;
- если установлено существенное расхождение в баллах, выставленных двумя экспертами, то назначается проверка ответа участника ЕГЭ... третьим экспертом».

Существенным считается расхождение в **2 и более** балла оценки за выполнение любого задания.

В материалах для экспертов ЕГЭ по физике для каждого задания приводится авторский способ решения. Однако предлагаемый разработчиками КИМ способ (метод) решения не является эталонным. Он лишь помогает эксперту в разборе решения соответствующего задания.

Выполнение заданий оценивается на основании описания полного правильного ответа, за который выставляется максимальный балл, а наличие тех или иных недостатков или ошибок приводит к снижению на 1 или 2 балла. В случае когда ошибки в решении не подпадают ни под один из критериев на 3, 2 или 1 балл, задание оценивается в 0 баллов.

В случае если решение экзаменуемого имеет логику, отличную от авторской, эксперт оценивает возможность решения конкретной задачи тем способом, который выбрал учащийся. Если ход решения учащегося допустим, то эксперт оценивает полноту и правильность этого решения с помощью обобщённой схемы оценивания на основании списка основных законов, формул или утверждений, который соответствует выбранному учащимся способу решения.

### Оценивание заданий линии 28

Обобщённая схема оценивания строится на основании трёх элементов решения:

- 1) формулировка ответа;
- 2) объяснение;
- 3) прямые указания на физические явления и законы.

Как правило, в авторском решении правильный ответ и объяснение выделяются отдельными пунктами. В критериях оценивания приводится перечень явлений и законов, на основании которых строится объяснение.

Количество логических шагов в объяснении и перечень законов и явлений зависят от выбранного способа решения. Это учитывается при выборе критериев оценивания.

## Обобщённая схема оценивания

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае формулируется ответ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае перечисляются явления и законы)	3
<p>Дан правильный ответ и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (одна из формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, один из законов (одну из формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев:</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимые для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

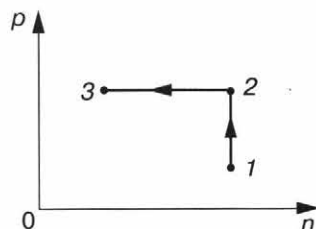
Среди качественных задач встречаются задания с дополнительными условиями. Например, дополнительно к объяснению предлагается изобразить схему электрической цепи или сделать рисунок с ходом лучей в оптической системе. В этом случае в описание полного правильного решения вводится ещё один пункт (верный рисунок или схема). Отсутствие рисунка (или схемы) или наличие ошибки в них приводит к снижению оценки на 1 балл, а наличие правильного рисунка (схемы) при отсутствии других элементов ответа даёт возможность учащемуся получить 1 балл.

Если в задании требуется нарисовать схему электрической цепи, то принимаются схемы, отвечающие требованиям задачи, в которых используются стандартные обозначения элементов электрической цепи.

## Примеры оценивания ответов на задание 28

## Пример 1

Постоянное количество одноатомного идеального газа участвует в процессе, график которого изображён на рисунке в координатах  $p - n$ , где  $p$  — давление газа,  $n$  — его концентрация. Определите, получает газ теплоту или отдаёт в процессах 1—2 и 2—3. Ответ поясните, опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики.



## Возможное решение

- По первому закону термодинамики количество теплоты, которое газ получает, равно сумме изменения его внутренней энергии  $\Delta U$  и работы газа  $A$ :  $Q = \Delta U + A$ . Концентрация газа  $n = \frac{N}{V}$ , где  $N$  — число молекул газа,  $V$  — его объём. Для идеального одноатомного газа внутренняя энергия  $U = \frac{3}{2} \nu RT$  (где  $\nu$  — количество моль газа). По условию задачи  $N = \text{const}$ .
- Так как на участке 1—2 концентрация газа не изменяется, его объём постоянен (изохорный процесс), значит, работа газа  $A = 0$ . В этом процессе давление газа растёт, согласно закону Шарля температура газа также растёт, т. е. его внутренняя энергия увеличивается:  $\Delta U > 0$ . Значит,  $Q_{12} > 0$ , и газ получает тепло.
- На участке 2—3 концентрация газа уменьшается, значит, его объём увеличивается, и работа газа положительна:  $A > 0$ . Давление газа постоянно (изобарный процесс), по закону Гей-Люссака температура газа также увеличивается. Поэтому  $\Delta U > 0$ . По первому закону термодинамики  $Q_{23} > 0$ . В этом процессе газ получает тепло.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: $Q_{12} > 0$ ; $Q_{23} > 0$ ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: формула для внутренней энергии одноатомного идеального газа, первый закон термодинамики, изопроцессы)	3
<p>Дан правильный ответ и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (одна из формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, один из законов (одну из формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев:</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимые для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p>	1



Продолжение

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

## Работа 1 — 3 балла

(№ 28)

$n = \frac{N}{V}$ , где  $N$  — кол-во молекул газа в объёме  $V$ . По уравн. Клапейрона — Менделеева  $pV = NkT$ ;  $N = nV \Rightarrow \Rightarrow pV = nVkT$  или  $p = nkT$ .

На рисунке в процессе 1-2 газ увеличивает давление при неизменной концентрации, это значит, что температура увеличивается пропорционально давлению. Имеем:  $Q = A + \Delta U$ , где  $A$  — работа газа, а  $\Delta U$  — изменение внутр. энергии. В случае 1-2 внутр. энергия газа будет изменяться пропорционально изменению температуры, т.е. в случае 1-2  $\Delta U > 0$ . Работа газа зависит от давления и изменения объёма  $V = \frac{N}{n}$ , т.к. по условию  $N = \text{const}$ , то в процессе 1-2  $V = \frac{N}{n} = \text{const} \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow A = 0$ . Т.о. в процессе 1-2 газ будет получать теплоту т.к.  $Q = \Delta U > 0$ . В процессе 2-3 при неизменном давлении газ уменьшает концентрацию, по ф-ле  $p = nkT$  соответственно должна увеличиваться температура, след-но  $\Delta U > 0$ , с другой стороны  $V = \frac{N}{n}$ ,  $N = \text{const}$ , соответственно при уменьшении  $n$  объём также должен увеличиваться, т.е.  $\Delta V > 0 \Rightarrow A = p\Delta V > 0$ , откуда  $Q = A + \Delta U > 0$ , т.е. газ в процессе 2-3 тоже получает теплоту.

Ответ: в процессах 1-2 и 2-3 газ получает теплоту

Полностью верное обоснованное решение. 3 балла.

## Работа 2 — 2 балла

28. 1)  $p = nkT$ , где  $n$  — концентрация,  $T$  — температура.  
 В процессе 1-2  $p$  увеличивается, а  $n$  неизменна, т.е. увеличивается  $T$ : идет нагрев, и тепло подводится.  
 $\Delta V = 0$ , т.к.  $\Delta n = 0$
- 2)  $pV = \nu RT$  —  $\nu$  — кол-во газа,  $V$  — объем ( $n = \frac{1}{V}$ ). В процессе 2-3  $p$  неизменно при постоянной  $n$ . Т.к. неизменно и кол-во, найдем  $\Delta n < 0 \Rightarrow \Delta V > 0$  и  $\frac{V}{T} = \text{const}$ , изобарное расширение. Тепло также подводится и тратится как на увеличение объема, так и на нагрев ( $Q = A + \Delta U$ )

Получен обоснованный правильный ответ, однако в решении пропущены рассуждения о работе газа во втором процессе, необходимые для полного верного объяснения. Ошибка в формуле концентрации в данном случае может быть отнесена к неверным лишним записям. Поскольку данные недостатки не суммируются, решение оценено в 2 балла.

## Работа 3 — 1 балл

28

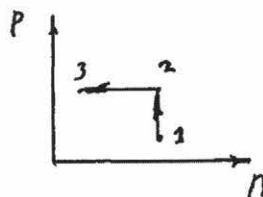
$$p = nkT$$

$$n = \frac{N}{V}$$

$$V = \frac{N}{n}$$

$$V = \frac{N_A}{n} \Rightarrow \frac{nV}{N_A} = \frac{p}{N_A} = kT$$

$$pV = \nu RT$$



1-2  $n = \text{const}$   $p \uparrow$

$\frac{p N_A}{n} = kT$ ;  $p \uparrow \Rightarrow T \uparrow \Rightarrow$  газ получил тепло  
 когда в процессе 1-2.

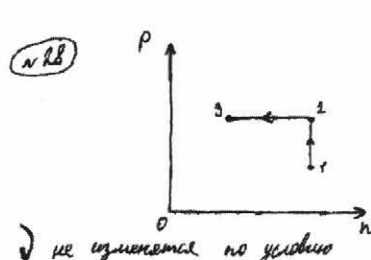
2-3  $p = \text{const}$   $n \downarrow$

$\frac{p N_A}{n} = kT$ ;  $n \downarrow \Rightarrow T \uparrow \Rightarrow$  газ получил тепло

в процессе 2-3 Ответ: 1-2 получил тепло; 2-3 получил тепло

Вывод о количестве теплоты сделан без ссылки на первый закон термодинамики. В данном случае не указаны два явления или физических закона, необходимые для полного верного объяснения, так как в изохорном и изобарном процессах должны быть рассуждения о знаке количества теплоты.

#### Работа 4 — 1 балл



I. процесс 1-2:  $n$  ~~не изменяется~~;  $p$  ~~увеличивается~~.

$p = n k T$  - формула зависимости давления от  $t^\circ$  и концентрации

$$T = \frac{p}{n k} \Rightarrow T \text{ увеличится.}$$

$$\Delta U = Q + A, \text{ работа не совершается} \Rightarrow \Delta U = Q$$

$$Q = c m \Delta T \quad T \text{ увелич.,} \Rightarrow Q \text{ увелич.,} \Rightarrow \Delta U \uparrow$$

$\Rightarrow$  газ получил теплоту, внутренняя энергия возросла.

II. процесс 2-3:  $p$  не изменяется,  $n$  увеличивается

$$T = \frac{p}{n k} \Rightarrow T \downarrow (\text{уменьш.}) \Rightarrow \Delta U \downarrow \Rightarrow \text{газ отдал теплоту.}$$

Альтернативное решение, но также не указаны два явления или физических закона, необходимые для полного верного объяснения, формулы внутренней энергии и теплоёмкости.

#### Работа 5 — 1 балл

н 28

1-ый закон термодинамики:

$$\Delta U = A + Q$$

Объём газа  $V$  зависит прямо пропорционально от его концентрации  $n$ .

В процессе 1-2  $n$  не меняется  $\Rightarrow V$  тоже не меняется  $\Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow A = p \Delta V$

$$A = 0 \Rightarrow \Delta U = Q.$$

$\Delta U = \frac{3}{2} p \Delta V$ .  $V = \text{const} \Rightarrow$  это изохорный процесс. По графику видно, что  $p$  увеличивается  $\Rightarrow T$  тоже будет увеличиваться  $\Rightarrow$  внутренняя энергия  $\Delta U$  тоже увеличивается, а значит газ получает тепло.

Процесс 2-3 - изобарный, так как  $p = \text{const}$ . По графику,  $\Delta V < 0 \Rightarrow A < 0$ .

При уменьшении  $V$ , уменьшается так же и  $T \Rightarrow \Delta U < 0 \Rightarrow Q < 0 \Rightarrow$  газ отдает тепло.

Ответ: в процессе 1-2 газ получает тепло, в процессе 2-3 - отдает.

В объяснении допущена ошибка, во втором процессе неверно определён знак количества теплоты. Есть недочёт в определении зависимости объёма от концентрации.

## Работа 6 — 1 балл

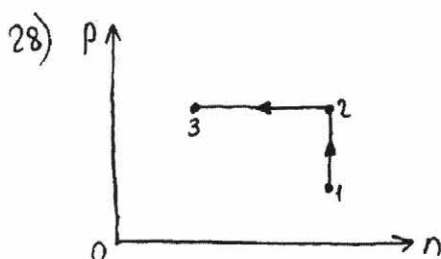
$$28. PV = \nu RT ; \Delta U = \frac{3}{2} R_0 T ; q = \Delta U + A$$

Процесс 1-2:  $p \uparrow \Rightarrow T \uparrow \Rightarrow \Delta U \uparrow \Rightarrow q \uparrow \Rightarrow$  газ получает тепл.

Процесс 2-3:  $n \uparrow$  но  $p = \text{const} \Rightarrow V \uparrow \Rightarrow T \uparrow \Rightarrow \Delta U \uparrow \Rightarrow q \uparrow \Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  газ получает тепл.

Формула внутренней энергии приведена с ошибкой, нет формулы концентрации, ошибочно определено изменение концентрации, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.

## Работа 7 — 0 баллов



1) ~~из~~ в процессе (1-2) газ теплоту <sup>получает</sup> отдает, т.к. увеличивается давление, а объем уменьшается, концентрация остается неизменной  $\Delta Q = \frac{m}{M} RT \Delta Q = \nu RT$ ,  $\Delta Q = PV$ .

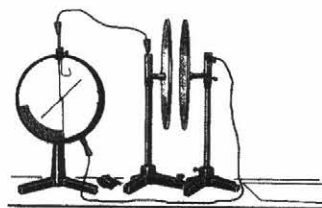
$$PV = \frac{m}{M} RT.$$

2) в процессе (3-1) газ теплоту теряет, т.к. давление уменьшается, а концентрация газа увеличивается.

Дан неверный ответ, первый закон термодинамики записан неверно. Правильно написанного уравнения Менделеева—Клапейрона недостаточно для выставления 1 балла.

## Пример 2

Две плоские пластины конденсатора, закреплённые на изолирующих штативах, расположили на небольшом расстоянии друг от друга и соединили одну пластину с заземлённым корпусом, а другую со стержнем электрометра (см. рисунок). Затем пластину, соединённую со стержнем электрометра, зарядили. Объясните, опираясь на известные законы, как изменяются показания электрометра при внесении между двумя этими пластинами диэлектрической пластины. Отклонение стрелки электрометра пропорционально разности потенциалов между пластинами.



## Возможное решение

1. Заряд  $Q$ , сообщённый пластине, соединённой со стержнем электрометра, распределяется так, что их потенциалы оказываются одинаковыми. При этом практически весь заряд  $Q$  оказывается на пластине.
2. На заземлённом корпусе электрометра и второй пластине возникают индуцированные заряды противоположного знака, при этом заряд пластины равен  $Q$  по модулю.
3. Разность потенциалов между пластинами  $U = \frac{Q}{C}$ .

Продолжение

Возможное решение	
<p>4. Внесение пластины из диэлектрика увеличивает ёмкость конденсатора, так как <math>C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}</math>.</p> <p>5. Суммарный заряд стержня электрометра и соединённой с ним пластины не изменяется, так как эта система тел электроизолирована. При этом заряд пластины остаётся практически равным <math>Q</math>. Поэтому разность потенциалов между пластинами после внесения диэлектрика уменьшается: <math>U = \frac{Q}{C}</math> что приведёт к уменьшению угла отклонения стрелки.</p> <p>Ответ: угол отклонения стрелки уменьшится</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>угол отклонения стрелки электрометра уменьшается</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>зависимость напряжения на конденсаторе от заряда и ёмкости, ёмкости плоского конденсатора от его параметров</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (одна из формул), необходимые для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, один из законов (одну из формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев:</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимые для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
Максимальный балл	3



## Работа 1 — 3 балла

- № 8 электронметра
- 1) Первая пластина конденсатора, соединённая со стрелкой, имеет по модулю заряд  $q$ . Вторая пластина заземлена для обеспечения разности потенциалов между пластинами конденсатора. Так как отклонение стрелки электронметра пропорционально разности потенциалов между пластинами, то стрелка отклонится от положения равновесия и займёт положение, указанное на рисунке.
- 2) Ёмкость конденсатора вычисляется по формуле  $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ , где  $C_1$  — и до внесения диэлектрика.
- После внесения диэлектрической пластины,  $C_2 = \frac{\epsilon S}{d}$  — диэлектрическая проницаемость которой  $= \epsilon$ ,  $C_2 = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S}{d}$ .
- Как видно  $C_2 > C_1$  и  $C_2 = \epsilon C_1$  то есть, после внесения диэлектрика ёмкость конденсатора увеличится в  $\epsilon$  раз.
- Также  $C_1 = \frac{q_1}{U_1}$ , а  $C_2 = \frac{q_2}{U_2}$ . Так как заряд пластины постоянен, то  $q_1 = q_2 = q$ . Тогда,  $C_2 = \frac{q}{U_2}$ , а  $C_1 = \frac{q}{U_1}$ . Также:
- $$\frac{C_2}{C_1} = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow \frac{\epsilon C_1}{C_1} = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \epsilon$$
- то есть, напряжение (разность потенциалов) увеличилось по сравнению с начальным в  $\epsilon$  раз.
- 3) Так как отклонение стрелки пропорционально разности потенциалов, то при разн. пот-ов  $= U_2$  стрелка отклонится в сторону положения равновесия (то есть, займёт меньшее значение на шкале).

## Работа 2 — 3 балла

$C = \frac{q}{U}$   $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$  при внесении диэлектрика  $\epsilon \uparrow$  т.к.  $\epsilon$  становится  $> 1$  т.к.  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ . Так  $C$  увеличивается, то  $U$  уменьшается, так как по формуле  $C = \frac{q}{U}$   $q$  остаётся неизменной  $C \uparrow \Rightarrow U \downarrow$  т.к.  $U$ , а показания стрелки электронметра пропорционально напряжению, то  $U \downarrow$  — стрелка отклонится в сторону положения равновесия.

→ при внесении диэлектрика между пластинами конденсатора показания электростатического вольтметра уменьшаются.  
 Ответ: при внесении диэлектрика между пластинами конденсатора показания электростатического вольтметра уменьшаются.

В вышеприведённых примерах получен правильный ответ и присутствуют все обязательные элементы объяснения.

### Работа 3 — 2 балла

28. Объясните, как изменяются показания электростатического вольтметра при внесении диэлектрика между пластинами конденсатора.

$$C = \frac{q}{U}$$

$$U = \frac{q}{C} \quad (1)$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad (\epsilon_0 - \text{диэлектрическая проницаемость пластин}) \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), получим:

$$U = \frac{qd}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

Из данного уравнения следует: чем больше диэлектрическая проницаемость среды между пластинами, тем больше разность потенциалов между ними.

Следовательно, отклонение стрелки электростатического вольтметра уменьшится.

Дан правильный ответ, но отсутствует ссылка на одно условие — постоянство заряда конденсатора.

### Работа 4 — 1 балл

в 28. Я.К. пластин не подключено к источнику питания, при внесении диэлектрика между ними заряд на обкладках (пластинах) остаётся неизменным, а ёмкость конденсатора, разность потенциалов на обкладках меняется.  
 Из формул  $C = \frac{q}{U}$  и  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$  видно, что  $U = \frac{q}{C} = \frac{q d}{\epsilon \epsilon_0 S}$ , то есть напряжение прямо пропорционально диэлектрической проницаемости. Таким образом, если диэлектрическая проницаемость диэлектрической пластины больше, диэлектрическая проницаемость воздуха, то разность потенциалов растёт, а если меньше, то падает (если  $\epsilon_n > \epsilon_{\text{в}} \rightarrow U \uparrow$ , если  $\epsilon_n < \epsilon_{\text{в}} \rightarrow U \downarrow$ ).

В данном ответе допущена ошибка в формуле электроёмкости, что привело к неправильному ответу.

## Работа 5 — 1 балл

28 До внесения диэлектрической пластины между пластинами конденсатора находившаяся воздух. После внесения диэлектрической пластины, у которой диэлектрическая проницаемость ( $\epsilon$ ) больше, чем у воздуха, ёмкость конденсатора увеличилась. Это видно из формулы ёмкости плоского конденсатора  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ . Следовательно, показания электрметра увеличатся.

Ответ неверный, нет обоснования изменения напряжения, но присутствуют верные рассуждения об электроёмкости конденсатора.

## Работа 6 — 0 баллов

28 Показания электрметра будут постоянны т.к. на одной из пластин отсутствует потенциал, поэтому его не изменилось. Электрметр будет постоянно показывать 0, так как потенциал не изменился пластин.

## Оценивание заданий 29—32

Расчётные задачи 29—32 оцениваются на основании единых обобщённых критериев оценивания, которые строятся на базе описания полного верного ответа.

Решение учащегося может иметь логику, отличную от авторской логики решения (альтернативное решение). В этом случае эксперт оценивает возможность решения конкретной задачи тем способом, который выбрал учащийся. Если ход решения учащегося допустим, то эксперт оценивает полноту и правильность этого решения на основании того списка основных законов, формул или утверждений, которые соответствуют выбранному способу решения.

Если в задании не требуется получения числового ответа, то в описании полного верного решения снимается требование к указанию числового ответа. Если в тексте задачи присутствует требование дополнительно сделать рисунок с указанием сил, действующих на тело, то дополнительно в описание полного правильного ответа включается требование к правильности рисунка, а также дополнительные условия к выставлению 2 баллов.

## Обобщённая схема оценивания

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: 1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае перечисляются законы и формулы) <sup>1</sup> ;	3

Продолжение

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>2) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов)<sup>2</sup>;</p> <p>3) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение по частям с промежуточными вычислениями);</p> <p>4) представлен правильный ответ с указанием единицы искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но имеется один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>Записи, соответствующие пункту 2, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки и (или) пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт 4 или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единицы величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований при их использовании, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует одна из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленными на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В одной из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

### Примечания

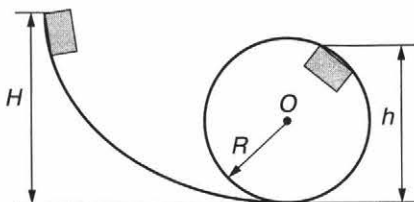
<sup>1</sup> В качестве исходных принимаются формулы, указанные в Кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных организаций для проведения Единого государственного экзамена по физике. При этом форма записи формулы значения не имеет (например:  $Q = cm\Delta T$ ,  $c = \frac{Q}{m\Delta T}$  и т. п.).

<sup>2</sup> Стандартными считаются обозначения физических величин, принятые в Кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных организаций для проведения Единого государственного экзамена по физике.

## Примеры оценивания расчётных задач

## Пример 3

Небольшой кубик массой  $m = 1$  кг начинает соскальзывать с высоты  $H = 3$  м по гладкой горке, переходящей в мёртвую петлю (см. рисунок). Определите радиус петли  $R$ , если на высоте  $h = 2,5$  м от нижней точки петли кубик давит на её стенку с силой  $F = 4$  Н. Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение.



## Возможное решение

1. Пусть скорость кубика на высоте  $h$  равна  $v$ , а в нижней точке петли потенциальная энергия кубика равна нулю. Тогда по закону сохранения механической энергии  $mgH = \frac{mv^2}{2} + mgh$ , откуда  $v^2 = 2g(H - h)$ .

2. Когда кубик находится на высоте  $h$ , на него действует две силы: сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила реакции опоры  $\vec{N}$ . Запишем второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление (Ох на рисунке):  $mg \cos \alpha + N = \frac{mv^2}{R}$ , где  $\frac{v^2}{R} = a_n$  — центростремительное ускорение кубика в этой точке.

По третьему закону Ньютона  $N = F$ .

Из рисунка видно, что  $\cos \alpha = \frac{h - R}{R}$ .

3. Из выражений п. 2 получим  $R = \frac{m(gh - v^2)}{mg - F}$ .

4. Подставив полученное значение  $v^2$  из п. 1, найдём

$$R = \frac{mg(3h - 2H)}{mg - F} = \frac{1 \cdot 10 \cdot (3 \cdot 2,5 - 2 \cdot 3)}{1 \cdot 10 - 4} = 2,5 \text{ м.}$$

Ответ:  $R = 2,5$  м

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон сохранения механической энергии, второй и третий законы Ньютона, выражение для центростремительного ускорения);</li> <li>2) сделан рисунок с указанием сил, действующих на кубик;</li> <li>3) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</li> <li>4) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение по частям с промежуточными вычислениями);</li> <li>5) представлен правильный ответ с указанием единицы искомой величины</li> </ol>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но имеется один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>Записи, соответствующие пункту 2, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p>	2



Продолжение

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки и (или) пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт 4 или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единицы величины)	
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований при их использовании, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует одна из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В одной из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

## Работа 1 — 3 балла

№ 29

**Дано:**

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$H = 3 \text{ м}$$

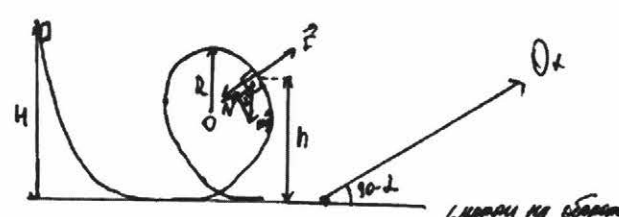
$$h = 2,5 \text{ м}$$

$$F = 4 \text{ Н}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$R = ?$$

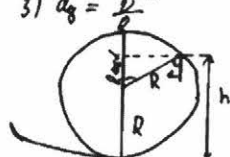
**Решение.**



1) по III закону Ньютона:  
 $\vec{F} = -\vec{N}$ ;

2) на тело действуют силы:  
 $\vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$   
по  $O_x$ :  
 $-N - mg = -ma_y$ ;  
 $N + mg = ma_y$ ;  
 $F + mg \cos \alpha = ma_y$ ;  
 $ma_y - mg \cos \alpha = F$ .

3)  $a_y = \frac{v^2}{R}$



4)  $h = R + R \cos \alpha = R(1 + \cos \alpha)$ ;  
 $R = \frac{h}{1 + \cos \alpha}$ ;  
 $1 + \cos \alpha = \frac{h}{R}$ ;  
 $\cos \alpha = \frac{h}{R} - 1$ .

$$5) F + mg \cdot \left(\frac{h}{R} - 1\right) = \frac{m \cdot v^2}{R};$$

$$F + \frac{mgh}{R} - mg = \frac{mv^2}{R};$$

$$\frac{mgh}{R} - \frac{mv^2}{R} = mg - F;$$

$$\frac{mgh - mv^2}{R} = mg - F$$

$$R = \frac{mgh - mv^2}{mg - F}.$$

6) Показу сокращения энергии:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + mgh; \Rightarrow v^2 = 2(Hg - gh) = 2g(H - h)$$

$$v^2 = 2 \cdot 10(3 - 2,5) = 20 \cdot 0,5 = 10$$

$$8) R = \frac{1 \cdot 10 \cdot 2,5 - 1 \cdot 10}{1 \cdot 10 - 4} = \frac{25 \cdot 10}{6} = \frac{15}{6} = 2,5 \text{ (м)}$$

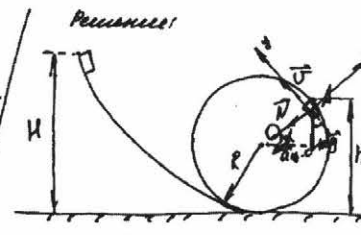
Ответ:  $R = 2,5 \text{ м}$ .

Полностью верное решение задачи.

### Работа 2 — 3 балла

УЗР  
Дано:  
 $m = 1 \text{ кг}$ ,  
 $H = 3 \text{ м}$ ,  
 $h = 2,5 \text{ м}$ ,  
 $F = 4 \text{ Н}$ ,  
 $R = ?$

Решение:



1) Рассмотрим путь в массе движущегося т. А, путь делен на уравнение в закона Ньютона:

$$m\vec{a} = \vec{D} + m\vec{g};$$

Путь  $L$  — угол наклона  $\alpha$  относительно гориз. и к. т. т.;

$$\sin \alpha = \frac{h - R}{R};$$

Вектор оси  $O_x \parallel O_y$ .  $O_x$  по напр.  $O_y \perp O_x$ , тогда

Проекции сил на  $O_x$ :

$$N + mg \sin \alpha = m a_{\text{ц.с.}}$$

$$N + mg \cdot \frac{h - R}{R} = m a_{\text{ц.с.}};$$

2) Найдём  $v$  кутика в т. А: так как трение отсутствует, применим закон сохранения энергии:

$$mgh = mgh + \frac{mv^2}{2}, \text{ откуда } v = \sqrt{2g(H - h)}$$

3) По 2-му закону Ньютона  $\vec{D} = -\vec{F}$ ,  $|\vec{D}| = |\vec{F}|$ ,

$$a_{\text{ц.с.}} = \frac{v^2}{R};$$

Откуда

$$F + \frac{mg(h - R)}{R} = \frac{mv^2}{R}$$

$$F \cdot R + mg(h - R) - mv^2 = 0$$

$$R(F - mg) = mv^2 - mgh$$

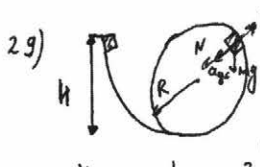
$$R = \frac{m \cdot 2g(H - h) - mgh}{F - mg} = \frac{2mgh - 3mgh}{F - mg}$$

$$R = \frac{2 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 3 - 3 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 2,5}{4 - 10} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Н}} = \frac{15}{6} \text{ м} = 2,5 \text{ м}$$

Ответ:  $R = 2,5 \text{ м}$ .

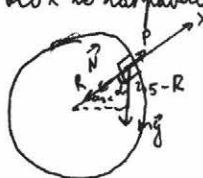
Полностью верное решение задачи.

## Работа 3 — 1 балл

2g) 

Пл. к доске изложил, но потерю трения нет  $\Rightarrow$  по закону сохранения энергии

$$mgH = mgh + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = 2g(H-h) \Rightarrow \text{выпишем ось по направлению центростремительного ускорения}$$



$$|P| = |N|, \cos \alpha = \frac{2,5-R}{R} \Rightarrow$$

по второму закону Ньютона

$$Ox: \vec{mg} + \vec{N} = m\vec{a}_c, |N| = |P| = 4H$$

$$\frac{mg}{\cos \alpha} - N = ma_c \Rightarrow \text{так } a_c = \frac{v^2}{R}$$

$$\frac{mgR}{2,5-R} = \frac{mv^2}{R} + N; \quad \frac{mgR}{2,5-R} = \frac{2mg(H-h)}{R} + N;$$

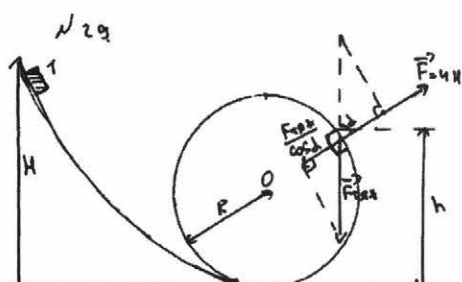
$$\frac{10R}{2,5-R} = \frac{10}{R} + 4; \quad 10R^2 = 25 - 10R + 10R - 4R^2;$$

$$14R^2 = 25;$$

$$R^2 = \frac{25}{14}; \quad R = \sqrt{\frac{25}{14}} \approx 1,3 \text{ м}$$

Верно записан закон сохранения энергии, правильно определена скорость в верхней точке, правильно применён третий закон Ньютона, записана формула центростремительного ускорения. Однако при написании второго закона Ньютона допущена ошибка, причём как в векторной форме (ускорение тела не равно центростремительному), так и в проекции. Следовательно, в одной из исходных формул, необходимых для решения задачи, допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. Работа оценивается 1 баллом.

## Работа 4 — 0 баллов



Дано:  $m = 1 \text{ кг}$   
 $H = 3 \text{ м}$   $h = 2,5 \text{ м}$   
 $F = 4 \text{ Н}$   
 $R = ?$

Решение:  $E_{k1} = 0$   
 $E_1 = E_p = mgh = 30 \text{ Дж}$   
 по закону сохранения энергии:

$$E_2 = E_{p1} + E_{k2} = mgh + \frac{mv^2}{2} = 30 \text{ Дж}$$

$$\frac{mv^2}{2} = 30 - 25 = 5$$

$$mv^2 = 10 \quad v^2 = 10 \text{ м}^2/\text{с}^2$$

$$\frac{F \cos \alpha}{\cos \alpha} + F = 4 \text{ Н} \quad F = am \quad a_c = \frac{F}{m} = 4 \text{ м}^2/\text{с}^2$$

ускорение направлено от центра  $\Rightarrow a_c = \frac{v^2}{r}$

$$r = \frac{v^2}{a_c} = \frac{10}{4} = 2,5 \text{ м}$$

Ответ: 2,5 м.

Верно записан закон сохранения энергии, правильно определена скорость в верхней точке, записана формула центростремительного ускорения. Однако второй и третий законы Ньютона записаны неверно, поскольку неправильно интерпретируется значение и направление силы  $F$ . Таким образом, неверно записаны две исходные формулы, работа оценивается 0 баллов.

## Пример 4

Металлическую пластину освещают монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 531$  нм. Каков максимальный импульс фотоэлектронов, если работа выхода электронов из данного металла  $A_{\text{вых}} = 1,73 \cdot 10^{-19}$  Дж?

## Возможное решение

1. Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта

$h\nu = h\frac{c}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин}}$ , где  $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме,  $E_{\text{кин}}$  — максимальная кинетическая энергия электронов.

2.  $E_{\text{кин}} = \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2} = \frac{p_{\text{max}}^2}{2m_e}$ , где  $m_e$  — масса электрона,  $v_{\text{max}}$  — его максимальная скорость.

3. Объединяя 1 и 2, получим

$$p_{\text{max}} = \sqrt{2m_e \left( \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right)} = \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \left( \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{531 \cdot 10^{-9}} - 1,73 \cdot 10^{-19} \right)} \approx$$

$$\approx 6 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Ответ:  $p_{\text{max}} \approx 6 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, формула связи импульса электрона с его кинетической энергией</i>);</p> <p>2) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>3) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение по частям с промежуточными вычислениями);</p> <p>4) представлен правильный ответ с указанием единицы искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но имеется один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>Записи, соответствующие пункту 2, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки и (или) пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт 4 или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единицы величины)</p>	2

Продолжение

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:  Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований при их использовании, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует одна из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В одной из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

## Работа 1 — 2 балла

~ 32.

Дано:

$$\lambda = 531 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$A_{\text{вкл}} = 1,73 \cdot 10^{-9} \text{ Дж}$$

Решение:

$$p = mv$$

$$h\nu = A_{\text{вкл}} + \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вкл}} + \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{531 \cdot 10^{-9}} = 1,73 \cdot 10^{-19} + \frac{9,1 \cdot 10^{-31} v^2}{2}$$

$$0,372 \cdot 10^{-12} = 1,73 \cdot 10^{-19} + 4,55 \cdot 10^{-31} v^2$$

$$4,55 \cdot 10^{-31} v^2 = 3,72 \cdot 10^{-19} - 1,73 \cdot 10^{-19}$$

$$v^2 = \frac{1,99 \cdot 10^{-19}}{4,55 \cdot 10^{-31}}$$

$$v^2 = 0,4373 \cdot 10^{12}$$

$$v^2 = 43,73 \cdot 10^{10}$$

$$v = 5,6 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Считаем на боре

$$p = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 5,6 \cdot 10^5 = 50,96 \cdot 10^{-26} \approx 51 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $\approx 51 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Верное решение задачи. Расхождение с числовым ответом, приведённым в авторском решении, возникло в результате ошибки при вычислениях (извлечение квадратного корня). Таким образом, в ответе допущена ошибка, работа оценивается 2 баллами.



## Работа 2 — 2 балла

32) Дано:

$$\lambda = 531 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$A_{\text{фот}} = 1,73 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Р-?

Дано: По определению импульса:

$$p = m_e v$$

из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта найдем скорость:

$$h\nu = A_{\text{фот}} + \frac{m_e v^2}{2}, \quad \nu = \frac{c}{\lambda};$$

$$\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{фот}} = \frac{m_e v^2}{2}$$

$$\sqrt{\frac{2(\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{фот}})}{m_e}} = v$$

$$v = \sqrt{\frac{2(\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{531 \cdot 10^{-9}} - 1,73 \cdot 10^{-10})}{9,1 \cdot 10^{-31}}} =$$

$$p = m_e v = \sqrt{m_e \cdot 2(\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{фот}})} = \sqrt{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 1,97 \cdot 10^{-10}} \approx$$

$$\approx 6 \cdot 10^{-25}$$

Решение правильное, но в нём присутствует два недостатка: отсутствует подстановка числовых значений в финальную формулу и в правильном числовом ответе отсутствует размерность. Поскольку недостатки решения, каждый из которых приводит к снижению оценки на 1 балл, не суммируются, итоговый результат — 2 балла.

## Работа 3 — 1 балл

32)  $\lambda = 531 \cdot 10^{-9} \text{ м}$

$$A_{\text{фот}} = 1,73 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$$

Р-?

$E_{\text{ф}} = A_{\text{фот}} + W_{\text{к}}$

$$E_{\text{ф}} = h\nu$$

$$W_{\text{к}} = \frac{p^2}{2m}$$

$$h\nu = A_{\text{фот}} + \frac{p^2}{2m}$$

$$p = \sqrt{2m h\nu - 2m A_{\text{фот}}}$$

$$p = 6 \cdot 10^{-25} \text{ (Па)}$$

Ответ:  $6 \cdot 10^{-25} \text{ Па}$

В одной из исходных формул (формула энергии фотона), необходимых для решения задачи, допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. Работа оценивается 1 баллом.

## Работа 4 — 0 баллов

3.2) Дано:

$$\lambda = 531 \cdot 10^{-9} \text{ м.}$$

$$A_{\text{вых}} = 1,73 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$p_{\text{max}} - ?$$

Решение. Подставим (1) в уравнение Эйнштейна

$$p_{\text{max}} = mc \quad E = mc^2 = p_{\text{max}} c \quad (2)$$

$$E = A_{\text{вых}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}} \quad (3)$$

$$A_{\text{вых}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}}$$

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{hc}{A_{\text{вых}}}$$

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,73 \cdot 10^{-19}} = 11,44 \cdot 10^{-9} \text{ (м)}$$

Приравняем (2) и (3)

$$p_{\text{max}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}} \quad | : c$$

$$p_{\text{max}} = \frac{h}{\lambda_{\text{max}}}$$

$$p_{\text{max}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{11,44 \cdot 10^{-9}} = 0,58 \cdot 10^{-25} \text{ (кг} \cdot \text{м/с)}$$

Ответ:  $0,58 \cdot 10^{-25} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта записано неверно, а также для нахождения импульса фотоэлектрона используется формула импульса фотона. Таким образом, неверно записаны две исходные формулы, работа оценивается 0 баллов.

## ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ВАРИАНТЫ

## Инструкция по выполнению работы

Для выполнения диагностической работы отводится 235 мин. Работа включает в себя 32 задания. В заданиях 1—4, 8—10, 14, 15, 20, 25—27 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1. Единицы физических величин писать не нужно.

Бланк

Ответ: 7,5 см.

3	7	,	5																
---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответом к заданиям 5—7, 11, 12, 16—18, 21, 23 и 24 является последовательность двух цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

Бланк

Ответ:

А	Б
4	1

7	4	1																	
---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1.

Бланк

Ответ: вправо.

13	В	П	Р	А	В	О													
----	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

Бланк

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н.

22	1	,	4	0	,	2													
----	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответ к заданиям 28—32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, или капиллярной, или перьевой ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.

Баллы, полученные за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

**Желаем успеха!**

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться при выполнении работы.

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

### Константы

число  $\pi$

$$\pi = 3,14$$

ускорение свободного падения на Земле

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

гравитационная постоянная

$$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$$

универсальная газовая постоянная

$$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$$

постоянная Больцмана

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$$

постоянная Авогадро

$$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

скорость света в вакууме

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

коэффициент пропорциональности в законе Кулона

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$$

модуль заряда электрона

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

(элементарный электрический заряд)

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

постоянная Планка

### Соотношение между различными единицами

температура

$$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$$

атомная единица массы

$$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

атомная единица массы эквивалентна

$$931,5 \text{ МэВ}$$

электронвольт

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

### Масса частиц

электрона

$$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$$

протона

$$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$$

нейтрона

$$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$$

### Плотность

воды

$$1000 \text{ кг/м}^3$$

подсолнечного масла

$$900 \text{ кг/м}^3$$

древесины (сосна)

$$400 \text{ кг/м}^3$$

алюминия

$$2700 \text{ кг/м}^3$$

керосина

$$800 \text{ кг/м}^3$$

железа

$$7800 \text{ кг/м}^3$$

ртути

$$13600 \text{ кг/м}^3$$

**Удельная теплоёмкость**

воды	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)
железа	460 Дж/(кг · К)
свинца	130 Дж/(кг · К)

алюминия	900 Дж/(кг · К)
меди	380 Дж/(кг · К)
чугуна	500 Дж/(кг · К)

**Удельная теплота**

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

**Нормальные условия:** давление  $10^5$  Па, температура 0 °С

**Молярная масса**

азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль



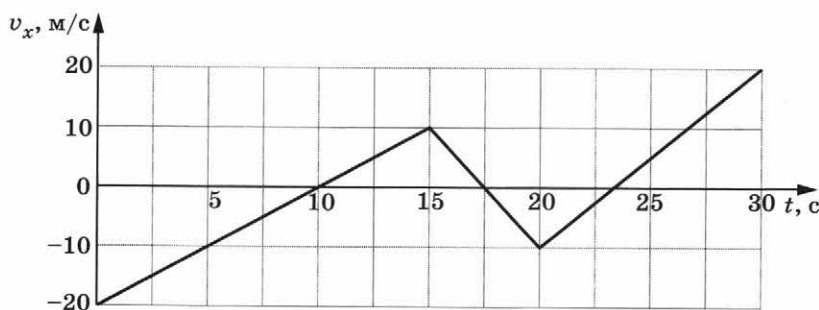
## Вариант 1

## Часть 1

Ответом к заданиям 1—24 является цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени  $t$ .



Определите проекцию ускорения тела  $a_x$  в промежутке времени от 15 до 20 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2

Сила гравитационного притяжения между двумя шарами, находящимися на расстоянии 2 м друг от друга, равна 9 нН. Чему будет равна сила притяжения между ними, если расстояние увеличить до 6 м? Ответ выразите в наноньютонах (нН).

Ответ: \_\_\_\_\_ нН.

3

Шарик массой 100 г падает с высоты 10 м с нулевой начальной скоростью. К моменту падения на землю потеря полной механической энергии за счёт сопротивления воздуха составила 10%. Чему равна кинетическая энергия шарика в этот момент?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4

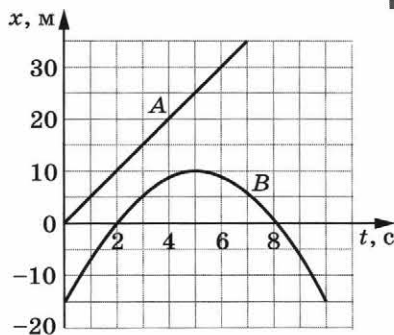
Частота свободных малых колебаний математического маятника равна 2 Гц. Какой станет частота колебаний, если и длину математического маятника, и массу его груза уменьшить в 4 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

5

На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел:  $A$  и  $B$ , движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось  $Ox$ . Выберите **два** верных утверждения о характере движения тел.

- 1) тело  $A$  движется равноускоренно, а тело  $B$  — равнозамедленно
- 2) скорость тела  $A$  в момент времени  $t = 5$  с равна  $20$  м/с
- 3) тело  $B$  меняет направление движения в момент времени  $t = 5$  с
- 4) проекция ускорения тела  $B$  на ось  $Ox$  положительна
- 5) интервал между моментами прохождения телом  $B$  начала координат составляет  $6$  с



Ответ:

--	--

6

На поверхности керосина плавает сплошной деревянный брусок. Как изменятся глубина погружения бруска и сила Архимеда, действующая на брусок, если его перенести из керосина в воду?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

7

После удара шайба массой  $m$  начала скользить со скоростью  $\vec{v}_0$  вверх по плоскости, установленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения шайбы о плоскость равен  $\mu$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

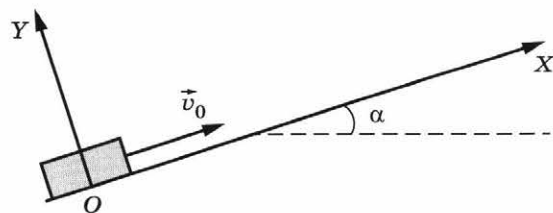
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль ускорения при движении шайбы вверх
- Б) модуль силы трения

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$
- 2)  $\mu mg\cos\alpha$
- 3)  $\mu mg\sin\alpha$
- 4)  $g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)$



Ответ:

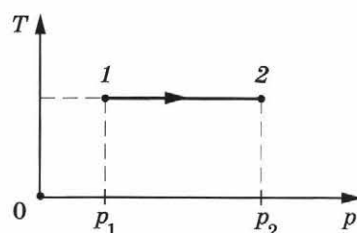
А	Б

- 8 В сосуде содержится неон под давлением 80 кПа. Концентрацию неона уменьшили в 4 раза, а среднюю кинетическую энергию теплового движения его молекул увеличили в 2 раза. Определите установившееся давление газа.

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

- 9 На  $Tr$ -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ отдал количество теплоты, равное 50 кДж. Масса газа не меняется. Какую работу совершили над газом внешние силы?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

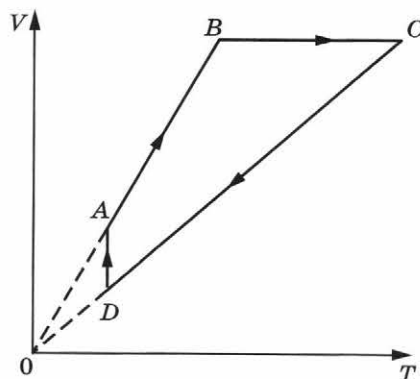


- 10 Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 40%. Определите относительную влажность воздуха в сосуде, если объём сосуда за счёт движения поршня при неизменной температуре уменьшить в 3 раза.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 11 На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах  $V, T$ , где  $V$  — объём газа,  $T$  — абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующие процессы на графике, и укажите их номера.

- 1) газ за цикл совершает работу, равную нулю
- 2) давление газа в процессе  $AB$  постоянно, при этом внешние силы совершают над газом положительную работу
- 3) в процессе  $BC$  газ отдаёт положительное количество теплоты
- 4) в процессе  $CD$  внутренняя энергия газа уменьшается
- 5) в процессе  $DA$  давление газа изотермически уменьшается



Ответ:

--	--

- 12 В сосуде неизменного объёма находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 2 моль второго газа. Как изменились в результате парциальное давление первого газа и суммарное давление газов, если температура в сосуде поддерживалась неизменной?

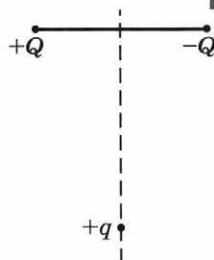
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилось
- 2) уменьшилось
- 3) не изменилось

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Парциальное давление первого газа	Давление смеси газов в сосуде

- 13 Заряд  $+q > 0$  находится на равном расстоянии от неподвижных точечных зарядов  $+Q > 0$  и  $-Q$ , расположенных на концах тонкой стеклянной палочки (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (**вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя**) ускорение заряда  $+q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14 Сколько времени длится молния, если через поперечное сечение её канала протекает заряд 30 Кл, а сила тока в среднем равна 24 кА?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 15 Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отражённым лучами равен  $60^\circ$ . Определите угол между отражённым лучом и зеркалом.

Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

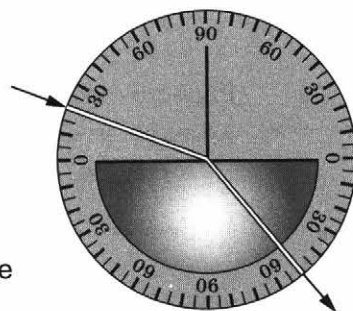
- 16 Школьник, изучая законы геометрической оптики, провёл опыт по преломлению света (см. рисунок). Для этого он направил узкий пучок света на стеклянную пластину. Пользуясь таблицей, выберите из приведённого ниже списка **два** правильных утверждения и укажите их номера.

угол $\alpha$	$20^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$70^\circ$
$\sin \alpha$	0,34	0,64	0,78	0,94

- 1) угол падения равен  $20^\circ$
- 2) показатель преломления стекла примерно равен 1,88
- 3) угол преломления равен  $40^\circ$
- 4) в стекле скорость светового луча меньше, чем в воздухе
- 5) угол отражения равен  $20^\circ$

Ответ:

--	--



- 17 Плоский конденсатор с воздушным зазором между обкладками подключён к источнику постоянного напряжения. Как изменятся при уменьшении зазора между обкладками конденсатора его ёмкость и заряд на его обкладках? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

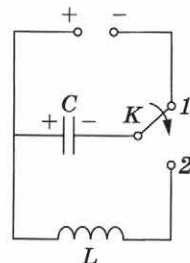
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

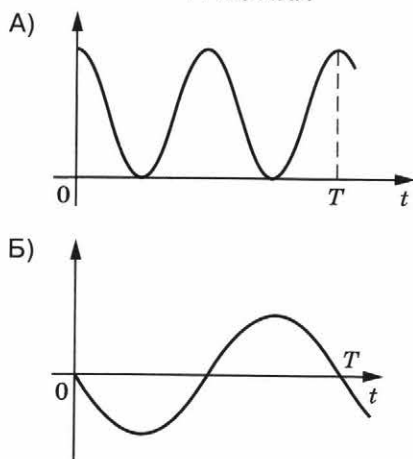
Ёмкость конденсатора	Заряд на обкладках конденсатора

18

Конденсатор колебательного контура подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель  $K$  переводят из положения 1 в положение 2. Графики  $A$  и  $B$  представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого.  $T$  — период колебаний. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия магнитного поля катушки
- 4) энергия электрического поля конденсатора

Ответ:

А	Б

19

Радиоактивный изотоп висмута  ${}_{83}^{212}\text{Bi}$  претерпевает  $\alpha$ -распад. Укажите массовое и зарядовое число образовавшегося ядра.

Ответ:

Массовое число	Зарядовое число

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20

Два источника излучают пучки монохроматического света с длинами волн  $\lambda_1 = 500$  нм и  $\lambda_2 = 800$  нм. Чему равно отношение импульсов фотонов  $\frac{p_1}{p_2}$  в этих пучках?

Ответ: \_\_\_\_\_.

21

На установке, представленной на фотографиях (рис. а — общий вид; рис. б — фотоэлемент), исследовали зависимость кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света. Для этого в прорезь осветителя помещали различные светофильтры и измеряли запирающее напряжение. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только красный свет, а во второй — пропускающий только жёлтый.



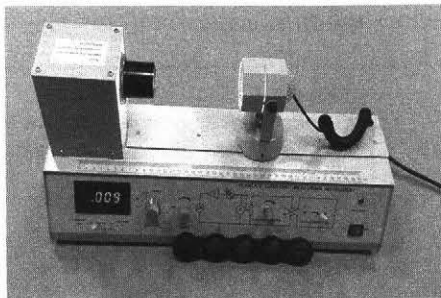


Рис. а

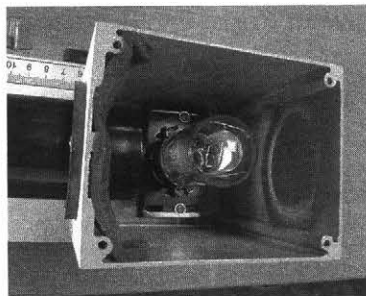


Рис. б

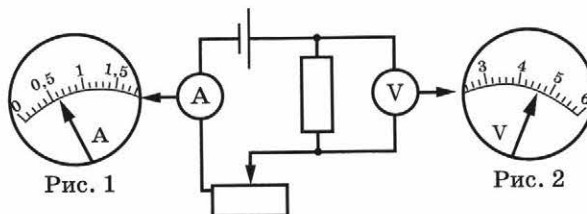
Как изменяются длина световой волны и запирающее напряжение при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны	Запирающее напряжение

- 22 На рисунке приведена схема электрической цепи, собранной учеником для исследования зависимости силы тока, проходящего через резистор, от напряжения на нём. На рисунках 1 и 2 показаны шкалы амперметра и вольтметра. Погрешность измерений приборов равна цене деления. Чему равно по результатам этих измерений напряжение на участке электрической цепи с учётом погрешности измерений?



Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) В.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

- 23 Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой определить сопротивление лампочки. Для этого школьник взял соединительные провода, реостат, ключ, аккумулятор и амперметр. Какие две позиции из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) резистор
- 2) лампочка
- 3) вольтметр
- 4) аккумулятор
- 5) амперметр

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

--	--

24 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
Меркурий	4878	87,97 сут.	58,6 сут.	4,25	5,43
Венера	12 104	224,7 сут.	243 сут. 3 ч 50 мин	10,36	5,25
Земля	12 756	365,3 сут.	23 ч 56 мин	11,18	5,52
Марс	6794	687 сут.	24 ч 37 мин	5,02	3,93
Юпитер	142 800	11 лет 314 сут.	9 ч 55,5 мин	59,54	1,33
Сатурн	119 900	29 лет 168 сут.	10 ч 40 мин	35,49	0,71
Уран	51 108	83 года 273 сут.	17 ч 14 мин	21,29	1,24
Нептун	49 493	164 года 292 сут.	17 ч 15 мин	23,71	1,67

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) в процессе оборота вокруг Солнца Нептун совершает примерно в 2 раза большее число оборотов вокруг своей оси, чем Уран
- 2) масса Марса в 2 раза меньше массы Венеры
- 3) ускорение свободного падения на Венере примерно в 2,4 раза больше, чем на Марсе
- 4) первая космическая скорость вблизи Меркурия в 4,3 раза меньше, чем вблизи Земли
- 5) планеты-гиганты — это газовые шары, поэтому их средние плотности существенно меньше плотности воды

Ответ:

--	--

## Часть 2

Ответом к заданиям 25—27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- 25 Снаряд массой 4 кг, летящий со скоростью 100 м/с, разбивается на два осколка одинаковой массы, при этом первый осколок летит под углом  $90^\circ$  по отношению к направлению движения снаряда, а второй — со скоростью 250 м/с. Определите скорость первого осколка.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 26 При сжатии идеального одноатомного газа при постоянном давлении внешние силы совершили работу 400 Дж. Какое количество теплоты было передано при этом газом окружающим телам?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

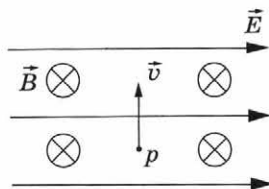
- 27 Предмет расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы с оптической силой 10 дптр. Расстояние от предмета до линзы равно 30 см. Определите расстояние от линзы до изображения предмета.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Для записи ответов к заданиям 28—32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

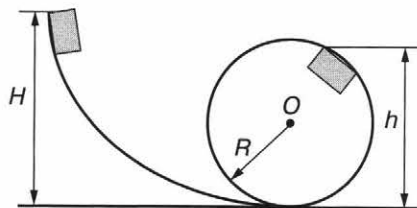
- 28 В камере, из которой откачан воздух, создали электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$  и магнитное поле индукцией  $\vec{B}$ . Поля однородные,  $\vec{E} \perp \vec{B}$ . В камеру влетает протон  $p$ , вектор скорости которого перпендикулярен  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ , как показано на рисунке. Модули напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Как изменится начальный участок траектории протона, если его скорость увеличить? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 29—32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с числовым ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

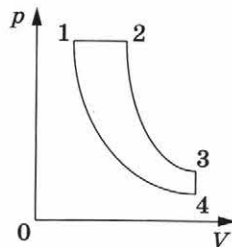
29

Небольшой кубик массой  $m = 1$  кг начинает соскальзывать с высоты  $H = 3$  м по гладкой горке, переходящей в мёртвую петлю (см. рисунок). Определите радиус петли  $R$ , если на высоте  $h = 2,5$  м от нижней точки петли кубик давит на её стенку с силой  $F = 4$  Н. Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение.



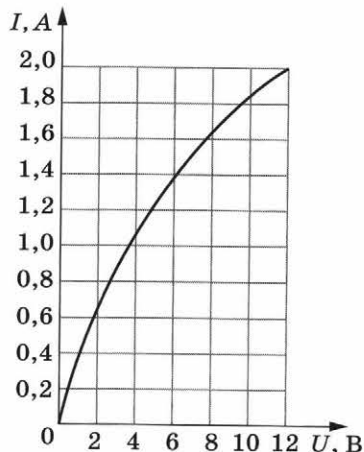
30

Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображён на  $pV$ -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД этого цикла  $\eta = 15\%$ , а минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе  $t_{\min} = 37^\circ\text{C}$  и  $t_{\max} = 302^\circ\text{C}$ , определите количество теплоты, получаемое газом от нагревателя за цикл.



31

Вольт-амперная характеристика лампы накаливания изображена на рисунке. При напряжении источника 12 В температура нити лампы равна 3100 К. Сопротивление нити прямо пропорционально её температуре. Какова температура нити накала при напряжении источника 6 В?



32

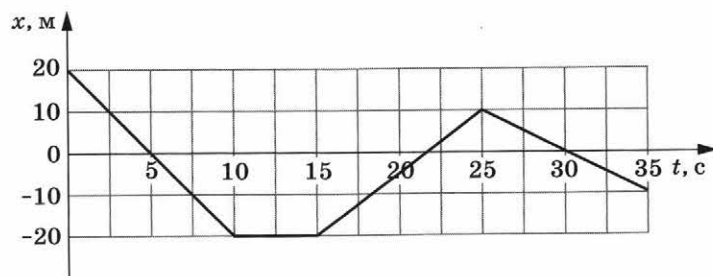
Фотоэлектроны, выбитые монохроматическим светом частотой  $\nu = 6,7 \cdot 10^{14}$  Гц из металла с работой выхода  $A_{\text{вых}} = 1,89$  эВ, попадают в однородное электрическое поле  $E = 100$  В/м. Чему равен тормозной путь для тех электронов, скорость которых максимальна и направлена вдоль линий напряжённости поля?

## Вариант 2

## Часть 1

Ответом к заданиям 1—24 является цифра, слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке приведён график зависимости координаты тела  $x$  от времени  $t$  при его прямолинейном движении по оси  $X$ .



Определите проекцию скорости тела  $v_x$  в промежутке времени от 25 до 30 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 2 В инерциальной системе отсчёта сила  $\vec{F}$  сообщает телу массой  $m$  ускорение  $12 \text{ м/с}^2$ . Определите ускорение тела массой  $2m$  под действием силы  $\frac{1}{3}\vec{F}$  в этой системе отсчёта.

Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{м/с}^2$ .

- 3 Шарик массой 200 г падает с высоты 20 м с начальной скоростью, равной нулю. Чему равна его кинетическая энергия в момент перед ударом о землю, если потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 4 Дж?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

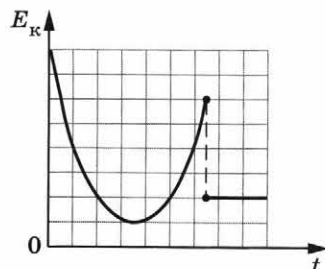
- 4 Шар плотностью  $2,5 \text{ г/см}^3$  и объёмом  $400 \text{ см}^3$  целиком опущен в воду. Определите архимедову силу, действующую на шар.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.



5

На рисунке представлен схематичный вид графика изменения кинетической энергии тела с течением времени. Выберите **два** верных утверждения, описывающие движение в соответствии с данным графиком.



- 1) в конце наблюдения кинетическая энергия тела отлична от нуля
- 2) кинетическая энергия тела в течение всего времени наблюдения уменьшается
- 3) тело брошено под углом к горизонту с поверхности земли и упало на балкон
- 4) тело брошено вертикально вверх с балкона и упало на землю
- 5) тело брошено под углом к горизонту с поверхности земли и упало в кузов проезжающего мимо грузовика

Ответ:

--	--

6

В школьной лаборатории изучают свободные колебания пружинного маятника при различных значениях массы маятника. Как изменятся период его свободных колебаний и период изменения его потенциальной энергии, если увеличить массу маятника, не изменяя жёсткость пружины? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период свободных колебаний	Период изменения потенциальной энергии

7

Шайба массой  $m$  съезжает с горки без трения из состояния покоя. Ускорение свободного падения равно  $g$ . У подножия горки кинетическая энергия шайбы равна  $E_k$ . Чему равны высота горки и модуль импульса шайбы у подножия горки?

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

- А) высота горки  
Б) модуль импульса шайбы у подножия горки

- 1)  $E_k \sqrt{\frac{2m}{g}}$
- 2)  $\sqrt{2mE_k}$
- 3)  $\sqrt{\frac{2E_k}{gm}}$
- 4)  $\frac{E_k}{gm}$

Ответ:

А	Б

- 8 В сосуде содержится неон, абсолютная температура которого равна 900 К. Концентрацию неона увеличили в 1,5 раза, при этом его давление уменьшилось в 3 раза. Определите установившуюся абсолютную температуру газа.

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 9 Тепловая машина с КПД 40% за цикл работы отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 60 Дж. Какое количество теплоты машина получает за цикл от нагревателя?

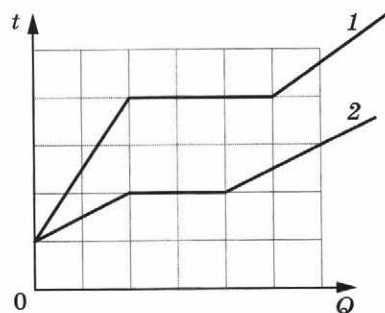
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 10 В закрытом сосуде под поршнем находится водяной пар при температуре 100 °С под давлением 60 кПа. Каким станет давление пара, если, сохраняя его температуру неизменной, уменьшить объём пара в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

- 11 На рисунке представлены графики зависимости температуры  $t$  двух тел одинаковой массы от сообщённого им количества теплоты  $Q$ . Первоначально тела находились в твёрдом агрегатном состоянии. Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения и укажите их номера.

- оба тела имеют одинаковую удельную теплоту плавления
- температура плавления первого тела в 1,5 раза больше, чем второго
- тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в твёрдом агрегатном состоянии
- тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в жидком агрегатном состоянии
- удельная теплоёмкость второго тела в твёрдом агрегатном состоянии в 3 раза больше, чем первого



Ответ:

--	--

- 12 Температуру нагревателя тепловой машины Карно уменьшили, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и количество теплоты, полученное газом за цикл от нагревателя?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- увеличилась
- уменьшилась
- не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Количество теплоты, полученное газом за цикл

13

Как направлена относительно рисунка (**вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю**) кулоновская сила  $\vec{F}$ , действующая на положительный точечный заряд  $+q$ , помещённый в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды  $+q, +q, -q, -q$  (см. рисунок)? Ответ запишите словом (словами).

 $-q \bullet$  $+q \bullet$  $\bullet +q$ 

Ответ: \_\_\_\_\_.

 $-q \bullet$  $+q \bullet$ 

14

На плавком предохранителе счётчика электроэнергии указано: «15 А, 380 В». Чему равна максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включать в сеть, чтобы предохранитель не расплавился?

Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

15

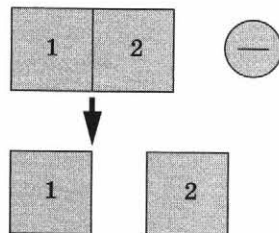
Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью  $C$  и катушки индуктивностью  $L$ . Во сколько раз увеличится период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если электроёмкость конденсатора и индуктивность катушки увеличить в 3 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

16

Незаряженные стеклянные кубики 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле отрицательно заряженного шара, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули и уже потом убрали заряженный шар (нижняя часть рисунка). Выберите **два** верных утверждения из приведённого ниже списка и укажите их номера.

- 1) заряды первого и второго кубиков равны нулю
- 2) заряды первого и второго кубиков отрицательны
- 3) под действием электрического поля шара в кубиках произошло перераспределение свободных электронов
- 4) заряд первого кубика отрицателен, заряд второго положителен
- 5) после того как заряженный шар убрали, напряжённость электрического поля внутри кубиков равна нулю



Ответ:

17

По проволочному резистору течёт ток. Как изменятся при увеличении длины проволоки в 2 раза и уменьшении силы тока вдвое мощность, выделяющаяся на резисторе, и его электрическое сопротивление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

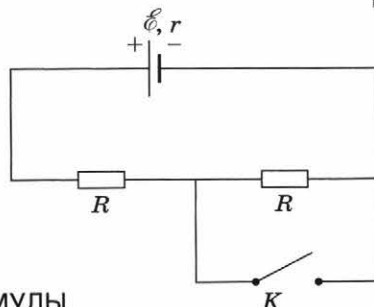
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Мощность, выделяющаяся на резисторе	Электрическое сопротивление резистора

18

На рисунке показана цепь постоянного тока. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\mathcal{E}$  — ЭДС источника напряжения;  $r$  — внутреннее сопротивление источника;  $R$  — сопротивление резистора). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) напряжение на источнике при замкнутом ключе  $K$   
 Б) сила тока через источник при разомкнутом ключе  $K$

## ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{\mathcal{E}R}{R+r}$   
 2)  $\frac{2\mathcal{E}r}{2R+r}$   
 3)  $\frac{\mathcal{E}}{2R+r}$   
 4)  $\frac{\mathcal{E}}{R+r}$

Ответ:

А	Б

19

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе. Чему равны число протонов и число нейтронов в ядре самого распространённого изотопа магния?

2	II	<b>Li</b> 3 ЛИТИЙ 7 <sub>93</sub> 6 <sub>7,4</sub>	<b>Be</b> 4 БЕРИЛЛИЙ 9 <sub>100</sub>	5 БОР 11 <sub>80</sub> 10 <sub>20</sub>	<b>B</b>
3	III	<b>Na</b> 11 НАТРИЙ 23 <sub>100</sub>	<b>Mg</b> 12 МАГНИЙ 24 <sub>79</sub> 26 <sub>11</sub> 25 <sub>10</sub>	13 АЛЮМИНИЙ 27 <sub>100</sub>	<b>Al</b>
4	IV	<b>K</b> 19 КАЛИЙ 39 <sub>93</sub> 41 <sub>6,7</sub>	<b>Ca</b> 20 КАЛЬЦИЙ 40 <sub>97</sub> 44 <sub>2,1</sub>	<b>Sc</b> 21 СКАНДИЙ 45 <sub>100</sub>	
	V	29 <b>Cu</b> МЕДЬ 63 <sub>69</sub> 65 <sub>31</sub>	30 <b>Zn</b> ЦИНК 64 <sub>49</sub> 66 <sub>28</sub> 68 <sub>19</sub>	31 <b>Ga</b> ГАЛЛИЙ 69 <sub>60</sub> 71 <sub>40</sub>	

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20

Период полураспада изотопа кислорода  $^{14}\text{O}$  составляет 71 с. Какая доля от исходного большого числа этих ядер остаётся **нераспавшейся** через интервал времени, равный 142 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

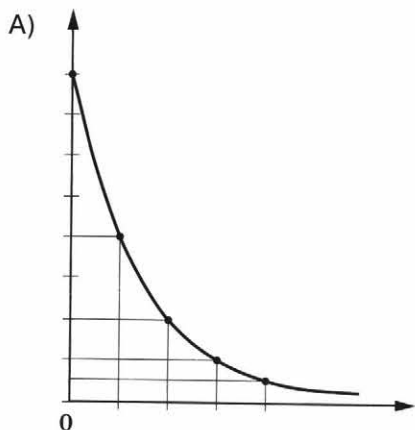
21

Установите соответствие между графиками, представленными на рисунках, и законами (зависимостями), которые они могут выражать.

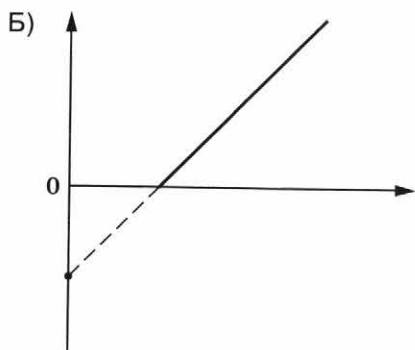
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИК

ЗАКОН



- 1) закон Эйнштейна пропорциональности массы и энергии
- 2) закон радиоактивного распада
- 3) зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света
- 4) зависимость энергии фотона от частоты света



Ответ:

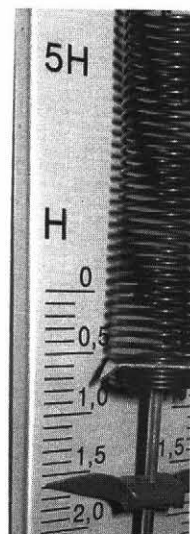
А	Б

22

Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность измерений равна цене деления динамометра.

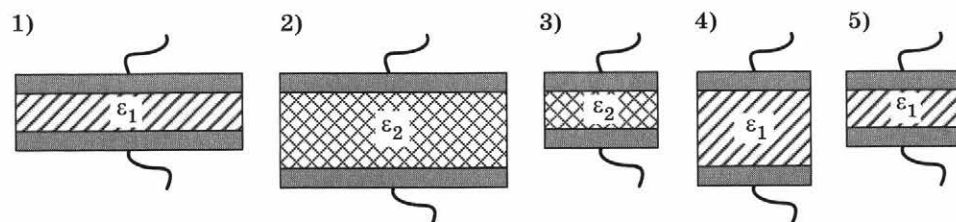
Запишите показания динамометра с учётом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) Н.



В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

- 23 Конденсатор состоит из двух круглых пластин, между которыми находится диэлектрик ( $\varepsilon$  — диэлектрическая проницаемость диэлектрика). Необходимо экспериментально установить, как зависит ёмкость конденсатора от площади его пластин. Какие два конденсатора следует использовать для проведения такого исследования?



В ответ запишите номера выбранных установок.

Ответ:

- 24 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. год)
Альдебаран	3500	5	45	68
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Бетельгейзе	3100	20	900	650
Вега	10 600	3	3	27
Капелла	5200	3	2,5	45
Кастор	10 400	3	2,5	45
Процион	6900	1,5	2	11
Спика	16 800	15	7	160

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) средняя плотность вещества звезды Вега составляет  $1 \text{ г/см}^3$
- 2) температура поверхности и радиус Бетельгейзе говорят о том, что эта звезда относится к красным сверхгигантам
- 3) звёзды Кастор и Капелла имеют одинаковые радиусы и, следовательно, относятся к одному и тому же спектральному классу
- 4) звезда Вега относится к белым звёздам спектрального класса А
- 5) температура на поверхности Альтаира в 2 раза выше, чем на поверхности Солнца

Ответ:

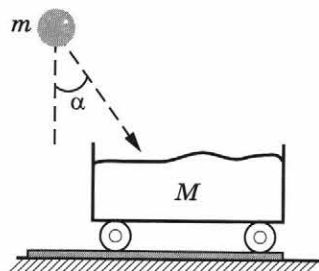


## Часть 2

Ответом к заданиям 25—27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- 25 Камень массой  $m = 10$  кг падает под углом  $\alpha = 30^\circ$  к вертикали со скоростью 12 м/с в тележку с песком общей массой  $M = 50$  кг, покоящуюся на горизонтальных рельсах (см. рисунок). Чему равна скорость тележки после падения в неё камня?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.



- 26 Аргон массой 120 г в ходе адиабатического процесса сжали, при этом температура газа увеличилась на 150 К. Какую работу совершили при этом внешние силы? Ответ округлите до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

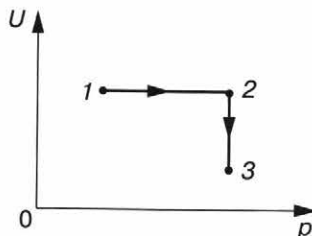
- 27 Дифракционная решётка с периодом 30 мкм расположена параллельно экрану на расстоянии 2 м от него. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 10 см от центра дифракционной картины при освещении решётки нормально падающим пучком света длиной волны 500 нм? Угол отклонения лучей решёткой  $\alpha$  считать малым, так что  $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

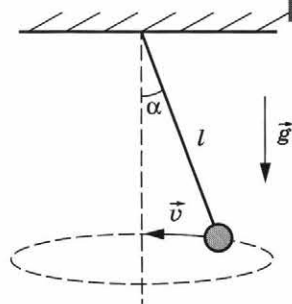
Для записи ответа к заданиям 28—32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 28 Постоянное количество одноатомного идеального газа участвует в процессе, который изображён на рисунке в переменных  $p$  —  $U$ , где  $U$  — внутренняя энергия газа,  $p$  — его давление. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, определите, получает газ теплоту или отдаёт в процессах 1—2 и 2—3.



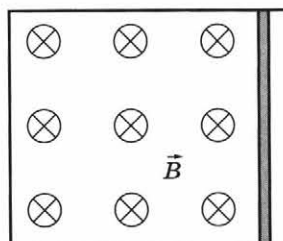
Полное правильное решение каждой из задач 29—32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с числовым ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

- 29 Небольшой груз, прикрепленный к нити длиной  $l = 15$  см, вращается вокруг вертикальной оси так, что нить отклоняется от вертикали на угол  $\alpha = 60^\circ$ . С какой скоростью движется груз?



- 30 В сосуде под поршнем находился воздух с относительной влажностью  $\phi = 40\%$ . Какая часть  $\alpha$  водяных паров сконденсировалась после сжатия?

- 31 Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплён в горизонтальной плоскости. На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка массой 92 г и длиной 1 м. Сопротивление перемычки равно 0,1 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,15 Тл. С какой установившейся скоростью будет двигаться перемычка, если к ней приложить постоянную горизонтальную силу 1,13 Н? Коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,25. Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.



- 32 В вакууме находятся два кальциевых электрода, к которым подключён конденсатор ёмкостью 4000 пФ. При длительном освещении катода светом фототок между электродами, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд  $5,5 \cdot 10^{-9}$  Кл. Красная граница фотоэффекта для кальция  $\lambda_0 = 450$  нм. Определите частоту световой волны, освещающей катод. Ёмкостью системы электродов пренебречь.

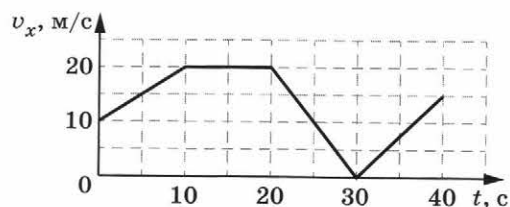
## ВАРИАНТ 3

## Часть 1

Ответом к заданиям 1—24 является цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

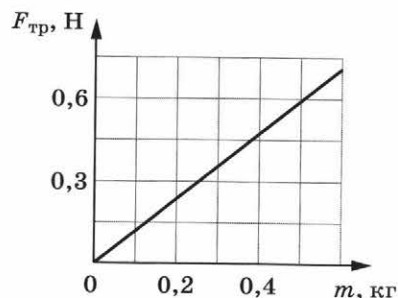
- 1 Автомобиль движется по прямой улице вдоль оси  $OX$ . На графике представлена зависимость проекции его скорости от времени. Определите путь, пройденный автомобилем за 30 с от момента начала наблюдения.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.



- 2 При исследовании зависимости силы трения скольжения  $F_{тр}$  деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы  $m$  бруска получен график, представленный на рисунке. Чему равен в этом исследовании коэффициент трения?

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 3 Отношение импульса самосвала к импульсу легкового автомобиля  $\frac{p_1}{p_2} = 2$ . Каково отношение их скоростей  $\frac{v_1}{v_2}$ , если отношение массы самосвала к массе легкового автомобиля  $\frac{m_1}{m_2} = 12,5$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 4 Рычаг находится в равновесии под действием двух сил. Сила  $F_1 = 4$  Н. Чему равна сила  $F_2$ , если плечо силы  $F_1$  равно 15 см, а плечо силы  $F_2$  равно 10 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 5 В таблице представлены данные о положении шарика, колеблющегося вдоль оси  $OX$ , в различные моменты времени.

$t, \text{ с}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x, \text{ мм}$	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	-5	-9	-12	-14	-15	-14

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения и укажите их номера.

- 1) потенциальная энергия шарика минимальна в момент времени 3 с
- 2) период колебаний шарика равен 2 с
- 3) кинетическая энергия шарика максимальна в момент времени 1 с
- 4) амплитуда колебаний шарика равна 15 мм
- 5) полная механическая энергия шарика остаётся неизменной

Ответ:

--	--

**6**

В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода радиус орбиты спутника и его скорость движения по орбите вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты	Скорость движения по орбите

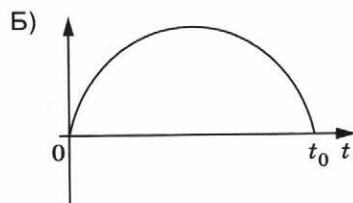
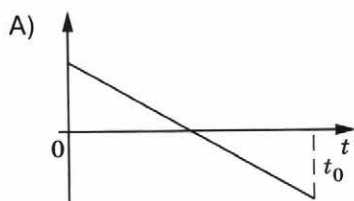
**7**

В момент времени  $t = 0$  шарик бросили вертикально вверх с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  (см. рисунок). На графиках А и Б представлены зависимости некоторых физических величин от времени движения шарика. Установите соответствие между этими графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять ( $t_0$  — время полёта, сопротивлением воздуха пренебречь).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) координата шарика  $y$
- 2) проекция скорости шарика  $v_y$
- 3) проекция ускорения шарика  $a_y$
- 4) проекция  $F_y$  силы тяжести, действующей на шарик

Ответ:

<b>А</b>	<b>Б</b>

- 8 Температура неона уменьшилась со  $127^\circ\text{C}$  до  $-23^\circ\text{C}$ . Во сколько раз уменьшилась средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 9 Одноатомному идеальному газу в количестве 2 моль сообщили количество теплоты, равное 2000 Дж, при этом внешние силы совершили над газом работу 800 Дж. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

Ответ: на \_\_\_\_\_ Дж.

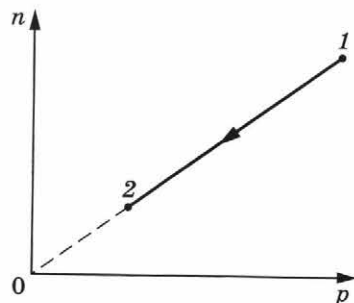
- 10 Относительная влажность воздуха при температуре  $100^\circ\text{C}$  равна 70%. Определите парциальное давление водяных паров, содержащихся в воздухе.

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

- 11 При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 концентрация молекул  $n$  пропорциональна давлению  $p$  (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующие процесс 1—2, и укажите их номера.

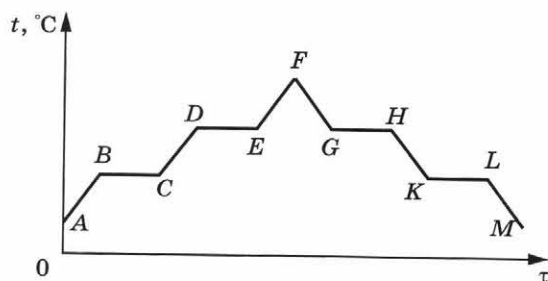
- 1) средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа остаётся неизменной
- 2) плотность газа уменьшается
- 3) абсолютная температура газа увеличивается
- 4) происходит изотермическое сжатие газа
- 5) среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа увеличивается



Ответ: 

--	--

- 12 В цилиндре под поршнем находилось твёрдое вещество. Цилиндр поместили в горячую печь, а через некоторое время стали охлаждать. На рисунке показан график изменения температуры  $t$  вещества с течением времени  $\tau$ . Установите соответствие между участками графика и процессами, отображаемыми этими участками. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



УЧАСТКИ ГРАФИКА

- А) BC  
Б) FG

ПРОЦЕССЫ

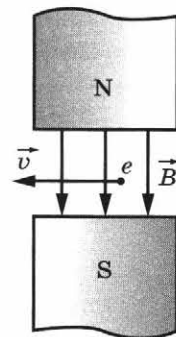
- 1) плавление твёрдого вещества
- 2) нагревание жидкости
- 3) охлаждение пара
- 4) нагревание твёрдого вещества

Ответ:

А	Б

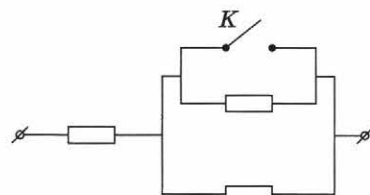
- 13 Электрон  $e$  влетает в зазор между полюсами электромагнита со скоростью  $\vec{v}$ , направленной горизонтально. Вектор индукции  $\vec{B}$  магнитного поля направлен вниз (см. рисунок). Как направлена относительно рисунка (**вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю**) действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).

Ответ: \_\_\_\_\_.



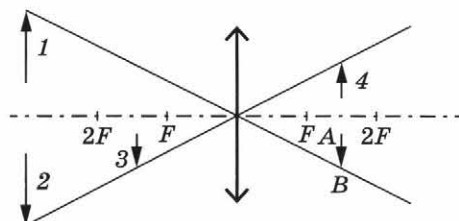
- 14 Каждый из резисторов в схеме, изображённой на рисунке, имеет сопротивление 150 Ом. Каким будет сопротивление участка цепи, если ключ  $K$  замкнуть?

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.



- 15 Какому из предметов 1—4 соответствует изображение  $AB$  в тонкой линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

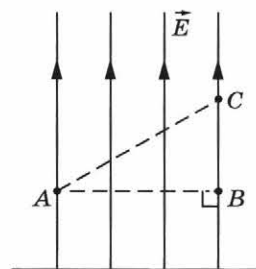


- 16 На рисунке изображены линии напряжённости однородного электростатического поля, образованного равномерно заряженной протяжённой пластиной. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения и укажите их номера.

- 1) заряд пластины отрицательный
- 2) потенциал поля в точке  $B$  меньше, чем в точке  $C$
- 3) работа сил электростатического поля по перемещению точечного отрицательного заряда из точки  $A$  в точку  $B$  равна нулю
- 4) если в точку  $A$  поместить точечный отрицательный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вниз
- 5) напряжённость поля в точке  $A$  меньше, чем в точке  $C$

Ответ: 

--	--



- 17 Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на двойном фокусном расстоянии от неё. Его начинают отодвигать от линзы. Как меняются при этом расстояние от линзы до изображения и оптическая сила линзы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Расстояние от линзы до изображения	Оптическая сила линзы

18

Установите соответствие между формулами для вычисления физических величин в схемах постоянного тока и названиями этих величин.

В формулах использованы обозначения:  $I$  — сила тока;  $U$  — напряжение;  $R$  — сопротивление резистора.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФОРМУЛЫ

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А)  $\frac{U}{I}$

1) заряд, прошедший через резистор

Б)  $\frac{U^2}{R}$

2) сила тока через резистор

3) мощность тока, выделяющаяся на резисторе

4) сопротивление резистора

Ответ:

А	Б

19

Элемент менделевий был получен при бомбардировке  $\alpha$ -частицами ядер элемента X в соответствии с реакцией  $X + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{256}_{101}\text{Md} + {}^1_0\text{n}$ . Укажите массовое и зарядовое числа этого ядра химического элемента X.

Ответ:

Массовое число	Зарядовое число

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20

В герметичный контейнер поместили 10 мг полония  ${}^{210}_{84}\text{Po}$ , ядра которого испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 140 дней. Какая масса полония останется в контейнере через 420 дней?

Ответ: \_\_\_\_\_ мг.

21

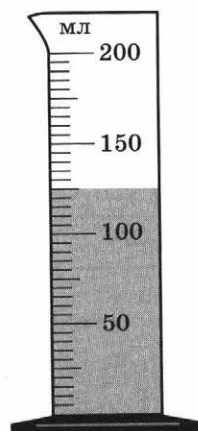
При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только зелёный свет, а во второй — пропускающий только фиолетовый свет. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение.

Как изменяются длина световой волны и запирающее напряжение при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны	Запирающее напряжение



22

Ученик измерял объём жидкости при помощи мензурки (см. рисунок). Погрешность измерения объёма равна цене деления мензурки. Запишите в ответ объём жидкости с учётом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) см<sup>3</sup>.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23

Для проведения опыта по обнаружению зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити ученику выдали пять маятников, параметры которых указаны в таблице. Грузы — полые металлические шарики одинакового объёма. Какие два маятника из предложенных ниже необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ маятника	Длина нити	Масса груза	Материал, из которого сделан груз
1	60 см	100 г	медь
2	100 см	200 г	сталь
3	80 см	300 г	алюминий
4	80 см	100 г	алюминий
5	150 см	200 г	сталь

В ответ запишите номера выбранных маятников.

Ответ: 

--	--

24 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Средняя температура на поверхности, °C
Меркурий	4878	87,97 сут.	58,6 сут.	350 °C день, -170 °C ночь
Венера	12 104	224,7 сут.	243 сут. 3 ч 50 мин	480 °C
Марс	6794	687 сут.	24 ч 37 мин	-63 °C
Юпитер	142 800	11 лет 314 сут.	9 ч 55,5 мин	-150 °C
Сатурн	119 900	29 лет 168 сут.	10 ч 40 мин	-180 °C
Уран	51 108	83 года 273 сут.	17 ч 14 мин	-214 °C
Нептун	49 493	164 года 292 сут.	17 ч 15 мин	-220 °C

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) большая разница между ночными и дневными температурами на Меркурии объясняется отсутствием на планете атмосферы
- 2) чем дальше от Солнца располагаются планеты земной группы, тем ниже температура их поверхности
- 3) объём Марса почти в 2 раза меньше, чем объём Венеры
- 4) за один юпитерианский год Марс успевает совершить три оборота вокруг Солнца
- 5) средняя температура на Марсе составляет 210 К

Ответ:

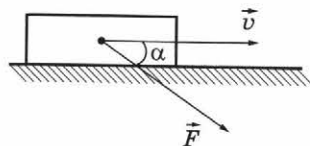
--	--

## Часть 2

Ответом к заданиям 25—27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

25

Брусок массой 2 кг движется по горизонтальному столу. На него действует сила  $\vec{F}$  под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3. Чему равен модуль силы  $\vec{F}$ , если модуль силы трения, действующей на брусок, равен 7,5 Н?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

26

Температура куска свинца массой 1 кг равна 37 °C. Какое количество теплоты надо передать ему, чтобы расплавилась половина его массы? Температура плавления свинца 327 °C. Ответ выразите в килоджоулях (кДж). Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 27 В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

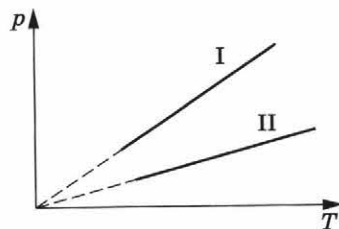
Вычислите по этим данным максимальное значение силы тока в катушке. Ответ выразите в миллиамперах (мА), округлив его до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ мА.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

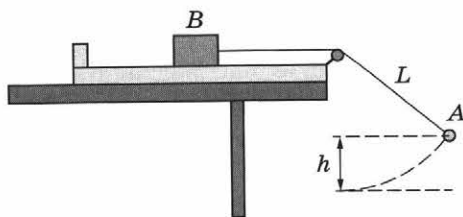
Для записи ответа к заданиям 28—32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 28 Две порции одного и того же идеального газа нагреваются в сосудах одинакового объёма. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изохора I лежит выше изохоры II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



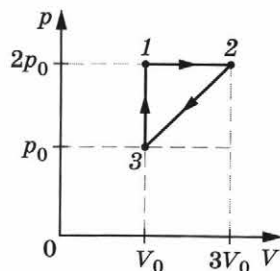
Полное правильное решение каждой из задач 29—32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с числовым ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

- 29 В установке, изображённой на рисунке, грузик A соединён перекинутой через блок нитью с бруском B, лежащим на горизонтальной поверхности трибометра, закреплённого на столе. Грузик отводят в сторону, приподнимая его на высоту  $h$ , и отпускают. Длина свисающей части нити равна  $L$ . Какую величину должна превзойти масса грузика, чтобы брусок сдвинулся с места в момент прохождения грузиком нижней точки траектории? Масса бруска  $M$ , коэффициент трения между бруском и поверхностью  $\mu$ . Трением в блоке, а также размерами блока пренебречь.



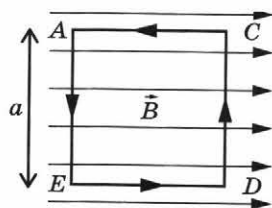
30

Изменение состояния постоянной массы одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершает работу  $A_{12} = 5$  кДж. Какое количество теплоты газ получает за цикл от нагревателя?



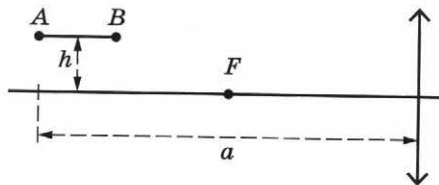
31

На непроводящей горизонтальной поверхности стола лежит жёсткая рамка массой  $m$  из однородной тонкой проволоки, согнутая в виде квадрата  $ACDE$  со стороной  $a$  (см. рисунок). Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции  $\vec{B}$  которого перпендикулярен сторонам  $AE$  и  $CD$  и равен по модулю  $B$ . По рамке идёт ток  $I$  в направлении, указанном стрелками (см. рисунок). При каком минимальном значении  $B$  рамка начнёт поворачиваться вокруг стороны  $CD$ ?



32

Тонкая палочка  $AB$  длиной  $l = 10$  см расположена параллельно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии  $h$  от неё (см. рисунок). Конец  $A$  палочки располагается на расстоянии  $a = 40$  см от линзы. Длина изображения палочки в линзе  $L = 25$  см. Постройте изображение палочки в линзе и определите расстояние  $h$ . Фокусное расстояние линзы  $F = 20$  см.



# ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

За правильный ответ к каждому из заданий 1—4, 8—10, 13—15, 19, 20, 22, 23 и 25—27 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указано требуемое число, два числа или слово.

Каждое из заданий 5—7, 11, 12, 16—18, 21 и 24 оценивается в 2 балла, если верно указано оба элемента ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, ставится 0 баллов.

Выполнение заданий 28—32 части 2 (с развёрнутым ответом) оценивается экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

## ВАРИАНТ 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	–4	15	60
2	1	16	34 или 43
3	9	17	11
4	4	18	41
5	35 или 53	19	20881
6	23	20	1,6
7	42	21	21
8	40	22	4,60,2
9	50	23	23 или 32
10	100	24	13 или 31
11	45 или 54	25	150
12	21	26	1000
13	вправо	27	15
14	0,00125		

## Возможное решение

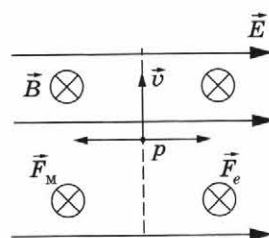
28

1. Траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от штриховой прямой влево.

2. На протон действуют магнитное поле силой  $F_m = qvB$  и электрическое поле силой  $F_e = qE$ . Поскольку заряд протона положительный,  $\vec{F}_e$  сонаправлена с  $\vec{E}$ , а по правилу левой руки  $\vec{F}_m$  направлена противоположно силе  $\vec{F}_e$ .

Поскольку первоначально протон двигался прямолинейно, то согласно второму закону Ньютона по модулю эти силы были равны.

3. Сила действия электрического поля не зависит от скорости протона, а сила действия магнитного поля с увеличением его скорости возрастает. Поскольку приращение  $\vec{F}_m$ , а также вызываемое им ускорение направлены влево, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от штриховой прямой влево.





## Возможное решение

29

1. Пусть скорость кубика на высоте  $h$  равна  $v$ , а в нижней точке петли потенциальная энергия кубика равна нулю. Тогда по закону сохранения механической энергии  $mgH = \frac{mv^2}{2} + mgh$ , откуда  $v^2 = 2g(H - h)$ .

2. Когда кубик находится на высоте  $h$ , на него действует две силы: сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила реакции опоры  $\vec{N}$ . Запишем второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление ( $OX$  на рисунке):  $mg\cos\alpha + N = \frac{mv^2}{R}$ , где  $\frac{v^2}{R} = a_n$  — центростремительное ускорение кубика в этой точке.

По третьему закону Ньютона  $N = F$ .

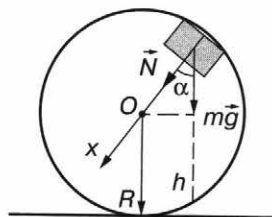
Из рисунка видно, что  $\cos\alpha = \frac{h - R}{R}$ .

3. Из выражений п. 2 получим  $R = \frac{m(gh - v^2)}{mg - F}$ .

4. Подставив полученное значение  $v^2$  из п. 1, найдём:

$$R = \frac{mg(3h - 2H)}{mg - F} = \frac{1 \cdot 10 \cdot (3 \cdot 2,5 - 2 \cdot 3)}{1 \cdot 10 - 4} = 2,5 \text{ м.}$$

Ответ:  $R = 2,5$  м.



## Возможное решение

30

При изобарном расширении на участке 1—2 газ получает от нагревателя количество теплоты  $Q_{12}$ , а на участке 3—4 отдаёт холодильнику в изохорном процессе количество теплоты  $Q_{34}$ . На других участках теплообмен отсутствует. В соответствии с первым началом термодинамики работа газа за цикл А равна разности количества теплоты, полученного от нагревателя, и количества теплоты, отданного холодильнику:  $A = Q_{12} - Q_{34}$ .

По определению КПД теплового двигателя  $\eta = \frac{A}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}}$ , что позволяет найти теплоту, полученную от нагревателя:  $Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta}$ , если известно  $Q_{34}$ .

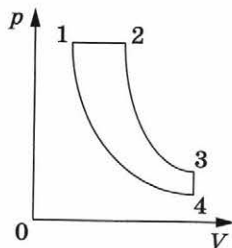
Количество теплоты  $Q_{34}$ , отданное при изохорном охлаждении на участке 3—4, равно уменьшению внутренней энергии газа на этом участке:  $Q_{34} = |\Delta U_{34}|$ . Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна абсолютной температуре, и для 1 моль одноатомного газа  $U = \frac{3}{2}RT$ , а модуль её изменения на участке 3—4

$$|\Delta U_{34}| = \frac{3}{2}R(T_3 - T_4) = \frac{3}{2}R(t_3 - t_4).$$

В итоге получим  $Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta} = \frac{3}{2} \frac{R(t_{\max} - t_{\min})}{1 - \eta}$ .

Подставляя значения физических величин, получим  $Q_{12} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,31 \cdot 265}{0,85} \approx 3886$  Дж.

Ответ:  $Q_{12} \approx 3886$  Дж.



## Возможное решение

31

1. При напряжении источника  $U_1 = 12$  В сила тока через лампу определяется из графика  $I_1 = 2$  А.

2. Сопротивление нити накала при этом определяется законом Ома:  $R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 6$  Ом.

3. При уменьшении напряжения на лампе в 2 раза  $U_2 = 6$  В, сила тока через неё станет  $I_2 = 1,4$  А (см. вольт-амперную характеристику).

4. Сопротивление нити накала при этом напряжении  $R_2 = \frac{U_2}{I_2} \approx 4,3 \text{ Ом}$ .

5. Так как сопротивление нити пропорционально температуре  $R = \beta T$ , то  $\frac{T_2}{T_1} = \frac{R_2}{R_1}$  и

$$T_2 = T_1 \frac{R_2}{R_1} = T_1 \frac{U_2 I_1}{I_2 U_1} = 3100 \cdot \frac{6 \cdot 2}{1,4 \cdot 12} \approx 2214 \text{ К}.$$

Ответ:  $T_2 \approx 2214 \text{ К}$ .

### Возможное решение

32 Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}. \quad (1)$$

Фотоэлектроны, влетевшие в электрическое поле  $\vec{E}$ , будут тормозиться им и, пройдя тормозной путь  $d$ , остановятся, затем начнут двигаться обратно. Закон сохранения энергии:

$$\frac{mv_{\text{max}}^2}{2} - e\varphi_1 = -e\varphi_2,$$

$$\text{откуда} \quad \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = e(\varphi_1 - \varphi_2) = eU = eEd, \quad (2)$$

где  $e$  — модуль заряда электрона.

Объединяя (1) и (2), имеем

$$d = \frac{h\nu - A_{\text{вых}}}{eE} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,7 \cdot 10^{14} - 1,89 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 100} \approx 8,7 \text{ мм}.$$

Ответ:  $d \approx 8,7 \text{ мм}$ .

### ВАРИАНТ 2

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	-2	15	3
2	2	16	15 или 51
3	36	17	21
4	4	18	13
5	15 или 51	19	1212
6	11	20	25
7	42	21	23
8	200	22	1,60,1
9	100	23	15 или 51
10	100	24	24 или 42
11	45 или 54	25	1
12	22	26	5,6
13	влево	27	3
14	5700		

## Возможное решение

28

1. Так как внутренняя энергия идеального одноатомного газа  $U = \frac{3}{2} \nu RT$  (где  $\nu$  — количество моль газа), то на участке 1—2, где внутренняя энергия газа не изменяется ( $\Delta U = 0$ ), процесс изотермический:  $\Delta T = 0$ .

2. По первому закону термодинамики количество теплоты, которое одноатомный идеальный газ получает на изотерме, равно работе газа:  $Q = \Delta U + A = A$ . Так как давление газа растёт, то согласно закону Бойля—Мариотта объём уменьшается, т. е. газ совершает отрицательную работу:  $A < 0$ . Значит,  $Q_{12} < 0$  и газ отдаёт тепло.

3. На участке 2—3 давление газа не изменяется (изобарный процесс  $p = \text{const}$ ), а внутренняя энергия уменьшается ( $\Delta U < 0$ ), поэтому температура газа  $T$  уменьшается, согласно закону Гей-Люссака объём также уменьшается. В этом процессе работа отрицательна, так как газ сжимается:  $A < 0$ . По первому закону термодинамики  $Q_{23} = \Delta U + A < 0$ . В этом процессе газ также отдаёт тепло.

Ответ:  $Q_{12} < 0$ ;  $Q_{23} < 0$ .

## Возможное решение

29

На груз действуют сила натяжения нити  $\vec{T}$  и сила тяжести  $m\vec{g}$ , как указано на рисунке. В инерциальной системе отсчёта, связанной с Землёй, ускорение тела определяется вторым законом Ньютона, что приводит к уравнениям для проекций сил и ускорений на оси  $XOY$ :

$$ma_x = T \sin \alpha, \quad 0 = T \cos \alpha - mg.$$

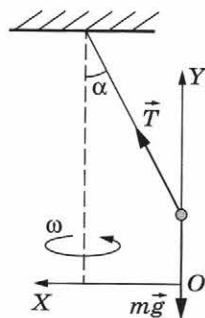
Здесь  $a_x = \frac{v^2}{l \sin \alpha}$  — центростремительное ускорение.

Поскольку  $\alpha = 60^\circ$ , то  $\cos \alpha = \frac{1}{2}$ , и из второго уравнения  $T = 2mg$ .

Тогда из первого уравнения получим  $\frac{v^2}{l \sin \alpha} = 2g \sin \alpha$ , следовательно,

$$v = \sqrt{2gl \sin^2 \alpha} = \sqrt{\frac{3}{2} gl}. \text{ Подставляя значения физических величин, получим } v = 1,5 \text{ м/с.}$$

Ответ:  $v = 1,5$  м/с.



## Возможное решение

30

1. Относительная влажность  $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нп}}} 100\%$ . В начальном состоянии парциальное давление пара в сосуде было равно  $p_1 = \frac{\varphi}{100\%} p_{\text{нп}} = 0,4 p_{\text{нп}}$ , где  $p_{\text{нп}}$  — давление насыщенного пара.

2. Согласно уравнению Менделеева—Клапейрона  $p_1 = \frac{m_0}{MV} RT$ , где  $T$  — температура пара,  $V$  — объём сосуда,  $M$  — молярная масса воды,  $m_0$  — начальная масса водяного пара в сосуде.

3. После сжатия пар стал насыщенным, а его масса уменьшилась до  $m_1$ . Поэтому  $p_2 = p_{\text{нп}} = \frac{m_1}{M(V/5)} RT$ .

4. Объединяя выражения пп. 1, 2 и 3, получаем  $\alpha = \frac{m_0 - m_1}{m_0} = 0,5$ .

Ответ:  $\alpha = 0,5$ .

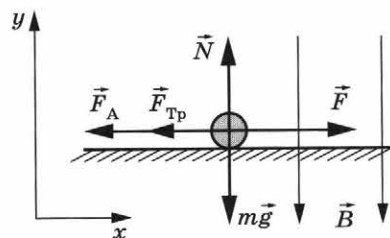
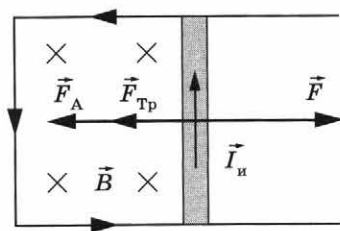
### Возможное решение

31

При движении перемычки в однородном магнитном поле на её концах возникает ЭДС электромагнитной индукции:  $\mathcal{E} = Bvl$ , где  $B$  — индукция магнитного поля,  $v$  и  $l$  — соответственно скорость и длина перемычки. Согласно закону Ома для полной цепи в замкнутом контуре возникает индукционный ток:  $I_{\text{инд}} = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{Bvl}{R}$ , где  $R$  — сопротивление перемычки. Поскольку скорость перемычки постоянна, то ЭДС и индукционный ток также будут постоянными. Согласно правилу Ленца индукционный ток, возникающий в контуре, будет направлен так, чтобы своим магнитным полем препятствовать увеличению магнитного потока при движении перемычки, т. е. против часовой стрелки (см. рисунок). Благодаря появлению индукционного тока на перемычку со стороны магнитного поля начнёт действовать сила Ампера, направленная согласно правилу левой руки в противоположную движению сторону:  $F_A = BI_{\text{инд}}l = \frac{B^2 l^2 v}{R}$ .

На перемычку действует пять сил: сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила реакции опоры  $\vec{N}$ , сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ , сила Ампера  $\vec{F}_A$  и сила  $\vec{F}$ , приложенная к перемычке (см. рисунок). Перемычка движется с постоянной скоростью, поэтому её ускорение равно нулю. Проекция второго закона Ньютона имеют вид  $Ox: 0 = F - F_{\text{тр}} - F_A$ ;  $Oy: 0 = N - mg$ . Сила трения скольжения  $\vec{F}_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$ . В итоге получаем

$$v = \frac{(F - \mu mg)R}{(Bl)^2} = \frac{(1,13 - 0,25 \cdot 0,092 \cdot 10) \cdot 0,1}{(0,15 \cdot 1)^2} = 4 \text{ м/с}.$$



Ответ:  $v = 4$  м/с.

### Возможное решение

32

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A_{\text{выл}} + E_k$ , где  $E_k$  — максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов,  $A_{\text{выл}} = \frac{hc}{\lambda_0}$ .

Фототок прекращается, когда  $E_k = eU$ , где  $U$  — напряжение между электродами, или напряжение на конденсаторе.

Заряд конденсатора  $q = CU$ .

В результате получаем

$$\nu = \frac{c}{\lambda_0} + \frac{eq}{Ch} = \frac{3 \cdot 10^8}{450 \cdot 10^{-9}} + \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5,5 \cdot 10^{-9}}{4000 \cdot 10^{-12} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}} \approx 10^{15} \text{ Гц}.$$

Ответ:  $\nu \approx 10^{15}$  Гц.

## ВАРИАНТ 3

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	450	15	1
2	0,12	16	34 или 43
3	0,16	17	23
4	6	18	43
5	45 или 54	19	25 399
6	12	20	1,25
7	21	21	21
8	1,6	22	1255
9	2800	23	25 или 52
10	70	24	15 или 51
11	12 или 21	25	10
12	13	26	50,2
13	от наблюдателя	27	1,6
14	150		

## Возможное решение

28

1. Количество вещества в первой порции газа больше, чем во второй.
2. Для описания изохорного нагревания идеального газа используем уравнение Менделеева—Клапейрона:  $p = \nu RT/V$ , где  $\nu$  — число молей газа. Отсюда следует, что при одинаковых температуре и объёме  $p_1/p_2 = \nu_1/\nu_2$ .
3. Как следует из рисунка,  $p_1 > p_2$  (при одинаковых температуре и объёме). Поэтому  $\nu_1 > \nu_2$ .

## Возможное решение

29

Брусек сдвигается с места при условии, что сила, действующая на него со стороны нити, станет больше максимальной силы трения покоя:  $T > F_{\text{тр.покоя}}$ ,  $T > \mu Mg$ . Второй закон Ньютона для грузика в нижнем положении:

$$\frac{mv^2}{L} = T - mg. \quad (1)$$

Закон сохранения механической энергии:

$$mgh = \frac{mv^2}{2}, \text{ откуда } \frac{2mgh}{L} = \frac{mv^2}{L}. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получим

$$T = \frac{mv^2}{L} + mg = \frac{2mgh}{L} + mg = mg\left(\frac{2h}{L} + 1\right) > \mu Mg, \text{ откуда } h > \frac{L}{2}\left(\frac{\mu M}{m} - 1\right).$$

Ответ:  $h > \frac{L}{2}\left(\frac{\mu M}{m} - 1\right)$ .

Допускается ответ в виде равенства.





## Содержание

Структура и содержание контрольных измерительных материалов ЕГЭ по физике в 2018 г. ....	3
Программа повторительно-обобщающего курса для подготовки к ЕГЭ по физике .....	14
Основные приёмы организации работы с использованием «Типовых заданий» .....	17
Типология заданий экзаменационной работы .....	20
Особенности оценивания заданий с развёрнутым ответом КИМ ЕГЭ по физике .....	39
Тренировочные варианты .....	59
Ответы и решения .....	89

Учебное издание

**Демидова** Марина Юрьевна  
**Грибов** Виталий Аркадьевич  
**Гиголо** Антон Иосифович

**Я сдам ЕГЭ!**

**Физика**

**Курс самоподготовки**

**Технология решения заданий**

Учебное пособие  
для общеобразовательных организаций

ЦЕНТР ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Редакция физики и химии**

Зав. редакцией *Н. А. Коновалова*

Редактор *Т. П. Каткова*

Художественный редактор *Т. В. Глушкова*

Компьютерная вёрстка и техническое редактирование *Е. В. Семериковой*

Корректоры *Е. В. Барановская, Н. В. Игошева*

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93—953000. Изд. лиц. Серия ИД № 05824 от 12.09.01. Подписано в печать 20.11.17. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага типографская. Гарнитура PragmaticaC. Печать офсетная. Доп. тираж 1000 экз. Заказ № 50574СМ.

Акционерное общество «Издательство «Просвещение».  
127521, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Отпечатано по заказу АО «ПолиграфТрейд»  
в филиале «Смоленский полиграфический комбинат»  
ОАО «Издательство «Высшая школа».  
214020, г. Смоленск, ул. Смольянинова, 1.  
Тел.: +7(4812) 31-11-96. Факс: +7(4812) 31-31-70.  
E-mail: spk@smolpk.ru <http://www.smolpk.ru>