

**600**  
**ЗАДАНИЙ**  
**С ОТВЕТАМИ**

# ЕГЭ

## 2020

Н. К. Ханнанов, Г. Г. Никифоров, В. А. Орлов

# ФИЗИКА

## СБОРНИК ЗАДАНИЙ

- Задания разных типов по всем темам
- Ответы и решения



**600**  
**ЗАДАНИЙ**  
**С ОТВЕТАМИ**

**ЕГЭ**

**2020**

**Н. К. Ханнанов, Г. Г. Никифоров, В. А. Орлов**

**ФИЗИКА**

---

**СБОРНИК ЗАДАНИЙ**

  
**МОСКВА**  
**2019**



УДК 373:53  
ББК 22.3я721  
Х19

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, воспроизведена или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

## Об авторах:

**Н.К. Ханнанов** — кандидат химических наук, учитель физики,  
«Новая Черноголовская школа», г. Черноголовка

**Г.Г. Никифоров** — кандидат педагогических наук,  
ведущий научный сотрудник ИСМО РАО

**В.А. Орлов** — кандидат педагогических наук, профессор

**Ханнанов, Наиль Кутдусович.**

**Х19** ЕГЭ 2020. Физика: сборник заданий: 600 заданий с ответами/  
Н.К. Ханнанов, Г.Г. Никифоров, В.А. Орлов. — Москва : Эксмо,  
2019. — 288 с. — (ЕГЭ. Сборник заданий).

Книга предназначена для подготовки учащихся к ЕГЭ по физике.  
Издание содержит:

- более 600 заданий по всем темам ЕГЭ;
- информацию о содержании ЕГЭ по физике;
- ответы ко всем заданиям.

Пособие будет полезно учителям физики, так как даёт возможность  
эффективно организовать подготовку к экзаменам.

УДК 373:53  
ББК 22.3я721

ISBN 978-5-04-102866-4

© Ханнанов Н.К., Никифоров Г.Г., Орлов В.А., 2019  
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2019

Справочное издание  
авыктамакык баспа

ЕГЭ. СБОРНИК ЗАДАНИЙ

**Ханнанов Наиль Кутдусович**  
**Никифоров Геннадий Гершкович**  
**Орлов Владимир Алексеевич**

**ЕГЭ 2020. ФИЗИКА**

Сборник заданий:  
600 заданий с ответами  
(орыс тілінде)

Ответственный редактор **А. Жилинская**  
Ведущий редактор **Т. Судакова**  
Художественный редактор **А. Кашилев**  
Технический редактор **Л. Зотова**  
Компьютерная верстка **О. Шувалова**

Дата изготовления /  
Подписано в печать 14.05.2019.  
Формат 60х90<sup>1/8</sup>, Гарнитура «Школьная».  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 18,0.  
Тираж экз. Заказ

ООО «Издательство «Эксмо»  
Россия, 123308, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел.: 8 (495) 411-68-86.  
Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru)  
Өндіруші: «ЭКСМО» АҚБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Ресей,  
Зорге көшесі, 1 үй. Тел.: 8 (495) 411-68-86.  
Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru)  
Tayyar belgici: «Эксмо»  
Интернет-магазин: [www.book24.kz](http://www.book24.kz)

Интернет-магазин: [www.book24.kz](http://www.book24.kz)

Интернет-дүкен: [www.book24.kz](http://www.book24.kz)  
Импортёр в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».  
Қазақстан Республикасындағы импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.

Дистрибьютор и представитель по приему претензий на  
продукцию, в Республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»  
Қазақстан Республикасында дистрибьютор және онім бойынша  
арыз-талаптарды қабылдаушының өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС,  
Алматы қ., Домбровский көш., 3«а», литер В, офіс 1.  
Тел.: 8 (727) 251-59-90/91/92; E-mail: [RDC-Almaty@eksmo.kz](mailto:RDC-Almaty@eksmo.kz)  
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.  
Сертификация туралы ақпарат сайтта:  
[www.eksmo.ru/certification](http://www.eksmo.ru/certification)

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно  
законодательству РФ о техническом регулировании можно  
получить на сайте Издательства «Эксмо»  
[www.eksmo.ru/certification](http://www.eksmo.ru/certification)  
Өндiрген мемлекет: Ресей. Сертификация қарастырылған



EKSMO.RU  
новинки издательства



ISBN 978-5-04-102866-4



9 785041 028664 >

# Содержание

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <i>Введение</i> ..... | 7 |
|-----------------------|---|

## Раздел I МЕХАНИКА

|  |    |
|--|----|
| <b>Тема 1. Кинематика</b> .....  | 11 |
| Основные понятия кинематики. Равномерное прямолинейное движение .....                              | 11 |
| Равноускоренное движение .....   | 14 |
| Равномерное движение по окружности .....   | 20 |
| <b>Тема 2. Законы Ньютона</b> .....  | 23 |
| Равнодействующая нескольких сил. Закон всемирного тяготения. Закон Гука. Закон сухого трения ..... | 23 |
| Первый закон Ньютона .....   | 28 |
| Второй закон Ньютона .....   | 30 |
| Третий закон Ньютона .....   | 32 |
| <b>Тема 3. Законы сохранения</b> .....   | 34 |
| Импульс тела и его изменение. Импульс системы тел и его сохранение .....                           | 34 |
| Работа и мощность силы .....   | 36 |
| Кинетическая энергия и теорема об изменении кинетической энергии .....                             | 37 |
| Потенциальная энергия .....  | 38 |
| Закон сохранения и изменения механической энергии .....  | 39 |
| <b>Тема 4. Статика и гидростатика</b> .....  | 42 |
| Момент силы и условие равновесия твердого тела .....   | 42 |
| Простые механизмы и их КПД .....   | 46 |
| Давление твердых тел и жидкостей .....   | 48 |
| Архимедова сила .....  | 50 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Тема 5. Механические колебания и волны</b>                   | <b>51</b> |
| Амплитуда, период, частота колебаний. Гармонические колебания   | 51        |
| Нитяной и пружинный маятники. Свободные и вынужденные колебания | 54        |
| Механические волны и их характеристики. Звук                    | 57        |

## Раздел II МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Тема 6. Молекулярное строение твердых тел, жидкостей и газов. Количество вещества</b>                   | <b>62</b> |
| <b>Тема 7. Идеальный газ. Изопроцессы</b>  | <b>66</b> |
| Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа   | 66        |
| Уравнение состояния идеального газа. Связь абсолютной температуры со средней кинетической энергией молекул | 68        |
| Изопроцессы  | 71        |
| <b>Тема 8. Термодинамика</b>   | <b>72</b> |
| Тепловое равновесие. Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества                                    | 72        |
| Внутренняя энергия. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики                                     | 76        |
| Второй закон термодинамики. Тепловые машины  | 81        |
| <b>Тема 9. Изменение агрегатных состояний вещества</b>   | <b>86</b> |
| Плавление и кристаллизация   | 86        |
| Испарение, кипение и конденсация. Насыщенный пар   | 90        |
| Влажность воздуха  | 93        |

## Раздел III ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Тема 10. Законы электростатики. Электрическое поле и его напряженность</b>                  | <b>98</b> |
| Электризация. Проводники и диэлектрики. Закон сохранения заряда                                | 98        |
| Электрическое поле различных источников и его напряженность. Принцип суперпозиции. Поляризация | 102       |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Тема 11. Энергетическое описание электрического поля.</b>                                       |            |
| Плоский конденсатор .....  | 108        |
| Потенциальность электростатического поля.  |            |
| Разность потенциалов. Потенциал .....  | 108        |
| Плоский конденсатор .....  | 112        |
| <b>Тема 12. Законы постоянного тока .....</b>  | <b>116</b> |
| Сила тока. Напряжение. Закон Ома для участка цепи.   |            |
| Сопротивление .....  | 116        |
| Закон Ома для полной цепи. ЭДС и внутреннее<br>сопротивление источника тока .....                  | 119        |
| Параллельное и последовательное соединение<br>проводников .....                                    | 123        |
| Закон Джоуля — Ленца .....   | 124        |
| <b>Тема 13. Закономерности протекания тока в различных<br/>    средах .....</b>                    | <b>126</b> |
| Носители тока в разных средах .....  | 126        |
| Технические устройства, использующие протекание тока<br>в разных средах .....                      | 129        |
| <b>Тема 14. Магнитное поле и его характеристики.</b>   |            |
| Силы Ампера и Лоренца .....  | 133        |
| Вектор индукции магнитного поля .....  | 133        |
| Сила Ампера .....  | 135        |
| Сила Лоренца .....   | 137        |
| <b>Тема 15. Явление электромагнитной индукции .....</b>  | <b>139</b> |
| Наблюдение явления ЭМИ .....   | 139        |
| Магнитный поток и его изменение .....  | 141        |
| Закон электромагнитной индукции .....  | 142        |
| Направление индукционного тока. Правило Ленца .....  | 143        |
| Генератор переменного тока. Действующее значение<br>напряжения и силы тока .....                   | 147        |
| <b>Тема 16. Колебательный контур. Излучение<br/>    электромагнитных волн радиодиапазона .....</b> | <b>150</b> |
| Явление самоиндукции .....   | 150        |
| Свободные электромагнитные колебания в колебательном<br>контуре .....                              | 152        |
| Вихревое электрическое поле. Электромагнитная волна ...  | 155        |
| <b>Тема 17. Геометрическая оптика .....</b>  | <b>159</b> |
| Прямолинейное распространение и отражение света .....  | 159        |
| Преломление света на плоских границах .....  | 162        |
| Линза. Система линз .....  | 166        |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Тема 18. Волновая оптика</b> .....                        | 171 |
| Свет — один из видов электромагнитной волны.                 |     |
| Дисперсия света .....  | 171 |
| Интерференция. Дифракция. Поляризация света .....            | 174 |
| <b>Тема 19. Основы специальной теории относительности</b> .. | 182 |

## Раздел IV КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

|   |     |
|---|-----|
| <b>Тема 20. Фотонная теория света</b> .....                                       | 185 |
| Закономерности фотоэффекта и уравнение Эйнштейна<br>для фотоэффекта .....         | 185 |
| Фотоны и их свойства .....  | 189 |
| Корпускулярно-волновой дуализм .....  | 191 |
| <b>Тема 21. Боровская модель атома</b> .....                                      | 193 |
| Планетарная модель строения атома .....   | 193 |
| Энергетические уровни атома по Бору. Излучение<br>и поглощение света атомом ..... | 194 |
| <b>Тема 22. Физика атомного ядра</b> .....  | 199 |
| Радиоактивность. Методы регистрации ионизирующих<br>излучений .....               | 199 |
| Протонно-нейтронная модель ядра. Ядерные реакции .....                            | 201 |
| Закон радиоактивного распада .....  | 204 |
| Энергетика ядерных реакций. Реакции с участием<br>элементарных частиц .....       | 207 |

## Раздел V МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

|   |     |
|---|-----|
| <b>Тема 23. Методы научного познания</b> .....                                    | 211 |
| Измерение физических величин. Погрешности<br>измерений .....                      | 211 |
| Построение графиков по экспериментальным данным,<br>толкование эксперимента ..... | 217 |
| <i>Ответы и решения</i> .....   | 231 |
| <i>Приложение</i> .....   | 285 |

## Введение

В настоящее время существует два вида пособий для подготовки к единому государственному экзамену по физике: набор вариантов в формате ЕГЭ и тематические подборки заданий в формате ЕГЭ. Данное пособие является пособием второго типа и годится как в качестве сборника заданий в ходе традиционного изучения физики в школе, так и при повторении и закреплении материала перед экзаменом. Оно содержит задания на закрепление как основных понятий и законов физики, так и умения применять их при решении задач различного уровня сложности.

В контрольные измерительные материалы (КИМ) ЕГЭ по физике постоянно вносятся определенные изменения. Начиная с ЕГЭ 2017 года решено не использовать в КИМ задания с выбором ответа.

Настоящий сборник, выдержавший уже более 10 переизданий, кардинально переработан в связи с этим и полностью соответствует формату заданий, встречающихся в КИМ 2019 года. В нем содержатся задания разного типа:

- на получение числового ответа;
- на анализ графиков;
- на сопоставление двух множеств;
- на выбор двух верных утверждений из пяти;
- качественные задания, требующие развернутого ответа;
- сложные задачи, требующие развернутого ответа.

Для ознакомления с форматом КИМ 2019 года можно скачать демонстрационные версии вариантов ЕГЭ 2018 и 2019 годов с сайта Федерального института педагогических измерений ([www.fipi.ru](http://www.fipi.ru)). Вариант КИМ можно разделить по заданиям, различающимся по уровню сложности. Более сложные 6 заданий помещены в часть 2 в конец варианта.

Следует обратить внимание на форму заданий с кратким ответом, в которых следует *получить числовое значение физической величины*. Если числовое значение, вносимое в бланк ответов, является не целым числом, а выражено в виде десятичной дроби, то следует запятую внести в отдельную ячейку бланка. Все справочные величины следует брать из справочных таблиц перед вариантом, если такая величина не приве-



дена в задании. Такая справочная таблица приведена в приложении. При решении заданий сборника следует использовать справочные величины из нее. Иногда в заданиях этого типа будет стоять напоминание об округлении числа до целых, до десятых, до сотых и т. д., а также требование выразить ответ в тех единицах, которые указаны в задании после места для внесения ответа.

Ряд заданий требует *ответа в виде краткого слова*, выбранного среди имеющихся в тексте заданий (вверх-вниз и т. д.).

Некоторые задания требуют получения и *внесения в ответ одновременно двух чисел*. В этом случае они вносятся в бланк без пробела между ними, причем запятая десятичной дроби вносится в отдельную ячейку, как и отдельные цифры числа.

В заданиях на соответствие может быть представлен процесс или явление, в ходе которого изменяются какие-либо его характеристики (параметры), которые могут увеличиваться, уменьшаться или не изменяться в ходе процесса. В результате решения следует выбрать характер изменения той или иной характеристики процесса. В других заданиях этого типа требуется установить соответствие между величиной (рисунком, формулой и т. д.), обозначенной в условии буквой А или Б, и величиной (рисунком, формулой и т. д.), обозначенной в условии числами 1, 2, 3, 4. В этом случае в КИМ нужно заполнить таблицу, а в бланк ответов занести число, образованное цифрами второй строки таблицы.

Задания с выбором 2 верных утверждений из 5 требуют внесения в ответ номеров двух верных утверждений. Порядок следования номеров в бланке для ответов в этом случае не важен, т. е. правильными будут считаться и ответ 25, и ответ 52.

Задания, требующие развернутого ответа, это:

- или качественный вопрос, который, возможно, не требует аналитического решения, но предполагает рассуждения со ссылкой на законы физики;
- или сложная задача, обычно требующая использования знаний из разных разделов физики или нескольких тем одного раздела.

Эти задания на ЕГЭ проверяются экспертами, и здесь не так важна форма выражения числового ответа, важнее понимание физической сути задачи и правильный ход ее решения.

В разделе «Ответы и решения» приведены правильные ответы заданий с кратким ответом.

Кроме того, в разделе «Ответы и решения» мы приводим примеры оформления заданий, требующих развернутого ответа, или рекомендации по их решению и числовой ответ. Предлагаемый вариант оформления решения может оказаться лишь одним из возможных вариантов. Чаще всего в нем требуется сделать поясняющий чертеж (рисунок), сослаться на физические законы (правила, постулаты и т. д.), которые используются, записать систему уравнений, приводящую к правильному алгебраическому ответу, и числовой ответ с указанием единиц измерения.

Общим правилом решения таких задач является описание новых буквенных обозначений, вводимых для решения (например,  $s$  — путь, пройденный телом), или внесение этих буквенных обозначений на поясняющий чертеж. Если ученик использует буквенные обозначения физических величин, приведенные и описанные в утвержденном *Кодификаторе элементов содержания по физике для составления контрольных измерительных материалов (КИМ) единого государственного экзамена* ([www.fipi.ru](http://www.fipi.ru)), то можно не описывать эти величины в тексте решения.

В случае наличия слишком сложных алгебраических преобразований для получения числового ответа иногда допускается решение системы уравнений (или уравнения) в числовом виде. Однако в этом случае следует записать систему уравнений в буквенных обозначениях, а затем переписать ее с использованием числовых значений величин из условия задачи.

Все задания сборника, охватывающие курс физики, разбиты на 23 темы.

Мы старались следовать принципу последовательного введения понятий в рамках традиционной последовательности их в курсе физики. Например, если в данной задаче необходимо применить и второй закон Ньютона (тема 2), и знание силы Лоренца (тема 14), то такая задача появится только в теме 14.

В построение данного сборника мы заложили еще один принцип: обучение анализу информации, относящейся к одному явлению, но представленной в разном виде. Почти каждый элемент знаний, содержащийся в кодификаторе, представлен в виде заданий, требующих провести анализ чисто текстовой информации, проанализировать график или схему установки, извлечь число-

вые данные о процессе из чертежа, фотографии, рисунка, проанализировать функциональную зависимость, формулу, отражающую физические законы или понятия, оперировать размерными величинами, найти закономерности в числовых таблицах и т. д.

Таким образом, спектр заданий сборника, с одной стороны, охватывает все общеучебные навыки, которые вы осваиваете и на других предметах (литературе, истории, алгебре, геометрии, черчении). С другой стороны, он показывает, каким образом в ЕГЭ может быть задан вопрос о том или ином понятии или законе.

Обратите внимание на задания, сгруппированные в теме 23 «Методы познания в физике». Эта тема стала выделяться в отдельную тему курса физики недавно. До этого навыки, относящиеся к этой теме, закреплялись подспудно, на протяжении всего курса, поскольку физическим содержанием она связана со всеми остальными темами. Однако такого рода задания сейчас присутствуют в каждом варианте ЕГЭ по физике.

В эту тему также включены задания по астрономии, которые в экспериментальном порядке методическая комиссия вводит в КИМ ЕГЭ по физике. Эти задания проверяют умение работать с таблицами величин астрономического содержания и диаграммами. Согласно новому кодификатору ЕГЭ по физике 2019 года учащиеся должны: уметь анализировать характеристики планет земной группы и планет-гигантов, малых тел Солнечной системы; анализировать разнообразие звездных характеристик и их взаимосвязь; знать об источниках энергии звезд; иметь современные представления о происхождении и эволюции Солнца, звезд, Вселенной; владеть информацией о пространственных характеристиках Солнечной системы, нашей Галактики. Задания сборника дают возможность оценить спектр вопросов таких заданий и их форму.

Еще раз повторим, подготовка к ЕГЭ не требует какого-то особого способа изучения физики: надо просто ее учить! Такая подготовка требует только приобретения некоторых навыков, связанных с пониманием формы вопросов, определяемой технологией проведения единого государственного экзамена. Надеемся, что наш сборник поможет вам в этом. Удачи!

*Авторы*

# Раздел I. МЕХАНИКА

## Тема 1. КИНЕМАТИКА

### Основные понятия кинематики. Равномерное прямолинейное движение

#### Задания, требующие получения числового ответа

- 1.1. Исследуется сезонное перемещение слона по саванне вместе со стадом и его перемещение в посудной лавке. Поставьте в соответствие модель тела, которая может быть использована в каждом из случаев.

|                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| А) слон в саванне        | 1) материальная точка |
| Б) слон в посудной лавке | 2) твердое тело       |
|                          | 3) точечный заряд     |
|                          | 4) твердый стержень   |
|                          | 5) нерастяжимая нить  |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 1.2. Человек совершает пробежки вокруг озера с примерно одинаковой скоростью. В первый день он огибает озеро один раз, а во второй день — два раза. Как изменятся при этом следующие величины: пройденный путь, перемещение за время пробежки?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится      2) уменьшится      3) не изменится

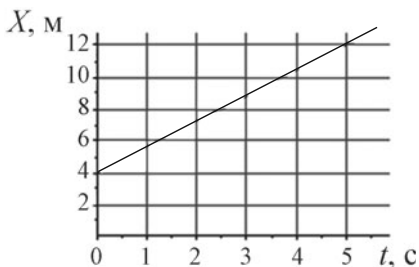
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Пройденный путь | Перемещение<br>за время пробежки |
|-----------------|----------------------------------|
|                 |                                  |

- 1.3. Точка движется по окружности радиусом 2 м, и ее перемещение равно по модулю диаметру. Чему равен при этом путь, пройденный телом? Ответ округлить до сотых.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 1.4. На рисунке показан график движения тела. Определите значение его координаты и модуля скорости его движения в момент времени 5 с.



Ответ запишите в виде двух чисел, записанных подряд, используя запятую в десятичных дробях и не разделяя записываемые числа пробелом.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 1.5. Тело, двигаясь прямолинейно и равномерно в плоскости, перемещается из точки  $A$  с координатами (0 м; 2 м) в точку  $B$  с координатами (4 м; -1 м) за время, равное 10 с. Чему равен модуль скорости тела?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 1.6.** Координаты материальной точки, движущейся в плоскости, зависят от времени по закону

$$x(t) = 4t + 8; \quad y(t) = 3t + 5,$$

где все величины выражены в СИ. Установите соответствие между уравнениями, определяющими траекторию точки на плоскости и зависимость проходимого пути от времени.

|  |                        |
|--|------------------------|
| А) уравнение траектории                  | 1) $y = 0,75x + 0,625$ |
| Б) уравнение зависимости пути от времени | 2) $s = 12t + 40$      |
|  | 3) $y = 0,75x - 1$     |
|  | 4) $s = 5t$            |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 1.7.** Два автомобиля движутся по прямой дороге в одном направлении: один — со скоростью 40 км/ч, а второй — со скоростью 50 км/ч. Чему равна скорость второго автомобиля в системе отсчета, связанной с первым?

Ответ: \_\_\_\_\_ км/ч.

- 1.8.** Эскалатор метро поднимается со скоростью 2 м/с. Человек, находящийся на нем, движется вниз по эскалатору со скоростью 3 м/с относительно эскалатора. Чему равна в системе отсчета, связанной с Землей, проекция скорости человека на ось, направленную вдоль линии движения эскалатора вверх?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 1.9.** Лодка должна попасть на противоположный берег по кратчайшему пути в системе отсчета, связанной с берегом. Модуль скорости течения реки  $u = 3$  км/ч, а модуль скорости лодки относительно воды  $v = 10$  км/ч. Чему равен модуль скорости лодки относительно берега при такой переправе?

- 1.10.** Молодой человек вбежал на эскалатор против его движения и в середине пролета длиной 60 м уронил перчатку. Пробежав еще 5 секунд, он заметил пропажу и, резко повернув, побежал вниз с той же скоростью относительно эскалатора. У самого нижнего края эскалатора ему удалось схватить перчатку с пола и сойти с эскалатора. С какой скоростью движется эскалатор?

### Равноускоренное движение

#### Задания, требующие получения числового ответа

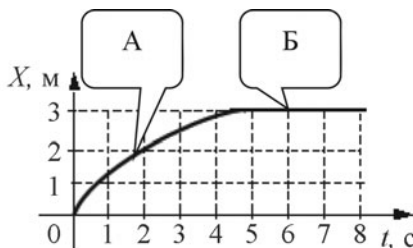
- 1.11.** Автомобиль движется по шоссе с постоянной скоростью 36 км/ч и за 2 с останавливается. Чему равна проекция ускорения на ось, направленную по вектору начальной скорости автомобиля?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 1.12.** Ускорение лыжника на одном из спусков трассы равно 2,4 м/с<sup>2</sup>. На этом спуске его скорость увеличивается на 36 м/с. Чему равно время, затраченное лыжником на спуск?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 1.13.** На рисунке изображен график изменения координаты тела с течением времени. Поставьте в соответствие промежутки времени движения А и Б и характер изменения скорости на них.

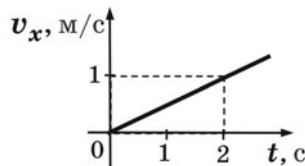


|                |   |
|----------------|---|
| А) от 0 до 5 с | 1) скорость была постоянна и не равнялась 0 |
| Б) от 5 до 8 с | 2) скорость нарастала по модулю             |
|                | 3) скорость уменьшалась по модулю           |
|                | 4) скорость равнялась нулю                  |

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| А                        | Б                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ответ:

- 1.14. Тело движется по оси  $OX$ . Проекция его скорости  $v_x(t)$  меняется по закону, приведенному на графике. Чему равен путь, пройденный телом за 12 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 1.15. Поставьте в соответствие характер движения материальной точки и графики зависимости ускорения от времени для разных типов движения.

|  |        |        |
|--|--------|--------|
| А) равномерное движение<br>Б) равноускоренное движение | <br>1) | <br>2) |
|  | <br>3) | <br>4) |

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| А                        | Б                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

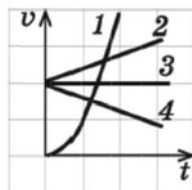
Ответ:



- 1.16.** Пешеход и велосипедист одновременно начинают равноускоренное движение из состояния покоя. Ускорение велосипедиста в 2 раза больше, чем у пешехода. Велосипедист достиг скорости  $V$  за некоторое время  $t_1$ . Пешеходу, чтобы достичь такой же скорости, понадобилось время, равное  $t_2$ . Чему равно отношение  $t_1/t_2$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 1.17.** На рисунке показаны графики зависимости модуля скорости тела от времени. Какой из графиков соответствует движению тела с постоянным ускорением с нарастающей скоростью?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 1.18.** Автомобиль,двигающийся со скоростью  $v_0$ , начинает тормозить и останавливается через время  $t$ , двигаясь равноускоренно. Чему равны тормозной путь автомобиля и путь, пройденный за время  $t/2$ ?

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 буквы под соответствующими цифрами.

| ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА                                     | ФОРМУЛА               |
|---|-----------------------|
| А) тормозной путь                                       | 1) $v_0 t$            |
| Б) путь, пройденный от начала торможения за время $t/2$ | 2) $\frac{v_0 t}{2}$  |
|   | 3) $\frac{v_0 t}{4}$  |
|   | 4) $\frac{3v_0 t}{8}$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 1.19. Зависимость координаты от времени для некоторого тела описывается уравнением  $x = Bt + Ct^2$ , где  $B = 12 \text{ м/с}$ ,  $C = -2 \text{ м/с}^2$ . В какой момент времени проекция скорости тела на ось равна нулю?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 1.20. Для исследования скольжения каретки по наклонной плоскости ученик собрал установку (см. рис.), в которой время измеряется электронным секундомером (лежит внизу). Включение и выключение секундомера происходит двумя датчиками положения, установленными на краю скамьи и срабатывающими в момент прохождения мимо них магнита, впрысванного в брусок, скользящий по скамье. На рисунке выносками показано, на каком расстоянии от начала скамьи закреплены датчики, управляющие секундомером. Верхний датчик установлен максимально близко к магниту на бруске, когда брусок упирается в ограничивающую пластину на вершине наклонной плоскости.



Чему равно ускорение движения бруска по наклонной плоскости? Ответ округлить до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 1.21. Гору длиной 50 м лыжник прошел за 10 с, двигаясь с ускорением  $0,4 \text{ м/с}^2$ . Какова скорость лыжника в начале и в конце горы? Два числа записать подряд, не разделяя их пробелом.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 1.22. За 2,5 с прямолинейного равноускоренного движения тело прошло 40 м, увеличив свою скорость в 3 раза. Определите начальную скорость тела.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 1.23. В трубке, из которой откачан воздух, на высоте 0,8 м находятся дробинка, пробка и птичье перо. Поставьте в соответствие тело и время его движения в трубке.

|                |          |
|----------------|----------|
| А) дробинка    | 1) 0,4 с |
| Б) пробка      | 2) 0,8 с |
| В) птичье перо | 3) 1,6 с |
|                | 4) 3,2 с |

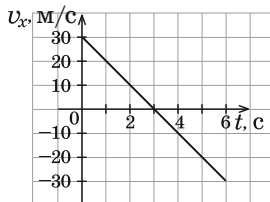
| А | Б | В |
|---|---|---|
|   |   |   |

Ответ:

- 1.24. Камень, брошенный вертикально вверх с поверхности Земли со скоростью 20 м/с, упал обратно на Землю. Сопротивление воздуха мало. Сколько времени камень находился в полете?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 1.25. Стрела пущена вертикально вверх с поверхности Земли. Проекция ее скорости на вертикальную ось  $OX$  меняется со временем согласно графику на рисунке. Через сколько секунд стрела упадет на Землю?



Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 1.26.** Тело вылетело под углом  $60^\circ$  к горизонту со скоростью 30 м/с. Какую скорость оно будет иметь в верхней точке траектории?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 1.27.** Тело за первую секунду вертикального полета из состояния покоя до Земли пролетает путь в 4 раза меньший, чем за последнюю секунду полета. С какой высоты падает тело?
- 1.28.** Тело, брошенное с Земли под углом  $\alpha$  к горизонту, имеет максимальную высоту подъема 20 м и дальность полета 40 м. Найдите тангенс угла  $\alpha$ . Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 1.29.** С высоты  $H = 20$  м свободно падает стальной шарик. Через  $t = 1$  с после начала падения он сталкивается с неподвижной плитой, плоскость которой наклонена под углом  $30^\circ$  к горизонту. На какую высоту  $h$  над поверхностью Земли поднимется шарик после удара? Удар шарика о плиту считать абсолютно упругим. Сопротивление воздуха мало.
- 1.30.** Брусок с пусковым магнитом начал движение с нижней точки наклонной направляющей, затем проехал мимо двух датчиков (положение магнита в начале движения и положение датчиков на скамье показано на укрупняющих выносках). При прохождении пускового магнита мимо первого датчика электронный секундомер включается, при прохождении мимо второго датчика — выключается. Черный отрезок на корпусе датчика показывает расположение датчика. Показания секундомера после его выключения показаны на нижней выноске.



Определите ускорение, с которым движется брусок, считая движение равноускоренным, положения датчиков и начальное положение пускового магнита соответствующими целым делениям шкалы на скамье, а моменты срабатывания датчиков соответствующими положению центра магнита напротив черных отрезков на датчиках.

## Равномерное движение по окружности

### Задания, требующие получения числового ответа

- 1.31. При неизменном радиусе вращения период обращения тела по окружности увеличился в 4 раза. Чему равно отношение частот обращения тела в первом и втором случае  $\frac{\nu_1}{\nu_2}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 1.32. К боковой поверхности одного цилиндра, вращающегося вокруг своей оси, прижимают второй цилиндр с осью, параллельной оси первого, и радиусом, вдвое превосходящим радиус первого. Выберите соотношения для частот вращения  $\nu_1$  и  $\nu_2$ , а также для линейных скоростей

точек на поверхности  $v_1$  и  $v_2$  первого и второго цилиндров. Поставьте в соответствие физические величины и соотношение между ними.

|   |                |
|---|----------------|
| А) частоты вращения<br>Б) модули линейной скорости точек на поверхности | 1) $v_1 = v_2$ |
|   | 2) $v_1 > v_2$ |
|   | 3) $v_1 < v_2$ |
|   | 4) $v_1 = v_2$ |
|   | 5) $v_1 > v_2$ |
|   | 6) $v_1 < v_2$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 1.33.** Рассчитайте скорость движения Земли относительно Солнца в гелиоцентрической системе отсчета, исходя из периода обращения Земли вокруг Солнца и расстояния от Земли до Солнца (150 млн км). Ответ округлить до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ км/с.

- 1.34.** При равномерном движении по окружности со скоростью, равной 10 м/с, точка проходит дугу, равную четверти длины окружности. Чему равен модуль вектора изменения скорости точки? Ответ округлить до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 1.35.** При равномерном движении по окружности в начальный момент времени ускорение материальной точки направлено вертикально вниз. Куда (*вниз* — *вверх* — *вправо* — *влево*) направлено ускорение тела через промежуток времени, равный половине периода обращения? Впишите в ответ слово.

Ответ: 

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|

- 1.36. Чему равен модуль ускорения точек на горизонтальном диске диаметром 30 см при его вращении с частотой 78 об/мин? Ответ округлить до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 1.37. Человек на каруселях пересаживается в кресло, в 2 раза более удаленное от оси вращения платформы каруселей. При этом частота вращения платформы уменьшается в 2 раза. Поставьте в соответствие физические величины, характеризующие движение человека относительно Земли и характер их изменения.

|                                      |                 |
|--------------------------------------|-----------------|
| А) модуль скорости движения человека | 1) увеличился   |
| Б) модуль ускорения человека         | 2) уменьшился   |
|                                      | 3) не изменился |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 1.38. Два спутника движутся по разным круговым орбитам вокруг Земли. Скорость первого из них в 2 раза больше, а радиус орбиты в 4 раза меньше, чем второго. Центробежное ускорение первого спутника  $a_1$ , второго —  $a_2$ . Чему равно отношение  $\frac{a_1}{a_2}$ ?

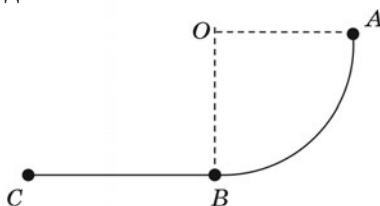
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 1.39. Рассчитайте центростремительное ускорение льва, спящего на экваторе, в геоцентрической системе отсчета (две оси системы координат которой лежат в плоскости экватора и направлены на неподвижные звезды, а начало совпадает с центром Земли). Радиус Земли считать равным 6400 км. Ответ округлите до тысячных.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 1.40. Мотоциклист движется с постоянной скоростью по дуге  $AB$  (четверть окружности), затем тормозит на прямолинейном участке  $BC$  до полной остановки. Считая движение во время торможения равноускоренным, найдите отношение промежутков времени движения мотоцикла по участку  $AB$  и  $BC$ , если модули ускорений на обоих участках одинаковы.



## Тема 2. ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

Равнодействующая нескольких сил. Закон всемирного тяготения. Закон Гука. Закон сухого трения

### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 2.1. Установите соответствие между физическими величинами и приборами для их измерения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

| ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА    | ПРИБОР ДЛЯ ЕЕ ИЗМЕРЕНИЯ                                 |
|------------------------|---|
| А) сила<br>Б) скорость | 1) спидометр<br>2) манометр<br>3) метр<br>4) динамометр |

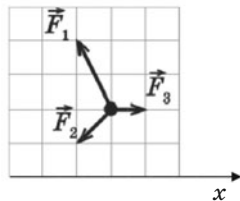
|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:



- 2.2. Чему равен угол между равнодействующей трех сил (рис.) и осью  $x$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ °.



- 2.3. Чему равен угол между вектором результирующей двух одинаковых по модулю сил и осью  $OX$ , если одна из сил сонаправлена с этой осью, а вторая образует с осью  $OX$  угол  $45^\circ$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ °.

- 2.4. Проекция силы  $F_1$  на ось  $x$  равна 10 Н, на ось  $y$  равна 4 Н. Проекция силы  $F_2$  на ось  $x$  равна  $-2$  Н, на ось  $y$  равна 11 Н. Чему равен модуль равнодействующей этих двух сил?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

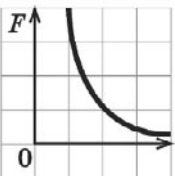
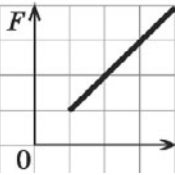
- 2.5. Масса сферической планеты  $M$ , ее радиус  $R$ . Масса спутника  $m$ . Поставьте в соответствие местоположение спутника и выражение для расчета силы притяжения спутника планетой.

|  |   |
|--|---|
| <p>А) спутник на поверхности планеты</p> <p>Б) спутник на орбите на высоте <math>h</math> от поверхности</p> | <p>1) <math>\frac{GmM}{R^2 + h^2}</math></p> <p>2) <math>\frac{GmM}{h^2}</math></p> <p>3) <math>\frac{GmM}{R^2}</math></p> <p>4) <math>\frac{GmM}{(R + h)^2}</math></p> |
|--|---|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 2.6. Поставьте в соответствие вид графика зависимости силы всемирного тяготения между двумя сферическими планетами одинаковой плотности от разных величин и самими величинами.

|   |   |
|---|---|
| <p>А) </p> <p>Б) </p> | <p>1) масса одной из планет<br/>2) радиуса одной из планет<br/>3) расстояние между центрами планет<br/>4) суммы масс планет</p> |
|---|---|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**2.7.** Одна планета в два раза больше второй по размеру, а вторая в два раза больше по массе. Чему равно отношение сил тяжести на первой и второй планетах.

Ответ: \_\_\_\_\_.

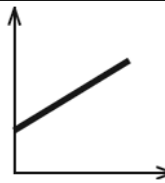
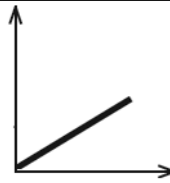
**2.8.** Чему равно ускорение свободного падения на сферическом астероиде радиусом 134 км и массой  $2,01 \cdot 10^{19}$  кг?

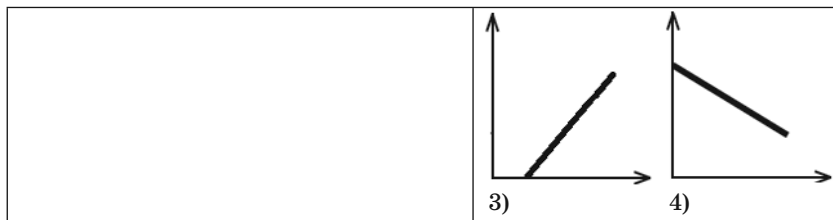
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

**2.9.** Пружину длиной 4 см растянули до 6 см, приложив силу 3 Н. Какова жесткость пружины?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

**2.10.** Поставьте в соответствие исследованную зависимость и график, который получен в ходе такого исследования.

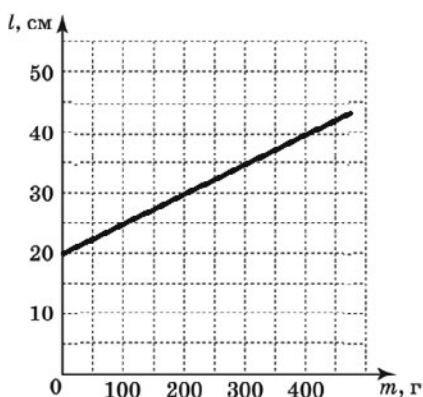
|   |  |
|---|--|
| <p>А) зависимость силы натяжения пружины от ее длины</p> <p>Б) зависимость удлинения пружины с закрепленным одним концом от силы, приложенной к другому концу</p> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>1)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2)</p> </div> </div> |
|---|--|



|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 2.11.** На рисунке приведена зависимость длины вертикальной пружины, к которой подвешивали грузы различной массы.



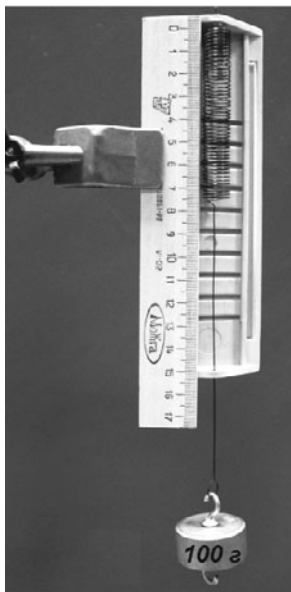
Рассчитайте жесткость пружины, используя эти данные.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

- 2.12.** Однородную пружину длиной 15 см и жесткостью 30 Н/м разрезают на три равные части. Чему равна жесткость каждой части разрезанной пружины?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

- 2.13.** При подвешивании к пружине жесткостью  $20 \text{ Н/м}$  груза (рис.) она достигла длины  $7,5 \text{ см}$ . Какова длина пружины без груза?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 2.14.** Ящик массой  $80 \text{ кг}$ , стоящий на горизонтальном полу, пытаются сдвинуть, толкая горизонтально с силой  $100 \text{ Н}$ . Коэффициент трения ящика о пол равен  $0,5$ . Какова сила трения ящика о пол, если он продолжает покоиться?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

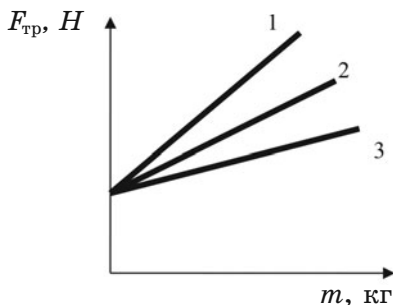
- 2.15.** Тело равномерно движется по горизонтальной плоскости, сила трения равна  $2 \text{ Н}$ . Сила упругости, действующая на него со стороны стола, равна  $8 \text{ Н}$ . Чему равен коэффициент трения?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 2.16.** Ящик массой 80 кг двигают, толкая горизонтально с силой 500 Н. Коэффициент трения ящика о пол равен 0,5. Какова сила трения ящика о пол?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 2.17.** На рисунке показана зависимость силы трения скольжения брусков разной массы о горизонтальную поверхность от массы грузов, которыми бруски нагружают сверху. Укажите номер бруска, у которого коэффициент трения максимален.



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 2.18.** У бруска в форме параллелепипеда площадь каждой боковой грани в 2 раза больше, чем площадь квадратного основания. Коэффициент трения боковых граней о стол в 2 раза больше, чем коэффициент трения основания о стол. Каково отношение сил трения между столом и бруском при движении бруска по столу на боковой грани и на основании?

Ответ: \_\_\_\_\_.

## Первый закон Ньютона

### Задания, требующие получения числового ответа

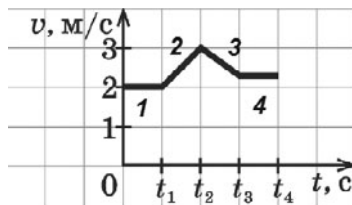
- 2.19.** Установите соответствие между системами отсчета, связанными с автомобилями, и выполнимостью в них первого закона Ньютона.

|   |   |
|---|---|
| <p>А) автомобиль движется равномерно по прямому шоссе</p> <p>Б) автомобиль движется равномерно по участку дороги в виде дуги окружности</p> <p>В) автомобиль разгоняется по прямому шоссе</p> | <p>1) инерциальная система отсчета</p> <p>2) неинерциальная система отсчета</p> |
|---|---|

|   |   |   |
|---|---|---|
| А | Б | В |
|   |   |   |

Ответ:

- 2.20.** На рисунке изображен график зависимости модуля скорости вагона от времени в течение четырех промежутков времени при его прямолинейном движении. Укажите цифрой(-ами) номер(-а) участка(-ов) движения, на котором(-ых) суммарная сила, действующая на вагон со стороны других тел, равна нулю. Если участков более одного, то цифры записываются в ответ без пробелов.



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 2.21.** Когда лифт находится в состоянии покоя, к пружине жесткостью 40 Н/м подвешивают груз массой 200 г. Какова деформация пружины в интервале времени, равном 5 с, когда лифт движется с постоянной скоростью 3 м/с вверх?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

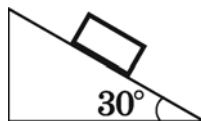
- 2.22.** Поставьте в соответствие расположение магнита и утверждения о равнодействующей сил, действующих на магнит.

|   |  |
|---|--|
| <p>А) магнит прилип к вертикальной стенке холодильника в кухне квартиры</p> <p>Б) магнит прилип к вертикальной стене вагона, движущегося с постоянной скоростью по прямолинейному участку путей</p> | <p>1) равнодействующая всех сил равна нулю</p> <p>2) равнодействующая всех сил не равна нулю и направлена вниз</p> <p>3) равнодействующая всех сил не равна нулю и направлена по ходу движения</p> <p>4) равнодействующая всех сил не равна нулю и направлена против хода движения</p> |
|---|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 2.23.** Брусок массой  $0,2\text{ кг}$  покоится на наклонной плоскости (рис.). Коэффициент трения между поверхностями бруска и плоскости равен  $0,6$ . Чему равна сила трения бруска о плоскость?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

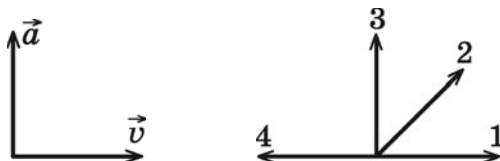
### Задания, требующие развернутого ответа

- 2.24.** На наклонной плоскости с углом наклона  $30^\circ$  покоится брусок с привязанной нитью. При какой силе натяжения нити брусок сдвинется с места, если потянуть за нить вниз так, что она будет параллельна плоскости? Масса бруска  $0,5\text{ кг}$ , коэффициент трения скольжения бруска о плоскость равен  $0,7$ .

### Второй закон Ньютона

#### Задания, требующие получения числового ответа

- 2.25.** На левом рисунке представлены векторы скорости и ускорения тела. Какой из четырех векторов на правом рисунке указывает направление вектора равнодействующей всех сил, действующих на это тело?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 2.26.** От однородного пластилинового куба с ребром 4 см отрезают кубик с ребром 1 см. Во сколько раз масса исходного куба больше массы отрезанного?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз.

- 2.27.** Брусек начинает двигаться по наклонной доске, нижний конец которой упирается в стол, и движется от одного до другого конца доски. Затем угол между столом и доской увеличивают и отпускают брусек из той же точки доски. Как изменятся при этом следующие величины: равнодействующая всех сил, время скольжения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

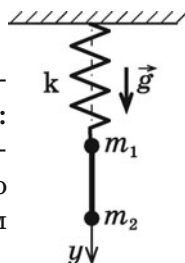
- 1) увеличится      2) уменьшится      3) не изменится

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

| Равнодействующая всех сил | Время скольжения |
|---------------------------|------------------|
|                           |                  |

### Задания, требующие развернутого ответа

- 2.28.** К нижнему концу легкой пружины подвешены связанные невесомой нитью грузы: верхний массой  $m_1 = 0,5$  кг и нижний массой  $m_2 = 0,2$  кг (рис.). Нить, соединяющую грузы, пережигают. С каким ускорением начнет двигаться верхний груз?





- 2.29.** На столе закреплена доска длиной  $l = 0,9$  м. На доске у ее левого торца лежит небольшой брусок. Коэффициент трения скольжения бруска о доску  $\mu = 0,5$ . Какую минимальную скорость  $v_0$  нужно сообщить бруску, чтобы он соскользнул с правого торца доски? Считать  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.
- 2.30.** К концам невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный легкий блок без трения в оси, подвешены грузы массами  $m_1 = 0,5$  кг и  $m_2 = 0,3$  кг. Чему равно ускорение, с которым движется второй груз?
- 2.31.** Грузовой автомобиль с двумя ведущими осями массой  $M = 3$  т тянет за нерастяжимый трос вверх по уклону легковой автомобиль, масса которого  $m = 1$  т и у которого выключен двигатель. С каким максимальным ускорением могут двигаться автомобили, если угол наклона составляет  $\alpha = \arcsin 0,1$ , а коэффициент трения между шинами грузового автомобиля и дорогой  $\mu = 0,4$ ? Силой трения качения, действующей на легковой автомобиль, пренебречь. Массой колес пренебречь.
- 2.32.** Масса планеты составляет 0,2 от массы Земли, диаметр планеты вдвое меньше, чем диаметр Земли. Чему равно отношение периодов обращения искусственных спутников планеты и Земли  $\frac{T_{\text{п}}}{T_3}$ , двигающихся по круговым орбитам на небольшой высоте?

### Третий закон Ньютона

#### Задания, требующие получения числового ответа

- 2.33.** Выберите два верных утверждения о силах, действующих между тремя телами, согласно законам Ньютона.

- 1) Если сила тяжести яблока равна 2 Н, то яблоко притягивает Землю с силой 2 Н.
- 2) Если яблоко покоится относительно поверхности Земли, то сила тяжести яблока в 2 Н уравновешена силой притяжения Земли яблоком.
- 3) Если яблоко покоится на поверхности Земли, то сила тяжести яблока в 2 Н уравновешена силой реакции поверхности Земли.
- 4) Если яблоко покоится относительно весов, то сила тяжести яблока в 2 Н всегда уравновешена силой реакции весов.
- 5) Если на яблоко действует сила тяжести 2 Н и оно покоится относительно весов, то вес тела тоже обязательно равен 2 Н.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**2.34.** Двое учеников, стоя на роликовых коньках, держатся за одну веревку, протянутую между ними. Когда они начинают вдвоем вытягивать веревку, первый начинает двигаться с ускорением  $a = 3 \text{ м/с}^2$ . С каким ускорением движется второй, если его масса в 2 раза меньше? Силой трения между роликами коньков и землей можно пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{м/с}^2$ .

**2.35.** Чему равен вес груза массой 10 кг, движущегося в лифте вверх с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , направленным вниз?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

### Задания, требующие развернутого ответа

**2.36.** Автомобиль движется по выпуклому мосту, имеющему форму дуги окружности. При каком значении радиуса  $R$  этой окружности водитель испытает состояние невесомости в верхней точке моста, если, доехав до этой точки, он разгонит автомобиль до скорости, равной по модулю  $72 \text{ км/ч}$ ? Считать  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

## Тема 3. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

## Импульс тела и его изменение.

## Импульс системы тел и его сохранение

Задания на получение числового ответа  
и установление соответствия

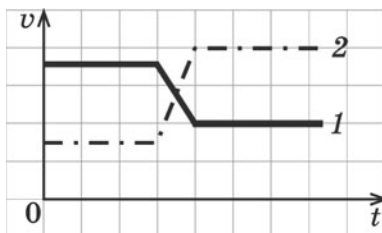
- 3.1. Движение тела массой 3 кг описывается уравнением  $x = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 3$  м,  $B = 4$  м/с,  $C = 2$  м/с<sup>2</sup>. Чему равна проекция импульса тела на ось  $OX$  в момент времени  $t = 3$  с?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

- 3.2. Навстречу друг другу летят шарики из пластилина. Модули их импульсов равны соответственно  $3 \cdot 10^{-2}$  кг · м/с и  $4 \cdot 10^{-2}$  кг · м/с. Столкнувшись, шарики слипаются. Чему равен модуль импульса слипшихся шариков?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

- 3.3. На рисунке изображены графики изменения скорости двух взаимодействующих тележек разной массы (одна тележка догоняет и толкает другую). Выберите два верных утверждения, которые можно сделать на основании этого графика.



- 1) Тележка 1 догоняет тележку 2.
- 2) Тележка 2 догоняет тележку 1.
- 3) Масса тележки 1 больше массы тележки 2 в 1,67 раза.
- 4) Отношение масс тележек равно примерно 2,3.
- 5) Масса тележки 1 меньше массы тележки 2 примерно в 2 раза.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**3.4.** Сани массой  $m_1$  скользят по гладкому льду со скоростью  $v_1$ . На них перпендикулярно направлению движения прыгает человек массой  $m_2$  с горизонтальной скоростью  $v_2$ . Установите соответствие между модулями физических величин и формулами для их вычисления.

|   |  |
|---|--|
| <p>А) импульс саней с человеком<br/>Б) скорость саней с человеком</p> | <p>1) <math>m_1 v_1 + m_2 v_2</math><br/>2) <math>\sqrt{m_1^2 v_1^2 + m_2^2 v_2^2}</math><br/>3) <math>\frac{\sqrt{m_1^2 v_1^2 + m_2^2 v_2^2}}{(m_1 + m_2)}</math><br/>4) <math>\frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{(m_1 + m_2)}</math></p> |
|---|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**3.5.** Школьник массой 50 кг, стоя на очень гладком льду, бросает ядро массой 10 кг под углом  $60^\circ$  к горизонту со скоростью 10 м/с. Какую скорость приобретет школьник?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

### Задания, требующие развернутого ответа

**3.6.** Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна  $v_0 = 200$  м/с. В точке максимального подъема снаряд разорвался на два осколка, массы которых относятся как 1 : 4. Осколок меньшей массы полетел горизонтально со скоростью  $v_1 = 100$  м/с. На каком расстоянии от точки выстрела упадет второй осколок? Считать поверхность Земли плоской и горизонтальной. Сопротивление воздуха не учитывать.

## Работа и мощность силы

### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

**3.7.** Тело массой 10 кг равномерно поднимают с поверхности земли на 0,5 м. Чему при этом равна работа силы тяжести?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

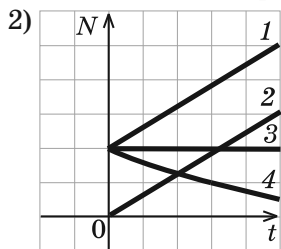
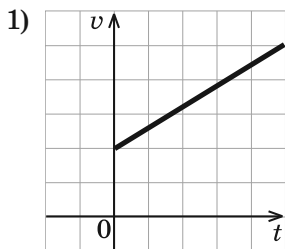
**3.8.** В таблице показаны работа силы и время, в течение которого совершена эта работа, для каждой из четырех сил.

| Сила №              | 1        | 2       | 3      | 4         |
|---------------------|----------|---------|--------|-----------|
| Работа силы         | 0,001 Дж | 0,02 Дж | 0,2 Дж | 0,0002 Дж |
| Время действия силы | 0,02 с   | 0,002 с | 4 с    | 0,0004 с  |

Укажите номер силы, значение мощности которой максимально.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**3.9.** Модуль скорости тела, движущегося под действием постоянной силы по прямой, изменяется в соответствии с графиком (на рис. 1). Какой из графиков на рисунке 2 правильно отражает зависимость мощности этой силы от времени?



Ответ: \_\_\_\_\_.

**3.10.** Тело массой  $m$  скользит по горизонтальной шероховатой поверхности. Коэффициент трения между телом и поверхностью  $\mu$ . Начальная скорость движения тела равна  $v$ . Поставьте в соответствие силу и формулу для вычисления мощности силы в начальный момент времени.

|                                  |               |
|----------------------------------|---------------|
| А) сила трения                   | 1) 0          |
| Б) сила нормальной реакции опоры | 2) $mgv$      |
|                                  | 3) $\mu mgv$  |
|                                  | 4) $-\mu mgv$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 3.11. Подъемный кран равномерно поднимает тело массой 20 кг на высоту  $h = 10$  м за время  $t = 20$  с. Чему равна мощность силы натяжения троса, к которому прицеплено тело?

Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

### Кинетическая энергия и теорема об изменении кинетической энергии

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

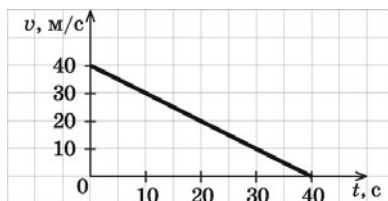
- 3.12. Автомобиль массой  $2 \cdot 10^3$  кг движется равномерно по мосту на высоте 5 м над землей. Скорость автомобиля равна 5 м/с. Чему равна кинетическая энергия автомобиля?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 3.13. Кинетическая энергия тела заданной массы увеличилась в 9 раз. Чему равно отношение конечной и начальной скоростей?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 3.14. Скорость автомобиля массой 1000 кг при торможении изменяется в соответствии с графиком, представленным на рисунке. Чему равна кинетическая энергия автомобиля через 20 с после начала торможения?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 3.15.** Модуль работы силы тяжести при движении тела вниз по наклонной плоскости из состояния покоя составил в конце плоскости 10 Дж. Модуль работы силы трения 8 Дж. Чему равна кинетическая энергия тела в конце плоскости, если на тело, кроме Земли и плоскости, другие тела не действовали?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

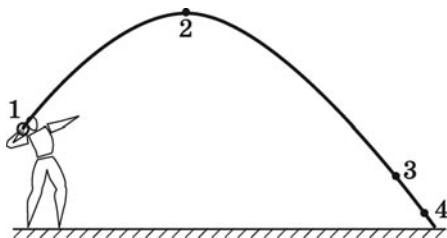
### Потенциальная энергия

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 3.16.** Автомобиль массой  $2 \cdot 10^3$  кг движется равномерно по мосту на высоте 5 м над землей. Скорость автомобиля равна 5 м/с. Чему равна потенциальная энергия автомобиля?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 3.17.** На рисунке представлена траектория движения тела, брошенного под углом к горизонту. В какой из четырех точек, отмеченных на траектории, потенциальная энергия тела имеет максимальное значение?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 3.18.** С балкона высотой 4 м упал камень массой  $m = 0,5$  кг. Чему равен модуль изменения потенциальной энергии камня? Считать  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 3.19.** Пружина с жесткостью 40 Н/м имеет длину 4 см. Ее растягивают до 6 см. Чему равна потенциальная энергия растянутой пружины?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 3.20.** Деформация упруго деформированного тела уменьшилась в  $\sqrt{2}$  раз. Чему равно отношение потенциальной энергии деформации тела в конечном и начальном состояниях?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 3.21.** На вертикальную недеформированную пружину высотой  $H$  и жесткостью  $k$ , стоящую на полу, аккуратно положили груз массой  $m$ . Установите соответствие между видами потенциальной энергии системы и формулами для ее вычисления. Потенциальную энергию груза отсчитывать от пола.

|  |                              |
|--|------------------------------|
| А) потенциальная энергия пружины в конечном состоянии                  | 1) $mgH$                     |
| Б) потенциальная энергия системы «груз + пружина» в конечном состоянии | 2) $\frac{kH^2}{2}$          |
|  | 3) $\frac{(mg)^2}{2k}$       |
|  | 4) $mgH - \frac{(mg)^2}{2k}$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

### Закон сохранения и изменения механической энергии

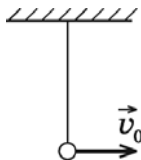
#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 3.22.** Камень брошен вертикально вверх. В момент броска он имел кинетическую энергию 20 Дж. Какую потенциальную энергию будет иметь камень в верхней точке траектории относительно уровня, с которого он был брошен? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

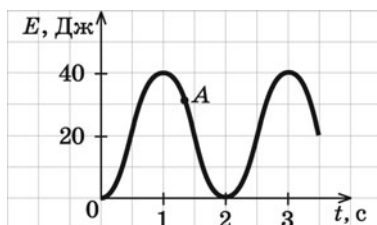


- 3.23. Шарику на длинной нити, находящемуся в положении равновесия, сообщили горизонтальную скорость  $v_0 = 2$  м/с (рис.). На какую высоту поднимется шарик?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 3.24. На рисунке представлен график изменения со временем потенциальной энергии ребенка на качелях относительно нижней точки траектории. В момент, обозначенный на графике точкой А, его кинетическая энергия относительно поверхности Земли равна



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 3.25. Парашютист спускается с постоянной скоростью. Поставьте в соответствие характер изменения разных видов энергии в этом процессе.

|  |                  |
|--|------------------|
| А) потенциальная энергия парашютиста с парашютом       | 1) увеличивается |
| Б) кинетическая энергия парашютиста с парашютом        | 2) уменьшается   |
| В) полная механическая энергия парашютиста с парашютом | 3) не изменяется |

|   |   |   |
|---|---|---|
| А | Б | В |
|   |   |   |

Ответ:

- 3.26. Со дна аквариума всплывает мячик и выпрыгивает из воды. Поставьте в соответствие характер изменения разных видов энергии участников процесса.

|   |                  |
|---|------------------|
| А) потенциальная энергия мячика           | 1) увеличивается |
| Б) потенциальная энергия воды в аквариуме | 2) уменьшается   |
|   | 3) не изменяется |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 3.27.** Маленький брусок скользит без трения по наклонному желобу, переходящему затем в мертвую петлю радиусом  $R$ , которая заканчивается горизонтальным выездом. Первый раз брусок отпускают из точки, расположенной на наклонной плоскости на высоте  $3R$  относительно нижней точки мертвой петли, а второй раз с высоты  $4R$ ? Как при втором пуске изменятся следующие величины: максимальная высота, на которой побывает брусок после захода в мертвую петлю; сила давления на плоскость мертвой петли в точке максимального подъема?

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.

| Максимальная высота | Сила давления на плоскость мертвой петли в точке максимального подъема |
|---------------------|--|
|                     |  |

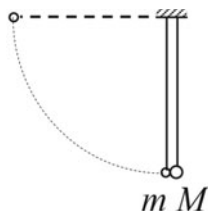
### Задания, требующие развернутого ответа

- 3.28.** Шайба массой  $m = 0,1$  кг начинает движение по желобу  $AB$  из точки  $A$  из состояния покоя. Точка  $A$  расположена выше точки  $B$  на высоте  $H = 6$  м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на  $\Delta E = 2$  Дж. В точке  $B$  шайба вылетает из желоба под углом, соответствующим максимальной

дальности полета  $BD$ . Найдите максимальную высоту подъема шайбы после вылета шайбы из желоба. Сопротивлением воздуха пренебречь.



- 3.29. Два шарика, массы которых отличаются в 2 раза, висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях (рис.). Легкий шарик отклоняют на угол  $90^\circ$  и отпускают без начальной скорости. Каким будет отношение кинетических энергий тяжелого и легкого шариков тотчас после их абсолютно упругого центрального удара?

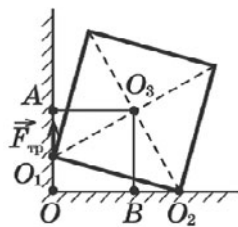


## Тема 4. СТАТИКА И ГИДРОСТАТИКА

### Момент силы и условие равновесия твердого тела

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 4.1. Однородный куб опирается в точке  $O_1$  на вертикальную стену, в точке  $O_2$  — на горизонтальный пол (рис.). Установите соответствие между плечом силы  $\vec{F}_{тр}$  относительно заданной оси и отрезком на рисунке.

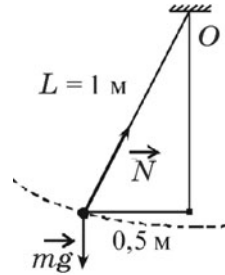


|   |             |
|---|-------------|
| А) ось проходит через точку $O_2$ перпендикулярно плоскости рисунка | 1) $O_2O_1$ |
| Б) ось проходит через точку $O_3$ перпендикулярно плоскости рисунка | 2) $O_2O$   |
|   | 3) $O_3O_1$ |
|   | 4) $O_3A$   |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

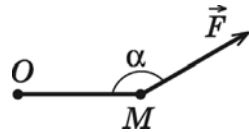
Ответ:

- 4.2. Стальной шар массой 2 кг колеблется на нити длиной 1 м (рис.). Чему равен момент силы тяжести относительно оси, проходящей через точку  $O$  перпендикулярно плоскости чертежа, в положении, представленном на рисунке?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н · м.

- 4.3. Чему равен момент силы  $\vec{F}$  относительно оси  $O$ , проходящей перпендикулярно плоскости листа, если угол  $\alpha = 150^\circ$ , модуль силы равен 3 Н, а длина отрезка  $OM$  равна 0,12 м?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н · м.

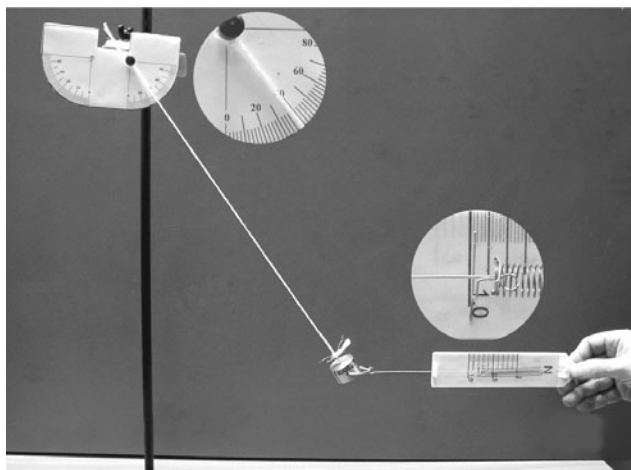
- 4.4. Поставьте в соответствие модели тел и утверждения, правильно описывающие условия их равновесия в инерциальной системе отсчета.

|                       |  |
|-----------------------|--|
| А) материальная точка | 1) возможно только при отсутствии действия внешних сил                             |
| Б) твердое тело       | 2) требуется равенство нулю и равнодействующей всех сил, и суммы моментов всех сил |
|                       | 3) достаточно равенство нулю равнодействующей всех сил                             |
|                       | 4) достаточно равенство нулю суммы моментов всех сил                               |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 4.5. Для исследования положения равновесия небольшой гирьки ученик собрал установку, представленную на рисунке.



Установите соответствие между значениями сил, действующих на гирьку, и выражениями для их вычисления по показаниям приборов, использованных учеником.

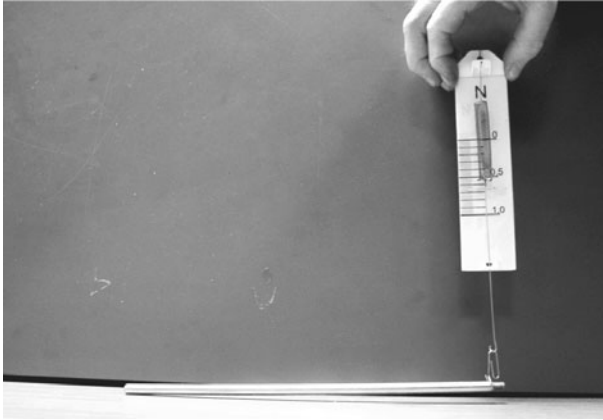
|                        |   |
|------------------------|---|
| А) сила тяжести груза  | 1) 1 Н  |
| Б) сила натяжения нити | 2) $1 \text{ Н} \cdot \sin 40^\circ$              |
|                        | 3) $1 \text{ Н} / \sin 40^\circ$                  |
|                        | 4) $1 \text{ Н} \cdot \operatorname{tg} 40^\circ$ |
|                        | 5) $1 \text{ Н} / \operatorname{tg} 40^\circ$     |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 4.6. Для измерения массы однородного стержня ученик воспользовался динамометром так, как это представлено на рисунке. Чему примерно равна масса груза, если показание динамометра равно 0,5 Н?

Считать  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

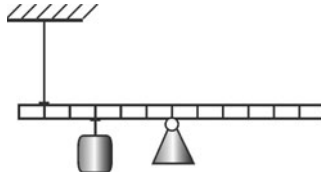


Ответ: \_\_\_\_\_ г.

- 4.7. Рычаг находится в равновесии под действием двух сил. Сила  $F_1 = 5$  Н. Чему равна сила  $F_2$ , если плечо силы  $F_1$  равно 20 см, а плечо силы  $F_2$  равно 10 см?

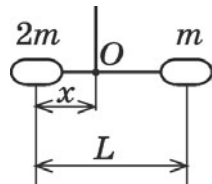
Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 4.8. С использованием нити ученик уравновесил рычаг. Масса подвешенного к рычагу груза равна 2 кг. Пренебрегая массой рычага, рассчитайте силу натяжения нити.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 4.9. Если закрепить два груза массами  $2m$  и  $m$  на невесомом стержне длиной  $L = 3$  м, как показано на рисунке, то, для того чтобы стержень оставался в равновесии, его следует подвесить в точке  $O$ , находящейся на расстоянии  $x$  от груза массой  $2m$ . Найдите расстояние  $x$ .



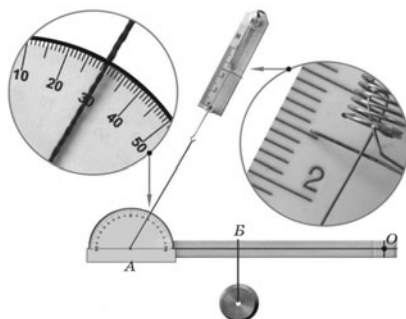
Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 4.10.** Стержень массой 20 г погружен в цилиндрический стакан и упирается одним концом в дно, а вторым — в стенку стакана. С какой силой стержень давит на боковую стенку стакана, если он образует с дном угол  $\alpha = 45^\circ$ ? Считать  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 4.11.** К легкому рычагу, имеющему ось вращения в точке  $O$ , подвешен металлический диск на нити, укрепленной в точке  $B$  (рис.). Рычаг принимает горизонтальное положение, когда нить, укрепленную в точке  $A$ , натягивают, прицепляя к ней крючок динамометра. Направление нити и показания динамометра показаны на укрупняющих выносах.



Рассчитайте массу диска, если точка  $B$  делит отрезок  $AO$  длиной 90 см в отношении 4:5.

## Простые механизмы и их КПД

### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 4.12.** В качестве простого механизма используются подвижный и неподвижный блоки. Установите соответствие между механизмом и целью его использования.

|  |  |
|--|--|
| А) подвижный блок<br>Б) неподвижный блок | <p>1) дает выигрыш в силе, но не дает выигрыша работе</p> <p>2) дает выигрыш в работе, но не дает выигрыша в силе</p> <p>3) дает выигрыш в работе и меняет направления действия в силе</p> <p>4) не дает выигрыша в силе, но только меняет направление действия силы</p> |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**4.13.** Плоскость, наклоненную к горизонту под углом  $\alpha$ , используют для равномерного втягивания груза на некоторую высоту. Силу прикладывают вдоль плоскости. Коэффициент трения груза о плоскость равен  $\mu$ . Масса груза  $m$ . Установите соответствие между физической величиной, характеризующей этот простой механизм, и формулой для его вычисления.

|  |   |
|--|---|
| А) сила, приложенная к грузу<br>Б) КПД механизма | <p>1) <math>mg</math></p> <p>2) <math>mg \sin \alpha</math></p> <p>3) <math>\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha</math></p> <p>4) <math>\mu \sin \alpha</math></p> <p>5) <math>\frac{\mu}{1 + \mu \tan \alpha}</math></p> <p>6) <math>\frac{1}{1 + \mu \tan \alpha}</math></p> |
|--|---|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

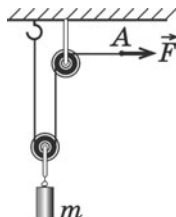
**4.14.** С помощью неподвижного блока, закрепленного на потолке, поднимают груз массой 20 кг на высоту 1,5 м. Какую работу при этом совершают, если КПД блока равен 90%? Считать  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.



- 4.15. С помощью системы блоков равномерно поднимают груз массой  $m = 10$  кг, прикладывая силу  $F = 55$  Н (рис.). Чему равен КПД такого механизма? Ответ округлить до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.



### Давление твердых тел и жидкостей

- 4.16. Однородный кубик с ребром  $a$  из материала плотности  $\rho$  стоит на горизонтальной поверхности. Поставьте в соответствие физические величины и выражения для их вычисления в этом случае.

|   |                 |
|---|-----------------|
| А) сила, с которой кубик давит на опору   | 1) $\rho ga$    |
| Б) давление, оказываемое кубиком на опору | 2) $\rho a^3$   |
|   | 3) $\rho g/a^2$ |
|   | 4) $\rho ga^3$  |

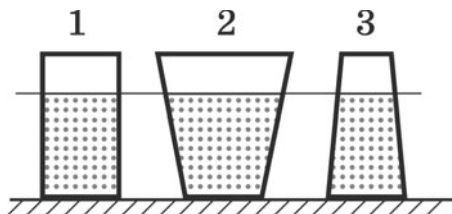
|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 4.17. На рисунке изображены три сосуда с водой, имеющие равные площади дна. Выберите два верных утверждения о модулях сил давления воды в сосудах на дно и о модуле давления на дно сосудов.

- 1)  $F_1 = F_2 = F_3$
- 2)  $F_2 > F_1 > F_3$
- 3)  $F_2 < F_1 < F_3$
- 4)  $p_1 = p_2 = p_3$
- 5)  $p_2 > p_1 > p_3$
- 6)  $p_2 < p_1 < p_3$

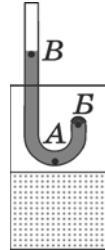
Ответ: \_\_\_\_\_.



- 4.18.** Рассчитайте давление, создаваемое толщей воды, на дне пресного озера на глубине 20 м, считая  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

- 4.19.** На нижний конец изогнутой трубки (точка *Б*) натянули резиновую мембрану, затем в трубку налили воду (рис.). Трубку начинают опускать в широкий сосуд с водой. Установите соответствие между положением трубки в воде и формой мембраны на ее конце в ходе опускания трубки.



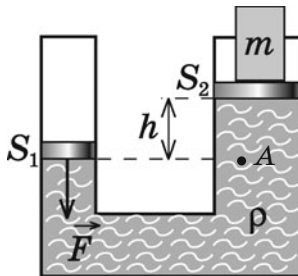
- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| А) точка <i>Б</i> оказалась на уровне воды в сосуде | 1) мембрана имеет плоскую форму |
| Б) точка <i>Б</i> оказалась на уровне воды в сосуде | 2) мембрана прогнулась вверх    |
|   | 3) мембрана прогнулась вниз     |



|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 4.20.** В сообщающиеся сосуды вставлены поршни площадью сечения  $S_1$  и  $S_2$  (рис.). На правом поршне лежит груз массой  $m$ . Разница уровней жидкости в сосудах  $h$ , плотность жидкости  $\rho$ . Установите соответствие между физическими величинами и выражениями для их вычисления, если массой поршней и атмосферным давлением можно пренебречь.



|   |  |
|---|--|
| А) давление в точке А<br>Б) модуль силы $F$ , с которой надо давить на левый поршень, чтобы система находилась в равновесии | 1) $mg \frac{S_1}{S_2}$<br>2) $\left( \frac{mg}{S_2} + \rho gh \right) S_1$<br>3) $\rho gh$<br>4) $\frac{mg}{S_2} + \rho gh$ |
|---|--|

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| А                    | Б                    |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Ответ:

### Архимедова сила

- 4.21.** При взвешивании груза в воздухе показание динамометра равно 1 Н. При опускании груза в воду показание динамометра уменьшается до 0,6 Н. Чему равна выталкивающая сила, действующая на груз, в воде?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 4.22.** Установите соответствие между условием плавания однородного тела из материала плотности  $\rho_1$  в жидкости плотности  $\rho_2$  и соотношением этих плотностей.

|  |                      |
|--|----------------------|
| А) тело плавает, частично выступая из жидкости | 1) $\rho_1 = \rho_2$ |
| Б) тело опускается на дно сосуда с жидкостью   | 2) $\rho_1 > \rho_2$ |
|  | 3) $\rho_1 < \rho_2$ |

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| А                    | Б                    |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |

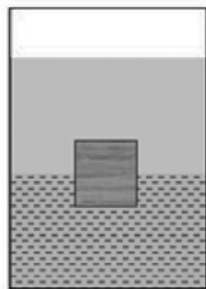
Ответ:

- 4.23.** Аэростат вместимостью  $1000 \text{ м}^3$  заполнен гелием. Плотность гелия  $0,18 \text{ кг/м}^3$ , плотность воздуха  $1,29 \text{ кг/м}^3$ . Чему равна выталкивающая сила, действующая на аэростат в воздухе?

Ответ: \_\_\_\_\_ кН.

**Задания, требующие развернутого ответа**

- 4.24.** На дне стакана с водой лежит стальной кубик. В воде растворяют поваренную соль, при этом уровень воды в стакане не меняется, затем на поверхность раствора соли наливают слой бензина той же высоты (бензин не растворяется в рассоле). Как изменится сила давления кубика на дно стакана после растворения соли в воде и после добавления в стакан бензина? Ответы поясните.
- 4.25.** Тело из металла с воздушной полостью внутри плавает в воде, погружившись в воду на 0,27 своего объема. При полном погружении в жидкость тело вытесняет  $80 \text{ см}^3$  жидкости. Каков объем воздушной полости, если плотность металла  $2700 \text{ кг/м}^3$ ?
- 4.26.** На поверхность воды в сосуде наливают нерастворимую в воде жидкость с плотностью  $800 \text{ кг/м}^3$ . Деревянный кубик с ребром 2 см плавает на границе раздела жидкостей, погружаясь в воду на 1 см (рис.). Рассчитайте плотность материала кубика.

**Тема 5. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ**

**Амплитуда, период, частота колебаний.  
Гармонические колебания**

**Задания на получение числового ответа  
и установление соответствия**

- 5.1.** Период колебаний математического маятника равен 1 с. Чему равен промежуток времени, за который маятник проходит путь от крайне правого положения в положение равновесия?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

**5.2.** Амплитуда свободных колебаний тела равна 0,5 м. Какой путь прошло это тело за время, равное трем периодам колебаний?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

**5.3.** Выберите два выражения, описывающих гармонические колебания.

1)  $y_1 = 0,01 \sin\left(5t - \frac{\pi}{2}\right)$

2)  $y_2 = 0,2 \sin(4t^2)$

3)  $y_3 = 0,01 \sin(4\sqrt{t})$

4)  $y_4 = 0,05t \sin\left(5t + \frac{\pi}{2}\right)$

5)  $y_5 = \cos 6t$

Ответ: \_\_\_\_\_.

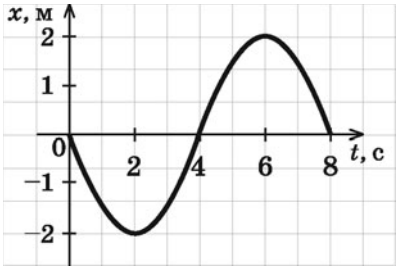
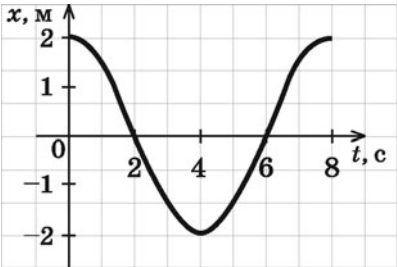
**5.4.** Координата тела меняется по закону  $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$ . Поставьте в соответствие физические величины и их обозначения.

| ОБОЗНАЧЕНИЕ                   | НАЗВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ   |
|-------------------------------|--|
| А) $\omega$<br>Б) $\varphi_0$ | 1) фаза<br>2) начальная фаза<br>3) частота<br>4) циклическая частота |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

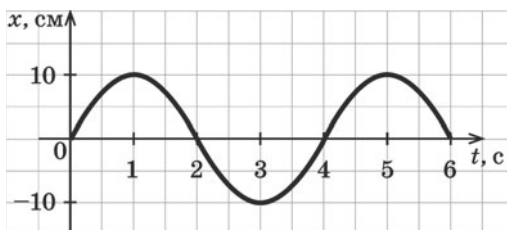
**5.5.** Поставьте в соответствие график изменения координаты тела при гармонических колебаниях и уравнение, описывающее такое колебание.

| ГРАФИК  | УРАВНЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ  |
|---|--|
| <p>А)</p>  <p>Б)</p>  | <p>1) <math>-4\sin\pi t</math></p> <p>2) <math>-2\sin\frac{\pi}{4}t</math></p> <p>3) <math>2\sin(\frac{\pi}{4}t + \frac{\pi}{2})</math></p> <p>4) <math>2\sin(\frac{\pi}{4}t - \frac{\pi}{2})</math></p> |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**5.6.** На рисунке представлена зависимость координаты центра шара, подвешенного на пружине, от времени. Определите по графику период и амплитуду колебаний. В ответ впишите два числа, равных значению величин в СИ без пробела.



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 5.7. Скорость тела массой  $m = 2$  кг изменяется с течением времени в соответствии с уравнением  $v_x = 0,5 \sin 5\pi t$ . Чему равна проекция его импульса на ось  $x$  в момент времени  $0,1$  с?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

- 5.8. При гармонических колебаниях вдоль оси  $OX$  координата тела изменяется по закону  $x = 0,02 \cos 20\pi t$  (м). Чему равна частота колебаний ускорения тела?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

### Нитяной и пружинный маятники. Свободные и вынужденные колебания

- 5.9. Два нитяных маятника совершают свободные колебания. За одно и то же время первый маятник совершает одно колебание, а второй — четыре. Чему равно отношение длины нити первого маятника к длине нити второго?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 5.10. Изучают малые колебания груза на нити длиной  $L$  и  $2L$ , отклоняя нить на один и тот же угол от вертикали. Как при переходе к нити  $2L$  изменяются следующие величины: амплитуда колебаний груза, период колебаний?

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.

| Амплитуда<br>колебаний груза | Период<br>колебаний |
|------------------------------|---------------------|
|                              |                     |

- 5.11. На Земле груз на нити совершает свободные колебания с периодом  $1$  с. На некоторой планете период колебаний этого же маятника окажется равным  $0,5$  с. Чему равно ускорение свободного падения на этой планете, если на Земле оно равно  $9,8$  м/с<sup>2</sup>?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 5.12.** Сколько раз за период колебаний нитяного маятника его потенциальная энергия достигает своего максимального значения?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 5.13.** Груз, лежащий на гладком горизонтальном столе и прикрепленный к горизонтальной пружине, совершает свободные незатухающие колебания. Пружину заменяют на пружину с меньшей жесткостью, а амплитуду колебаний оставляют неизменной. Как изменятся при этом следующие величины: период колебаний, максимальная скорость груза?

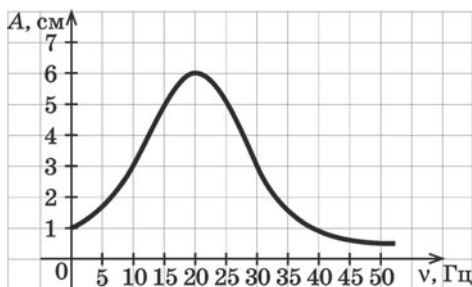
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится      2) уменьшится      3) не изменится

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

| Период колебаний | Максимальная скорость груза |
|------------------|-----------------------------|
|                  |                             |

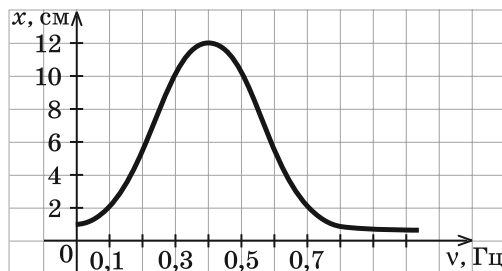
- 5.14.** На рисунке представлен график зависимости амплитуды  $A$  вынужденных колебаний от частоты  $\nu$  вынуждающей силы. При какой частоте происходит резонанс в колебательной системе?



Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

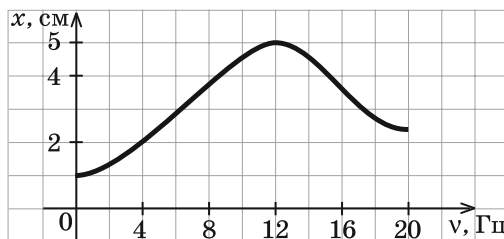


- 5.15. На рисунке приведен график зависимости амплитуды колебаний маятника (груза на нити) от частоты изменения внешней силы. Чему равна длина маятника? Считать ускорение свободного падения равным  $10 \text{ м/с}^2$ . Ответ округлить до десятых.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 5.16. Груз, прикрепленный к пружине жесткостью  $40 \text{ Н/м}$ , совершает вынужденные колебания. Зависимость амплитуды этих колебаний от частоты воздействия вынуждающей силы представлена на рисунке. Чему равна максимальная кинетическая энергия груза при частоте  $4 \text{ Гц}$ ?

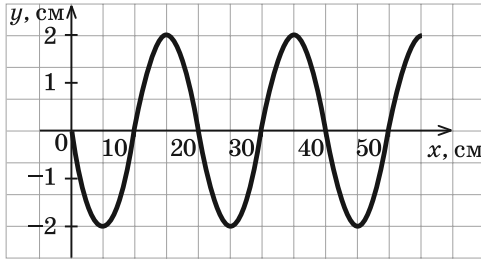


Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 5.17. Маятник с чернильницей укреплен на движущемся игрушечном автомобиле и колеблется в плоскости  $ZOY$ , перпендикулярной движению автомобиля. Длина маят-

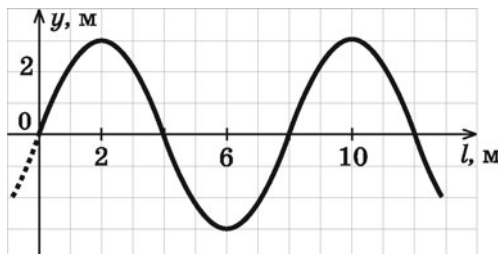
ника  $l = 0,1$  м. Чернильница оставила на столе след, показанный на рисунке. Чему равна скорость автомобиля?



- 5.18.** Верхний конец вертикальной пружины с грузом прикреплен к устройству с электромагнитом, которое может периодически быстро подтягивать верхний конец пружины на 1 см вверх и тут же прекращать воздействие. Оно также позволяет плавно менять период воздействия вертикальной силы к концу пружины. Опишите, что будет происходить с грузом, если включать это устройство на достаточно долгое время, всякий раз несколько увеличивая частоту воздействия силы.
- 5.19.** Шарик массой  $m = 0,2$  кг на нити длиной  $L = 0,9$  м раскачивают так, что каждый раз, когда шарик проходит положение равновесия, на него в течение короткого промежутка времени  $t = 0,01$  с действует сила  $F = 0,1$  Н, направленная параллельно скорости. Через сколько полных колебаний шарик на нити отклонится на угол  $60^\circ$ ?

### Механические волны и их характеристики. Звук

- 5.20.** На рисунке изображен шнур, по которому распространяется волна, в некоторый момент времени. Чему равна длина волны на шнуре?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 5.21.** Участки шнура, по которому движется волна со скоростью 8 м/с, колеблются по вертикали с частотой 4 Гц. Определите длину волны.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 5.22.** Волны от камня, упавшего в воду на расстоянии  $s$  м от берега, дошли до берега за  $t$  с. Волны бьются о берег с частотой  $n$  ударов в секунду. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими волны на поверхности воды, и выражениями для их вычисления.

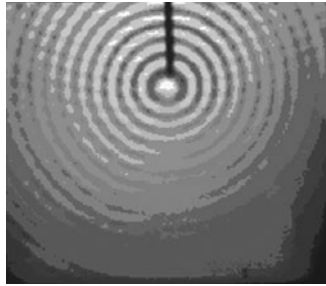
| ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА                                 | ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ      |
|---|--|
| А) длина волны<br>Б) скорость распространения волны | 1) $stn$<br>2) $s/tn$<br>3) $s/t$<br>4) $sn/t$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 5.23.** Ученик изучал волны, распространяющиеся в заполненной жидкостью ванночке при погружении в жидкость вертикального стержня с различной частотой. Волны, доходя до края ванночки, практически затухали. Меняя частоту опускания стержня в воду  $\nu$ , ученик фотогра-

фировал картину распространения волн сверху (рис.) и, анализируя фотографии, измерял длину волны  $\lambda$ , распространяющейся по поверхности воды.



В результате он получил экспериментальную зависимость длины волны от частоты колебаний стержня, которая удовлетворительно описывалась функцией  $\lambda(v) = \frac{C}{v^2}$ .

Длина волны во втором эксперименте оказалась в 4 раза больше, чем в первом. Каково отношение скоростей распространения волны в первом и втором экспериментах?

Ответ: \_\_\_\_\_.

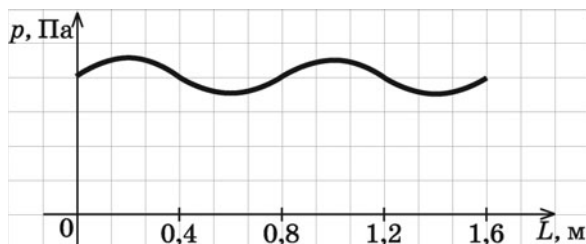
**5.24.** Период колебаний концентрации молекул воздуха в данной точке воздуха равен  $T$ , частота колебаний концентрации  $\nu$ , амплитуда колебаний  $A$ , скорость распространения звука  $v$ . Установите соответствие между изменениями характеристик музыкальных звуков и количественными характеристиками звуковой волны.

| ХАРАКТЕРИСТИКА ЗВУКА В ОПЫТЕ 2<br>ПО СРАВНЕНИЮ С ОПЫТОМ 1 | ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ                                  |
|---|--|
| А) возросла громкость звука<br>Б) повысилась высота тона  | 1) $T_2 > T_1$<br>2) $\nu_2 > \nu_1$<br>3) $A_2 > A_1$<br>4) $v_2 > v_1$ |

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| А                        | Б                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

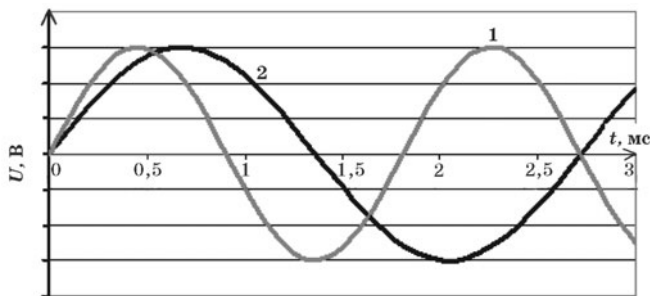
Ответ:

- 5.25. На рисунке показан график зависимости давления воздуха в некоторый момент времени от расстояния до источника звука при распространении звуковой волны. Чему равна длина звуковой волны?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 5.26. Микрофон преобразует изменение давления воздуха при прохождении звуковой волны мимо него в пропорциональный изменению давления электрический сигнал. При звучании двух камертонов были получены следующие сигналы (рис.).



Выберите два верных утверждения о двух звучащих камертонах.

- 1) Громкость звука камертонов одинакова.
- 2) Высота тона у 1-го больше, чем у 2-го.
- 3) Высота тона у 1-го меньше, чем у 2-го.
- 4) Высота тона звука камертонов одинакова.
- 5) Громкость у 1-го меньше, чем у 2-го.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 5.27.** Ультразвуковой эхолот улавливает отраженный от дна моря сигнал через время  $t = 0,04$  с после его испускания. Скорость ультразвука в воде равна  $v = 1500$  м/с. Чему равна глубина моря на данном участке?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 5.28.** Узкий пучок ультразвуковой волны падает на поверхность воды перпендикулярно ее поверхности. Скорость ультразвука в воде больше, чем в воздухе. Как изменятся в воде длина волны и период колебаний давления в точке прохождения волны в среде?

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.

| Длина волны | Период колебаний<br>давления |
|-------------|------------------------------|
|             |                              |

## Раздел II. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

### Тема 6. МОЛЕКУЛЯРНОЕ СТРОЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ. КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 6.1.** Укажите пару веществ, соответствующих максимальной и минимальной скорости диффузии при комнатной температуре.

|                                   |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| А) максимальная скорость диффузии | 1) вода и этиловый спирт           |
| Б) минимальная скорость диффузии  | 2) пары эфира и воздух             |
|                                   | 3) свинец и медь                   |
|                                   | 4) раствор медного купороса и вода |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

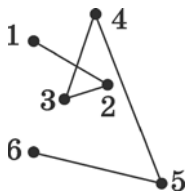
- 6.2.** Поставьте в соответствие название физического явления и его описание.

|                         |   |
|-------------------------|---|
| А) диффузия             | 1) беспорядочное движение мелких спор растений в воде |
| Б) броуновское движение | 2) проникновение соли в овощи при их засолке          |
|                         | 3) беспорядочное движение роящихся мошек под фонарем  |
|                         | 4) движение воды от корней дерева к листьям           |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**6.3.** На рисунке показаны положения броуновской частицы в жидкости с интервалом 30 с, которые наблюдались под микроскопом. Выберите два верных утверждения о движении частицы.



- 1) Изменение направления движения частицы происходит вследствие изменения направления равнодействующей силы действия молекул жидкости на частицу.
- 2) На отрезках 4—5 и 5—6 частица двигалась прямолинейно, но с разной по модулю скоростью.
- 3) В течение 30 с частица совершает гармонические колебания между точками 2 и 3.
- 4) Нельзя указать характер движения частицы и ее траекторию при ее движении от точки 4 к точке 5.
- 5) Движение по ломаной траектории 1—2—3—4—5—6 объясняется периодическим изменением конвекционных потоков в жидкости.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6.4.** При нагревании спирта его объем увеличивается. Как изменятся в ходе процесса следующие величины: масса молекул, расстояние между молекулами?

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.

| Среднее расстояние между молекулами | Масса молекул |
|-------------------------------------|---------------|
|                                     |               |

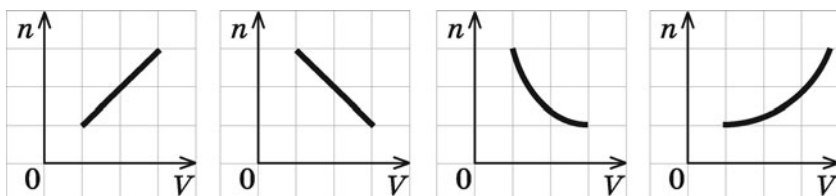


**6.5.** Выберите два верных утверждения. При нагревании разреженного газа в замкнутом сосуде давление в нем увеличивается. Это объясняется тем, что

- 1) возрастает скорость молекул
- 2) ускоряется диффузия молекул
- 3) возрастает масса молекул
- 4) возрастает частота ударов молекул
- 5) возрастает конвекция в газе

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6.6.** Газ сжимают в сосуде с подвижным поршнем. Какой из графиков правильно отражает зависимость концентрации молекул (числа молекул в единице объема) газа от объема?



1)

2)

3)

4)

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6.7.** В горизонтальном цилиндре имеется поршень площадью  $10 \text{ см}^2$ . В определенный момент времени по одну сторону от поршня давление газа равно  $100 \text{ кПа}$ , а по другую —  $105 \text{ кПа}$ . Чему равна при этом равнодействующая сил, действующих на поршень?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

**6.8.** Лед плавает в воде. Выберите два верных утверждения. При переходе воды из жидкого в кристаллическое состояние

- 1) плотность вещества увеличивается
- 2) плотность вещества уменьшается
- 3) плотность вещества не изменяется
- 4) молекулы перестают двигаться
- 5) молекулы выстраиваются в упорядоченные структуры, содержащие полости

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6.9.** На рисунке приведена ячейка таблицы Д. И. Менделеева.

Чему равна масса одного моля кислорода при нормальных условиях? Ответ округлить до тысячных.

|                       |
|-----------------------|
| <b>O</b> <sup>8</sup> |
| 15,994                |

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

**6.10.** Молярная масса газообразного вещества равна  $M$ , плотность газа —  $\rho$ ,  $N_a$  — число Авогадро. Установите соответствие между физическими величинами и выражениями для их вычисления.

|  |                         |
|--|-------------------------|
| А) концентрация молекул<br>Б) масса молекулы | 1) $\frac{\rho}{N_a}$   |
|  | 2) $\frac{M}{N_a}$      |
|  | 3) $\frac{\rho N_a}{M}$ |
|  | 4) $\frac{M N_a}{\rho}$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**6.11.** Плотность одного металла в 5 раз больше плотности второго. На точных весах отвесили 2 моля первого металла и 4 моля второго металла. Каково отношение числа молекул в навеске первого металла к числу молекул в навеске второго металла?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6.12.** Квадратный кусок фольги из алюминия со стороной 10 см имеет толщину 0,1 мкм. Плотность алюминия  $2700 \text{ кг/м}^3$ , молярная масса 27 г/моль. Сколько атомов алюминия содержит фольга? Ответ выразите в виде числового коэффициента перед числом  $10^{20}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_  $10^{20}$ .

- 6.13.** В баллоне объемом 50 л находится 5 молей аргона. Его соединяют с баллоном объемом 10 л.

Установите соответствие между числом атомов аргона в первом баллоне и числом атомов аргона во втором баллоне после их соединения.

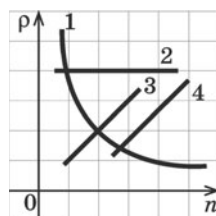
|   |                      |
|---|----------------------|
| А) исходное число атомов в первом баллоне                   | 1) $5 \cdot 10^{23}$ |
| Б) число атомов во втором баллоне после соединения с первым | 2) $6 \cdot 10^{23}$ |
|   | 3) $3 \cdot 10^{24}$ |
|   | 4) $3 \cdot 10^{25}$ |

| А | Б |
|---|---|
|   |   |

Ответ:

- 6.14.** Какой из графиков отражает связь между плотностью газа и концентрацией его молекул?

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 6.15.** После таяния кубика льда размером  $2 \times 2 \times 2$  см на столе образовалась круглая лужа диаметром 20 см. Какую глубину имеет лужа? Плотность льда  $900 \text{ кг/м}^3$ . Ответ округлить до сотых.

Ответ: \_\_\_\_\_ мм.

## Тема 7. ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ. ИЗОПРОЦЕССЫ

### Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 7.1.** Концентрация молекул идеального газа равна  $n$ , масса молекул  $m_0$ , давление газа в сосуде  $p$ .

Установите соответствие между физическими величинами, рассчитываемыми на основании этих данных, и формулами для их расчета.

|                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| А) плотность газа в сосуде       | 1) $\rho n m_0$              |
| Б) средняя квадратичная скорость | 2) $n m_0$                   |
|                                  | 3) $\frac{3p}{n m_0}$        |
|                                  | 4) $\sqrt{\frac{3p}{n m_0}}$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 7.2.** Одноатомный газ нагревают в закрытом сосуде с неподвижными стенками. Как при этом изменятся следующие величины: концентрация молекул, давление газа?

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.

| Концентрация молекул | Давление газа |
|----------------------|---------------|
|                      |               |

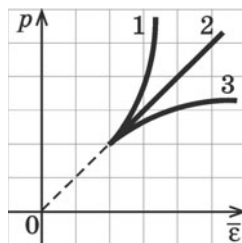
- 7.3.** В баллоне № 1 средняя квадратичная скорость молекул газа в 2 раза выше, чем в баллоне № 2, а концентрация в 2 раза ниже. Каково отношение давлений газа  $p_1/p_2$  в баллонах 1 и 2?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 7.4.** При неизменном количестве газообразного гелия в сосуде средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 3 раза. Во сколько раз при этом уменьшилось давление газа?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раза.

- 7.5. Какой график верно отражает взаимосвязь давления и средней кинетической энергии поступательного движения молекул при их постоянной концентрации в сосуде с идеальным газом?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 7.6. В двух сосудах одинакового объема находится одинаковое число молей кислорода и водорода соответственно. Давление в сосудах одинаково. Каково отношение средней квадратичной скорости молекул кислорода к средней квадратичной скорости водорода?

Ответ: \_\_\_\_\_.

### Уравнение состояния идеального газа. Связь абсолютной температуры со средней кинетической энергией молекул

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 7.7. Давление  $10^5$  Па создается молекулами концентрацией  $10^{25}$  м<sup>-3</sup>. Какова средняя кинетическая энергия молекул? В ответ внесите число, являющееся множителем перед числом  $10^{-20}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ ·  $10^{-20}$  Дж.

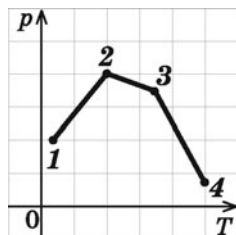
- 7.8. В одном сосуде объемом  $V$  находится  $\nu$  молей газа при абсолютной температуре  $T$  при давлении  $p = 100$  кПа. Во втором сосуде объемом  $2V$  находится  $2\nu$  молей газа при абсолютной температуре  $2T$ . Чему равно давление во втором сосуде?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

- 7.9. В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. График зависимости давления газа от температуры при изменении его состояния представлен на рисунке.

Какому состоянию газа соответствует наибольшее значение объема?

Ответ: \_\_\_\_\_.



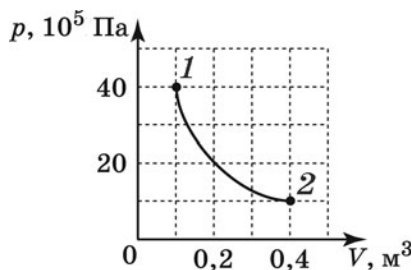
- 7.10. При расширении идеального газа его объем увеличился в 2 раза, а температура уменьшилась в 2 раза. Каково отношение конечного давления газа к начальному?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 7.11. В сосуде находится жидкий азот  $N_2$  массой 10 кг. Какой объем займет этот газ при нормальных условиях (273 К;  $10^5$  Па)? Ответ округлить до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_  $m^3$ .

- 7.12. На рисунке показан переход газа постоянной массы из состояния 1 в состояние 2. Как в этом процессе изменятся следующие величины: давление, температура, плотность газа?



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.

| Давление | Температура | Плотность |
|----------|-------------|-----------|
|          |             |           |

**7.13.** Температуру твердого тела повысили на  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Каково изменение температуры по абсолютной шкале температур?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

**7.14.** В результате остывания газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 3 раза. Во сколько раз при этом уменьшилась абсолютная температура газа?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз.

**7.15.** Давление 3 моль водорода в сосуде при температуре 300 К равно 90 кПа. Каково давление 2 моль водорода в этом сосуде при температуре 400 К?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**7.16.** Как изменяются температура, концентрация молекул под поршнем при его изотермическом сжатии?

Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

| Температура | Концентрация молекул |
|-------------|----------------------|
|             |                      |

### Задания, требующие развернутого ответа

**7.17.** Стоящий вертикально цилиндрический закрытый сосуд высотой 0,8 м разделен на две части невесомым, скользящим без трения тонким поршнем. На какой высоте установится поршень, если в верхней части сосуда находится гелий (молярная масса  $M_1 = 0,004\text{ кг/моль}$ ), а в нижней — азот (молярная масса  $M_2 = 0,028\text{ кг/моль}$ )? Массы газов в обеих частях равны.

- 7.18.** Воздушный шар объемом  $2500 \text{ м}^3$  с массой оболочки  $400 \text{ кг}$  имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. До какой минимальной температуры нужно нагреть воздух в шаре, чтобы шар взлетел вместе с грузом (корзиной и воздухоплателем) массой  $200 \text{ кг}$ ? Температура окружающего воздуха  $7^\circ\text{C}$ , его плотность  $1,2 \text{ кг/м}^3$ . Оболочку шара считать нерастяжимой.

### Изопроцессы

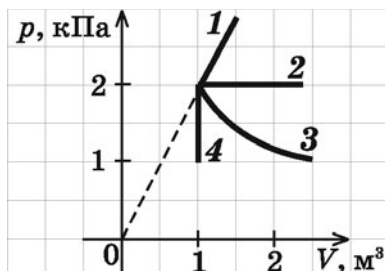
- 7.19.** Поставьте в соответствие характер изменения параметра идеального газа и его название.

|                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| А) давление газа не меняется | 1) изохорный процесс      |
| Б) объем газа не меняется    | 2) изотермический процесс |
|                              | 3) изобарный процесс      |
|                              | 4) адиабатный процесс     |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 7.20.** Какой из графиков, изображенных на рисунке, соответствует процессу, проведенному при постоянном объеме газа?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 7.21.** Объем газа в изотермическом процессе уменьшился в 4 раза. Каково отношение давлений в конечном и начальном состоянии?

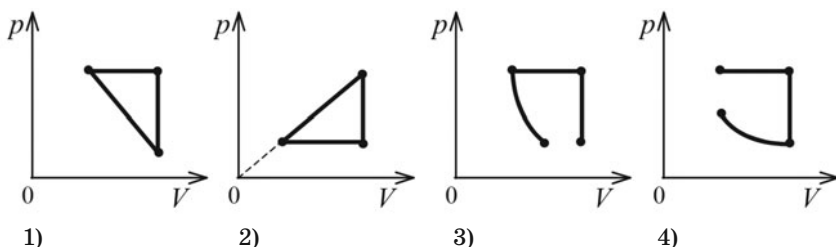
Ответ: \_\_\_\_\_.



**7.22.** При изобарном нагревании водорода массой 2 г, находившегося в начале процесса под давлением 83 кПа, его температура возросла от 200 К до 500 К. На сколько литров изменился его объем? Ответ округлить до десятых.

Ответ: на \_\_\_\_\_ л.

**7.23.** Идеальный газ сначала нагревался при постоянном давлении, потом его давление уменьшалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре объем газа уменьшился до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях  $p$ – $V$  соответствует этим изменениям состояния газа?



Ответ: \_\_\_\_\_.

## Тема 8. ТЕРМОДИНАМИКА

**Тепловое равновесие. Количество теплоты.**

**Удельная теплоемкость вещества**

**Задания на получение числового ответа**

**и установление соответствия**

**8.1.** Установите соответствие между видом теплопередачи и средой, в которой она происходит.

|                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| А) металлический стержень | 1) конвекция        |
| Б) вакуум                 | 2) излучение        |
|                           | 3) теплопроводность |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

8.2. Чему равно отношение средних кинетических энергий атомов кислорода  $\overline{\epsilon}_{\text{кисл}}$  и водорода  $\overline{\epsilon}_{\text{вод}}$  в смеси этих газов в состоянии теплового равновесия, если отношение молярных масс кислорода и водорода равно 16?

Ответ: \_\_\_\_\_.

8.3. Два теплоизолированных сосуда с различными газами при разных температурах соединены длинной теплоизолированной трубкой с краном. Выберите два верных утверждения о процессах, происходящих после открывания крана между сосудами.

- 1) Выравниваются концентрации разных газов.
- 2) Выравниваются концентрации каждого из газов в двух сосудах.
- 3) Выравниваются температуры газов.
- 4) Выравниваются средние скорости молекул газов.
- 5) Выравниваются парциальные давления газов.

Ответ: \_\_\_\_\_.

8.4. Два тела равной массы с температурами  $20^\circ$  и  $40^\circ$  соответственно привели в тепловой контакт. Выберите два верных утверждения о происходящих при этом процессах.

- 1) Температуры тел станут одинаковыми и равными  $20^\circ\text{C}$ .
- 2) Температуры тел станут одинаковыми и равными  $30^\circ\text{C}$ .
- 3) Температуры тел станут одинаковыми и равными  $60^\circ\text{C}$ .
- 4) Температура первого тела будет увеличиваться, а второго уменьшаться.
- 5) Температуры тел станут одинаковыми.

Ответ: \_\_\_\_\_.

8.5. Два твердых вещества одинаковой массы, но разной температуры приводят в тепловое равновесие. Выберите два верных утверждения о результате такой теплопередачи, если оба вещества остаются твердыми.

- 1) Температуры веществ окажутся одинаковыми.
- 2) Изменения температур тел окажутся одинаковыми.
- 3) Изменение температуры будет больше у того вещества, у которого больше удельная теплоемкость.

4) Изменение температуры будет больше у того вещества, у которого меньше удельная теплоемкость.

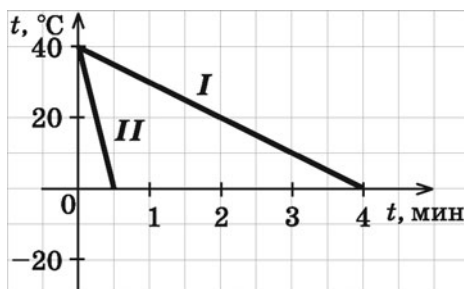
5) Изменение температуры будет больше у того вещества, объем которого больше.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 8.6. Одно тело имеет массу  $m$  и удельную теплоемкость  $c$ . Второе тело имеет массу  $2m$  и удельную теплоемкость  $2c$ . Обоим телам сообщают количество теплоты, равное  $Q$ . Чему равно отношение изменений температуры второго и первого тел?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 8.7. От двух тел I и II одинаковой массы отводится одинаковое количество теплоты каждую секунду. График изменения температуры каждого из них показан на рисунке. Чему равно отношение теплоемкостей тел  $c_I/c_{II}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 8.8. Бронзовый подсвечник массой 2 кг нагрели до температуры 900 К. Какое количество теплоты выделилось при остывании подсвечника до температуры 300 К? Удельная теплоемкость бронзы 420 Дж/(кг · К).

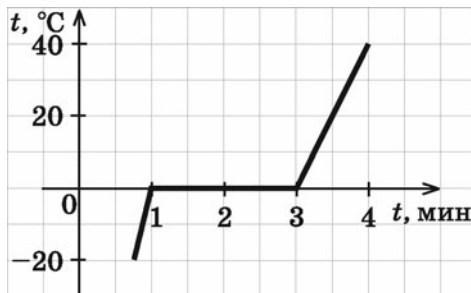
Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 8.9. В теплоизолированном сосуде смешивают водород количеством вещества 1 моль со средней кинетической энергией молекул  $10^{-20}$  Дж и кислород количеством ве-

щества 4 моль со средней кинетической энергией молекул  $2 \cdot 10^{-20}$  Дж. Чему будет равна средняя кинетическая энергия молекул после смешивания?

- 8.10.** Теплоизолированный сосуд разделен теплопроводной неподвижной перегородкой на две части: объем первой части сосуда в 2 раза больше объема второй части сосуда. В первой части сосуда находится гелий количеством вещества 2 моль, а во второй — аргон количеством вещества 2 моль. Определите отношение давления гелия к давлению аргона после установления теплового равновесия.
- 8.11.** Для определения удельной теплоемкости вещества тело из этого вещества массой 400 г, нагретое до температуры  $100^\circ\text{C}$ , опустили в железный стакан калориметра, содержащий 200 г воды. Начальная температура калориметра с водой равна  $30^\circ\text{C}$ . После установления теплового равновесия температура тела, воды и калориметра оказалась равна  $40^\circ\text{C}$ . Определите удельную теплоемкость вещества исследуемого тела. Масса калориметра равна 100 г, удельная теплоемкость железа равна  $640 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ , удельная теплоемкость воды равна  $4180 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ .
- 8.12.** В калориметре нагревается лед массой  $m = 200 \text{ г}$ . На рисунке представлен график зависимости температуры льда от времени. Пренебрегая теплоемкостью калориметра и тепловыми потерями, определите удельную теплоту плавления льда из рассмотрения процессов нагревания льда и воды (теплоемкость воды  $c_v = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ ).



## Внутренняя энергия. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики

### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 8.13.** Установите соответствие между процессом, проходящим с участием монеты, и характером изменения ее внутренней энергии.

|                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| А) монету трут о стол        | 1) увеличивается |
| Б) монету нагревают в ладони | 2) уменьшается   |
|                              | 3) не изменяется |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

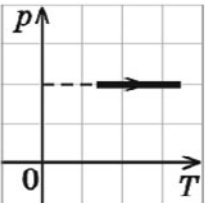
- 8.14.** Поставьте в соответствие вид энергии монеты и характер ее изменения в ходе ее равномерного погружения в воду фонтана.

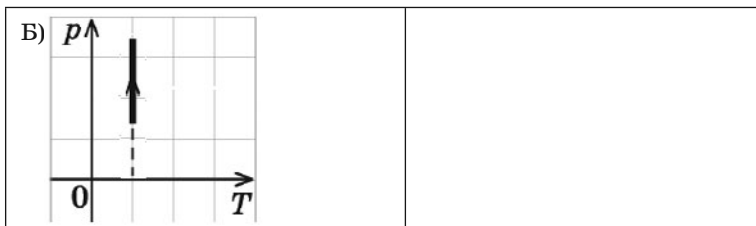
|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| А) кинетическая энергия | 1) увеличивается |
| Б) внутренняя энергия   | 2) уменьшается   |
|                         | 3) не изменяется |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 8.15.** Поставьте в соответствие совершаемый над газом процесс, диаграмма которого показана на рисунке, и характер изменения его внутренней энергии.

|   |   |
|---|---|
| <p>А) </p> | <p>1) увеличивается<br/>2) уменьшается<br/>3) не изменяется</p> |
|---|---|



| А | Б |
|---|---|
|   |   |

Ответ:

- 8.16. При неизменном давлении газ переводят из состояния 1 в состояние 2, в котором объем газа в 4 раза больше. Каково отношение внутренней энергии газа во втором и первом состояниях  $E_2/E_1$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 8.17. Идеальный одноатомный газ находится в сосуде вместимостью  $0,6 \text{ м}^3$  под давлением  $2 \cdot 10^3 \text{ Па}$ . Чему равна внутренняя энергия газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 8.18. Установите соответствие между процессом, проводимым с веществом в различных агрегатных состояниях, в ходе которого совершается механическая работа, и характером изменения внутренней энергии вещества. Теплообменом вещества с внешней средой пренебречь.

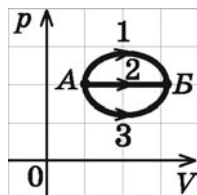
|                                     |                  |
|-------------------------------------|------------------|
| А) сжимают воздух                   | 1) увеличивается |
| Б) перемешивают воду                | 2) уменьшается   |
| В) перегибают алюминиевую проволоку | 3) не изменяется |

| А | Б | В |
|---|---|---|
|   |   |   |

Ответ:

- 8.19. В каком из процессов перехода идеального газа из состояния А в состояние Б, изображенном на  $pV$ -диаграмме (рис.), газ совершает наибольшую работу?

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 8.20.** В сосуде вместимостью  $3V$  под поршнем находится газ. Газ сжимают, прикладывая постоянную силу к поршню, один раз до объема  $2V$ , второй раз до объема  $V$ . Чему равно отношение работ, совершенных внешними силами в первом и втором случаях?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 8.21.** Объем газа, расширяющегося при постоянном давлении 100 кПа, увеличился на 2 л. Чему равна работа, совершенная газом в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 8.22.** Газ получил количество теплоты, равное 300 Дж, и совершил работу, равную 400 Дж. Чему равно при этом изменение внутренней энергии газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 8.23.** Внешние силы при сжатии газа совершили работу 500 Дж. При этом его внутренняя энергия увеличилась на 700 Дж. Какое количество теплоты получил газ через стенки сосуда? Если газ отдавал энергию внешним телам через стенку, поставьте перед ответом знак «минус».

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 8.24.** Тело отдало внешним телам через стенку количество теплоты, равное 300 Дж. При этом внешние силы совершили над ним работу, равную 600 Дж. Чему равно изменение внутренней энергии тела?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 8.25.** Установите соответствие между физической величиной и ее знаком в ходе процесса сжатия, если при этом температура его уменьшилась.

|   |  |
|---|--|
| <p>А) работа газа<br/>Б) изменение внутренней энергии</p> | <p>1) больше нуля<br/>2) меньше нуля<br/>3) равно(-а) нулю</p> |
|---|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

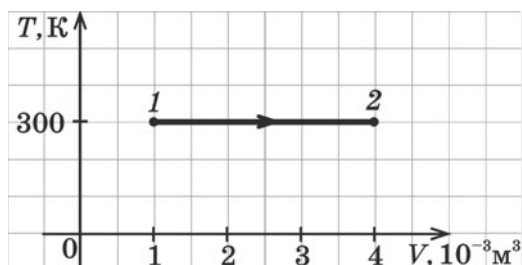
**8.26.** Как изменяется внутренняя энергия идеального газа в процессах А и Б?

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| А) изотермическое сжатие | 1) увеличивается |
| Б) изобарное расширение  | 2) уменьшается   |
|                          | 3) не изменяется |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

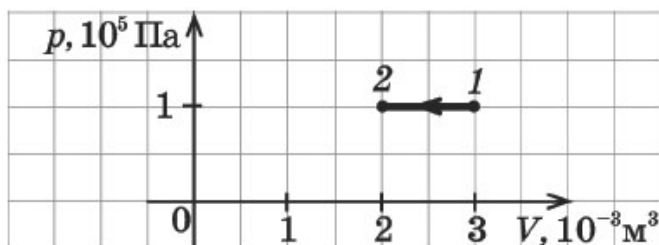
Ответ:

**8.27.** На TV-диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Начальное давление газа было равно  $10^6$  Па. Количество теплоты, полученное газом, равно 3 кДж. Чему равна работа, совершенная газом?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

**8.28.** Установите соответствие между физическими величинами и их изменением в процессе 1—2, показанном на рисунке, если в ходе процесса газ отдал количество теплоты, равное 250 кДж.





|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| А) работа газа                  | 1) 150 Дж  |
| Б) изменение внутренней энергии | 2) –150 Дж |
|                                 | 3) 0 Дж    |
|                                 | 4) –100 Дж |
|                                 | 5) 100 Дж  |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 8.29.** Установите соответствие между названием процесса и описанием изменения физических величин в ходе процесса, совершаемого с газом.

|                   |  |
|-------------------|--|
| А) адиабатный     | 1) изменение внутренней энергии газа равно нулю    |
| Б) изотермический | 2) работа, совершаемая газом, равна нулю           |
|                   | 3) количество теплоты, переданное газу, равно нулю |
|                   | 4) изменение давления газа равно нулю              |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 8.30.** Выберите два верных утверждения.

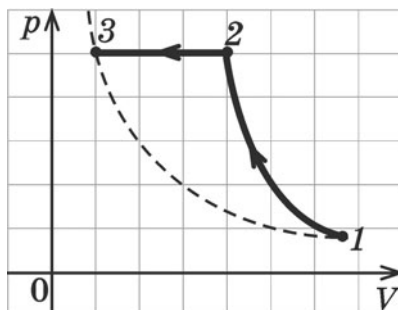
В ходе адиабатного процесса, совершаемого с газом

- 1) внутренняя энергия газа не изменяется
- 2) газ нагревается в ходе расширения и остывает в ходе сжатия
- 3) давление газа меняется обратно пропорционально объему
- 4) энергия через стенки газу не передается
- 5) изменение внутренней энергии газа равно работе внешних сил

Ответ: \_\_\_\_\_.

**Задания, требующие развернутого ответа**

- 8.31. Идеальный одноатомный газ сжимается сначала адиабатно, а затем изобарно. Конечная температура газа равна начальной (рис.). При адиабатном сжатии газа внешние силы совершили работу, равную 6 кДж. Чему равна работа внешних сил за весь процесс  $1 - 2 - 3$ ?

**Второй закон термодинамики. Тепловые машины**

**Задания на получение числового ответа  
и установление соответствия**

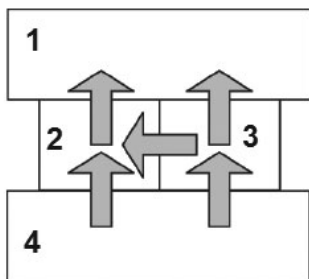
- 8.32. Выберите два верных утверждения, отражающих смысл второго закона термодинамики.
- 1) При контакте двух тел их температуры в конечном итоге выравниваются.
  - 2) При тепловом контакте двух тел количество теплоты, полученное одним телом, равно количеству теплоты, отданному вторым.
  - 3) Самопроизвольная теплопередача всегда происходит от тела с большей температурой к телу с меньшей температурой.
  - 4) Самопроизвольная теплопередача всегда происходит от тела с большей теплоемкостью к телу с меньшей теплоемкостью.
  - 5) Невозможен замкнутый циклический процесс, единственным результатом которого было бы производство работы за счет охлаждения теплового резервуара.

- 8.33. В левой половине сосуда находится 1 моль молекул одного газа, а в правой половине 2 моля молекул другого. Сколько примерно молекул второго газа окажется в левой половине сосуда через длительное время после того, как уберут перегородку (на рисунке показана черным) между двумя половинами сосуда?



Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

- 8.34. Четыре металлических бруска положили вплотную друг к другу, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплопередачи от бруска к брусу. Температуры брусков в данный момент  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Какой из брусков имеет температуру  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 8.35. Выберите два верных утверждения, характеризующие устройства, в которых происходит преобразование одного вида энергии в другой.
- 1) К тепловым машинам можно отнести электрообогреватель.
  - 2) Предназначением тепловой машины является преобразование механической энергии во внутреннюю.
  - 3) Двигатель внутреннего сгорания является тепловой машиной.
  - 4) Тепловая машина — это устройство, преобразующее внутреннюю энергию в механическую.

5) В идеальной тепловой машине все количество теплоты, получаемое от нагревателя, преобразуется в механическую энергию.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**8.36.** В ходе работы паровой турбины в котле образуется пар за счет сжигаемого топлива. Пар по подводящему трубопроводу направляется на лопатки турбины. Отражаясь от лопаток, он меняет свое направление. За счет этого турбина раскручивается, а отработавший пар переходит в отводящий трубопровод и далее в змеевики, в которых конденсируется за счет охлаждения змеевика атмосферным воздухом или водой внешних источников. Образовавшаяся вода вновь поступает в котел.

Установите соответствие между этапами преобразования одного вида энергии в другой и техническими устройствами, в которых оно реализуется. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные буквы под соответствующими цифрами.

| ПРЕОБРАЗОВАНИЯ<br>ЭНЕРГИИ   | ЧАСТЬ УСТАНОВКИ<br>С ПАРОВОЙ ТУРБИНОЙ |
|---|---------------------------------------|
| А) внутренняя энергия пара в механическую энергию пара  | 1) подводящий трубопровод             |
| Б) механическая энергия и внутренняя энергия пара в механическую энергию колеса турбины с лопатками | 2) колесо турбины с лопатками         |
|   | 3) отводящий трубопровод              |
|   | 4) топка котла                        |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**8.37.** В модели работающего циклически теплового двигателя, состоящего из нагревателя, холодильника и рабочего тела, рассматриваются две величины:

$Q_{\text{нагр}}$  — количество теплоты, переданное за цикл от нагревателя к рабочему телу;

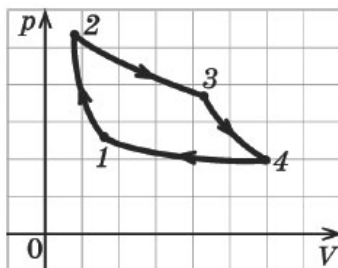
$Q_{\text{хол}}$  — количество теплоты, переданное от рабочего тела к холодильнику. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими такую модель двигателя, и выражениями для вычисления этих величин.

|   |   |
|---|---|
| А) механическая работа, совершенная рабочим телом за цикл | 1) $Q_{\text{нагр}}$                                      |
| Б) КПД теплового двигателя                                | 2) $Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{хол}}$                     |
|   | 3) $Q_{\text{хол}} - Q_{\text{нагр}}$                     |
|   | 4) $(Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{хол}}) / Q_{\text{нагр}}$ |
|   | 5) $Q_{\text{нагр}} / (Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{хол}})$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

8.38. Тепловую машину, работающую по циклу Карно, называют идеальным тепловым двигателем.



Установите соответствие между участками цикла и описанием процессов, происходящих на этих участках.

|   |              |
|---|--------------|
| А) над газом совершают работу внешние силы                  | 1) 1—2 и 2—3 |
| Б) газ получает некоторое количество теплоты от нагревателя | 2) 2—3       |
|   | 3) 2—3 и 3—4 |
|   | 4) 3—4       |
|   | 5) 4—1 и 1—2 |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

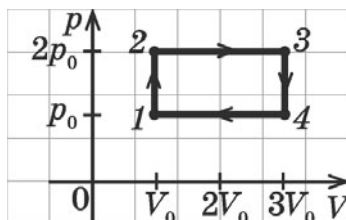
Ответ:

- 8.39. КПД идеального теплового двигателя 40%. Чему равна температура нагревателя, если температура холодильника  $27^\circ\text{C}$ ?

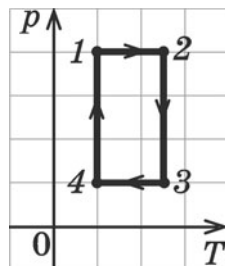
Ответ: \_\_\_\_\_ К.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 8.40. Теплоизолированный сосуд вместимостью  $V = 2 \text{ м}^3$  разделен пористой перегородкой на две равные части. Атомы гелия могут свободно проникать через поры в перегородке, а атомы аргона — нет. В начальный момент в одной части сосуда находится гелий массой  $m_1 = 1 \text{ кг}$ , а в другой — аргон массой  $m_2 = 1 \text{ кг}$ . Средняя квадратичная скорость атомов аргона и гелия одинакова и составляет  $u = 500 \text{ м/с}$ . Определите температуру гелий-аргоновой смеси после установления равновесия в системе.
- 8.41. Рабочим телом тепловой машины является гелий, который в ходе работы меняет свое состояние циклически, как показано на рисунке. Каков КПД такой тепловой машины?



- 8.42. Рабочим телом тепловой машины является газ, который в ходе работы меняет свое состояние циклически, как показано на рисунке. Какой вывод о соотношении работы, совершаемой газом на участках 1—2 и 3—4, можно сделать на основании этой диаграммы?

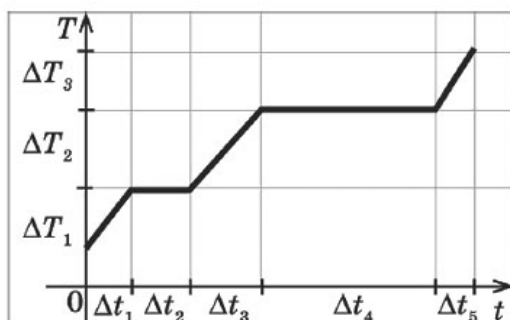


## Тема 9. ИЗМЕНЕНИЕ АГРЕГАТНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА

### Плавление и кристаллизация

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 9.1.** На рисунке представлен график зависимости абсолютной температуры  $T$  воды массой  $m$  от времени  $t$  при осуществлении теплопередачи с постоянной мощностью  $P$ . В момент времени  $t = 0$  вода находилась в твердом состоянии.



Установите соответствие между физическими величинами и выражениями для их вычисления.

|   |  |
|---|--|
| <p>А) удельная теплоемкость воды<br/>Б) удельная теплота плавления льда</p> | <p>1) <math>\frac{P\Delta t_5}{m\Delta T_3}</math><br/>2) <math>\frac{P\Delta t_2}{m}</math><br/>3) <math>\frac{P\Delta t_3}{m\Delta T_2}</math><br/>4) <math>\frac{P\Delta t_4}{m}</math></p> |
|---|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

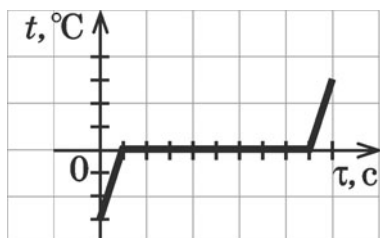
Ответ:

**9.2.** При плавлении олова плотность жидкого олова оказывается меньше, чем плотность твердого. Выберите два верных утверждения о молекулярном строении вещества в кристаллическом и жидком состояниях. В ходе плавления

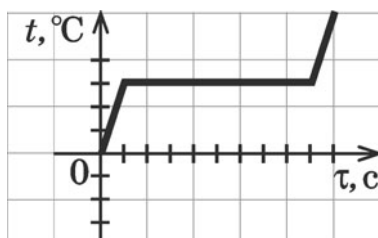
- 1) уменьшается размер атомов
- 2) увеличивается объем вещества
- 3) происходит разрушение кристаллической решетки
- 4) изменяется химический состав вещества
- 5) увеличивается средняя кинетическая энергия молекул

Ответ: \_\_\_\_\_.

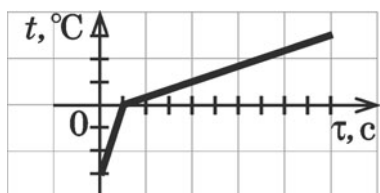
**9.3.** На каком из графиков правильно изображена зависимость температуры от времени в сосуде, который наполнен льдом и поставлен на горелку? Удельная теплоемкость воды больше удельной теплоемкости льда. Мощность горелки считать постоянной.



1)



2)



3)



4)

Ответ: \_\_\_\_\_.



**9.4.** В таблице указаны результаты измерения температуры твердого кристаллического вещества с температурой плавления  $220^\circ\text{C}$  спустя время  $t$  после начала равномерного нагревания его на электроплитке. Ошибка в измерении температуры  $1^\circ\text{C}$ .

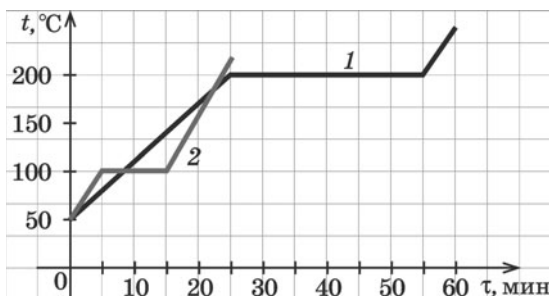
|                        |    |     |     |     |
|------------------------|----|-----|-----|-----|
| $t$ , мин              | 5  | 10  | 15  | 20  |
| $t$ , $^\circ\text{C}$ | 48 | 100 | 145 | 190 |

Выберите два верных утверждения.

В сосуде при сохранении условий нагревания

- 1) через 15 минут от начала нагревания находится твердое вещество, через 30 минут — также твердое
- 2) температура через 30 минут достигнет температуры плавления
- 3) через 15 минут — в сосуде твердое вещество, через 30 минут — полностью жидкое
- 4) через 15 минут — твердое тело, через 30 минут — смесь жидкого и твердого вещества
- 5) через 15 минут — смесь жидкого и твердого вещества, через 30 минут полностью жидкое вещество

**9.5.** На графике показаны кривые нагревания двух твердых веществ одинаковой массы при постоянной мощности подводимого тепла. Чему равно отношение удельной теплоты плавления первого вещества к удельной теплоте плавления второго?



Ответ: \_\_\_\_\_.

**9.6.** При отводе от вещества массой  $m$  в жидком состоянии количества теплоты  $Q$  при постоянной температуре  $T_1$  оно полностью переходит из жидкого состояния в твердое. При отводе еще количества вещества  $Q$  дополнительно оно достигает температуры  $T_2$ . Установите соответствие между физическими величинами и выражениями для их вычисления.

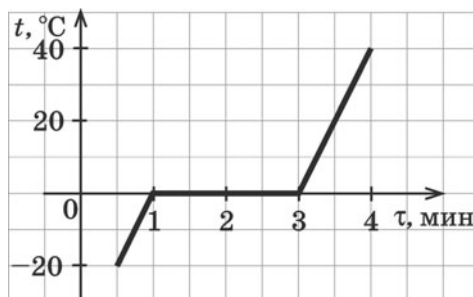
|   |   |
|---|---|
| А) удельная теплота плавления вещества<br>Б) удельная теплоемкость вещества в твердом состоянии | 1) $\frac{Q}{T_1 - T_2}$<br>2) $\frac{Q}{m(T_1 - T_2)}$<br>3) $\frac{Q}{m}$<br>4) $\frac{Q}{T_1}$ |
|---|---|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

### Задания, требующие развернутого ответа

**9.7.** На рисунке представлен график изменения температуры вещества в калориметре с течением времени. Теплоемкостью калориметра и тепловыми потерями можно пренебречь и считать, что подводимая к сосуду мощность



постоянна. Рассчитайте удельную теплоемкость вещества в жидком состоянии. Удельная теплота плавления вещества равна  $\lambda = 100$  кДж/кг. В начальный момент времени вещество находилось в твердом состоянии.

- 9.8.** В медный стакан калориметра массой  $m_{\text{кал}} = 0,2$  кг, содержащий теплую воду массой  $m_{\text{теп.в}} = 0,2$  кг, опустили кусок льда, имеющий температуру  $t_{\text{хол.в}} = 0$  °С. Начальная температура калориметра с водой  $t_{\text{теп.в}} = 30$  °С. В момент времени, когда весь лед растаял, температура воды и калориметра стала равной  $t_{\text{смеси}} = 5$  °С. Рассчитайте массу льда. Удельная теплоемкость меди  $c_{\text{меди}} = 390$  Дж/(кг · К), удельная теплоемкость воды  $c_{\text{воды}} = 4200$  Дж/(кг · К), удельная теплота плавления льда  $\lambda_{\text{льда}} = 3,35 \cdot 10^5$  Дж/кг. Потери тепла калориметром считать пренебрежимо малыми.

## Испарение, кипение и конденсация. Насыщенный пар

### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 9.9.** Установите соответствие между названием процесса и описанием изменения энергии молекул в нем.

|              |  |
|--------------|--|
| А) плавление | 1) кинетическая энергия молекул увеличивается            |
| Б) кипение   | 2) кинетическая энергия молекул уменьшается              |
|              | 3) энергия взаимодействия молекул вещества увеличивается |
|              | 4) энергия взаимодействия молекул уменьшается            |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

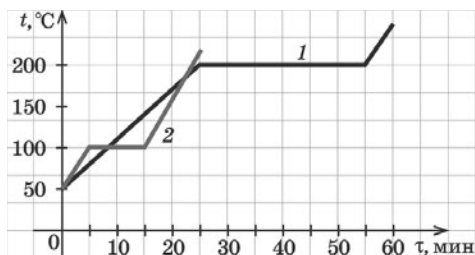
- 9.10.** Выберите два верных утверждения о процессах, происходящих при испарении жидкости.

- 1) Жидкость испаряется только при температуре кипения.
- 2) Жидкость испаряется при любой температуре.

- 3) Скорость испарения зависит только от площади поверхности жидкости.
- 4) Все жидкости в одинаковых условиях испаряются с одинаковой скоростью.
- 5) Испарение лужи при заданной температуре зависит от скорости ветра над ней.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 9.11. На рисунке показаны кривые нагревания двух веществ, которые в начале нагревания находятся в жидком состоянии. Мощность нагревателя и его КПД можно считать постоянными. Чему равно отношение температур кипения первого вещества к температуре кипения второго?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 9.12. При передаче жидкому веществу массой  $m$  количества теплоты, равного  $Q$ , температура тела сохранялась равной  $T$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами для их вычисления.

|  |                   |
|--|-------------------|
| А) удельная теплота парообразования жидкости | 1) $\frac{Q}{m}$  |
| Б) удельная теплота конденсации жидкости     | 2) $\frac{Q}{T}$  |
|  | 3) $\frac{Q}{mT}$ |
|  | 4) $QmT$          |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**9.13.** При нагревании воды на большой высоте над уровнем моря она закипает при более низкой температуре, чем на земной поверхности на уровне моря. Выберите два верных утверждения, объясняющих это явление.

- 1) При кипении давление насыщенного водяного пара в пузырьках равно атмосферному давлению.
- 2) На большей высоте на воду действует меньшая сила тяжести.
- 3) На большей высоте внутренняя энергия воды больше, чем на земной поверхности.
- 4) При уменьшении давления воздуха над жидкостью жидкость с ее поверхности испаряется более интенсивно.
- 5) Давление атмосферы убывает с высотой.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**9.14.** Температура в долине  $20^{\circ}\text{C}$ , в горах  $10^{\circ}\text{C}$ . Атмосферное давление в долине 760 мм. рт. ст., в горах 533 мм. рт. ст. При какой температуре закипит вода в горах, если ее греть в открытом сосуде? Для ответа воспользуйтесь таблицей на с. 97. Ответ округлите до целых.

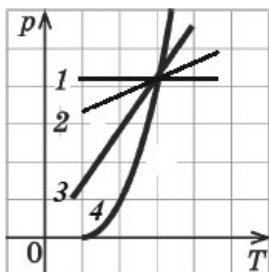
Ответ: \_\_\_\_\_ $^{\circ}\text{C}$ .

**9.15.** Выберите два верных утверждения, описывающих эксперимент по измерению давления в сосуде с подвижным герметичным поршнем, если в сосуде находится только вода и ее пары. Молекулы воздуха отсутствуют.

- 1) При движении поршня внутрь сосуда и постоянной температуре давление пара в сосуде остается неизменным.
- 2) При движении поршня от дна сосуда и постоянной температуре масса жидкой воды в сосуде остается неизменной.
- 3) При медленном движении поршня внутрь сосуда число молекул, вылетающих из воды под поршень, всегда больше числа молекул, переходящих из пара в жидкость.

- 4) При неподвижном поршне и охлаждении сосуда давление пара в нем падает пропорционально абсолютной температуре.
- 5) При нагревании сосуда от  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  при неподвижном поршне давление в сосуде растёт более чем в 2,5 раза.

**9.16.** Какой из графиков правильно показывает зависимость давления ненасыщенного пара от абсолютной температуры?



Ответ: \_\_\_\_\_.

**9.17.** В закрытом сосуде вместимостью 1 л при температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  находятся в равновесии пары воды и капля воды. Чему равна масса паров воды в сосуде, если давление насыщенных паров воды при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  равно  $100\text{ кПа}$ ? Ответ округлить до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ г.

### Влажность воздуха

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

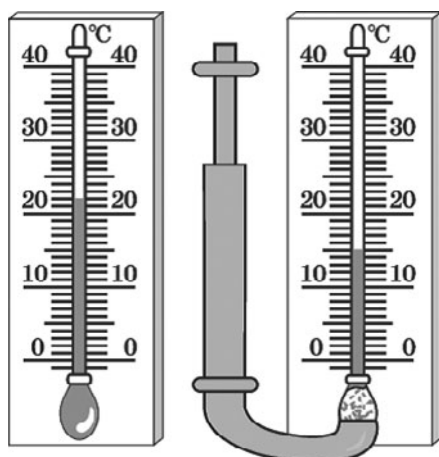
**9.18.** Выберите два верных утверждения о влиянии влажности на физиологию человека.

- 1) Человек при высокой влажности чувствует дискомфорт, потому что концентрация кислорода в воздухе значительно снижается.

- 2) Человек легче переносит высокую температуру воздуха при низкой влажности, потому что при этом облегчается испарение жидкости с поверхности тела.
- 3) Человек легче переносит высокую температуру воздуха при низкой влажности, потому что при этом затрудняется испарение жидкости с поверхности тела.
- 4) При пребывании человека в воздухе с высокой влажностью у него повышается температура крови.
- 5) В сауне с температурой воздуха  $90^{\circ}\text{C}$  температура тела человека достигает  $50^{\circ}\text{C}$ , и это оказывает оздоравливающее действие на организм человека.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 9.19.** На рисунке приведены шкалы сухого и влажного термометров психрометра и фрагмент психрометрической таблицы. Определите по этим данным влажность воздуха в комнате.



| $t$ сух.<br>терм. | Разность показаний сухого и влажного термометров |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|
| °C                | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 15                | 100  | 90 | 80 | 71 | 61 | 52 | 44 | 36 | 27 |
| 16                | 100  | 90 | 81 | 71 | 62 | 54 | 45 | 37 | 30 |
| 17                | 100  | 90 | 81 | 72 | 64 | 55 | 47 | 39 | 32 |
| 18                | 100  | 91 | 82 | 73 | 64 | 56 | 48 | 41 | 34 |
| 19                | 100  | 91 | 82 | 74 | 65 | 58 | 50 | 43 | 35 |
| 20                | 100  | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 51 | 44 | 37 |
| 21                | 100  | 91 | 83 | 75 | 67 | 60 | 52 | 46 | 39 |
| 22                | 100  | 92 | 83 | 76 | 68 | 61 | 54 | 47 | 40 |
| 23                | 100  | 92 | 84 | 76 | 69 | 61 | 55 | 48 | 42 |
| 24                | 100  | 92 | 84 | 77 | 69 | 62 | 56 | 49 | 43 |
| 25                | 100  | 92 | 84 | 77 | 70 | 63 | 57 | 50 | 44 |

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

**9.20.** Парциальное давление паров воды в воздухе комнаты равно  $p_1$ . Атмосферное давление в комнате равно  $p_2$ . Давление насыщенных паров воды при температуре, равной комнатной, равно  $p_3$ .

Поставьте в соответствие физическую величину и выражение для ее вычисления.

|  |                      |
|--|----------------------|
| А) влажность воздуха в комнате                   | 1) $p_2 - p_1$       |
| Б) парциальное давление сухого воздуха в комнате | 2) $\frac{p_1}{p_2}$ |
|  | 3) $\frac{p_1}{p_3}$ |
|  | 4) $p_2 - p_3$       |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:



**9.21.** В сосуде с подвижным поршнем находился воздух с влажностью 40%. Поршень опустили так, что объем воздуха уменьшился в 3 раза, и дали сосуду вновь прийти в тепловое равновесие с окружающим воздухом. Поставьте в соответствие физическую величину, описывающую воздух в сосуде, и характер ее изменения при переходе этого воздуха из начального в конечное состояние.

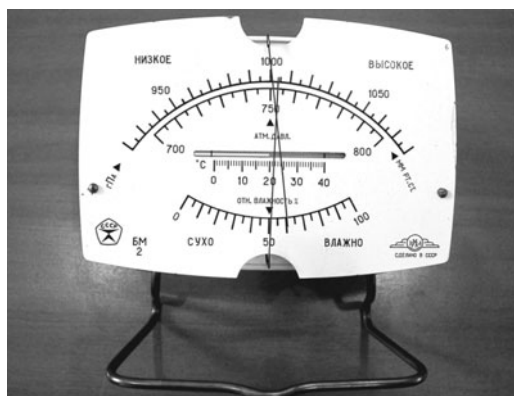
|  |                  |
|--|------------------|
| А) масса паров воды в воздухе                | 1) увеличивается |
| Б) парциальное давление паров воды в воздухе | 2) уменьшается   |
|  | 3) не изменяется |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

### Задания, требующие развернутого ответа

**9.22.** На рисунке приведен универсальный прибор для измерения параметров атмосферы. Воспользуйтесь приведенной ниже таблицей зависимости давления насыщенного пара воды от температуры и определите содержание паров в кубическом метре воздуха.



**Давление насыщенного водяного пара  
при различных значениях температуры**

| $t, ^\circ\text{C}$ | $p_{\text{н}}, \text{кПа}$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $p_{\text{н}}, \text{кПа}$ |
|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|
| 6                   | 0,933                      | 17                  | 1,933                      |
| 7                   | 1,000                      | 18                  | 2,066                      |
| 8                   | 1,006                      | 19                  | 2,199                      |
| 9                   | 1,146                      | 20                  | 2,333                      |
| 10                  | 1,226                      | 21                  | 2,493                      |
| 11                  | 1,306                      | 22                  | 2,639                      |
| 12                  | 1,399                      | 23                  | 2,813                      |
| 13                  | 1,492                      | 24                  | 2,986                      |
| 14                  | 1,599                      | 25                  | 3,173                      |
| 15                  | 1,706                      | 50                  | 12,6                       |
| 16                  | 1,813                      | 90                  | 70,1                       |

## Раздел III. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

### Тема 10. ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ И ЕГО НАПРЯЖЕННОСТЬ

#### Электризация. Проводники и диэлектрики. Закон сохранения заряда

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

**10.1.** Пластмассовую линейку трут о шерсть. Поставьте в соответствие результат электризации и его объяснение с точки зрения электронного строения вещества.

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| А) шерсть заряжается положительно  | 1) электроны переходят с шерсти на линейку |
| Б) линейка заряжается отрицательно | 2) электроны переходят с линейки на шерсть |
|                                    | 3) протоны переходят с шерсти на линейку   |
|                                    | 4) протоны переходят с линейки на шерсть   |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

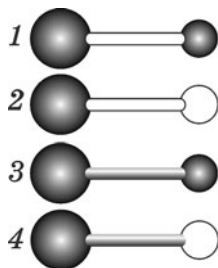
**10.2.** Незаряженную алюминиевую спицу заряжают отрицательным зарядом, касаясь пластмассовой линейкой, потертой о шерсть. Что при этом происходит с числом электронов, протонов и атомов алюминия на спице?

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.

| Число электронов | Число протонов |
|------------------|----------------|
|                  |                |

- 10.3.** Проводят четыре опыта (рис.), соединя большой металлический шар с малыми металлическими (черные) и пластиковыми (светлые) шариками. В первых двух опытах соединение осуществляют тонкими пластиковыми стержнями, в 3-м и 4-м опытах — металлическими того же диаметра. Укажите номер опыта, в котором заряд большого шара изменится сильнее, если его исходный заряд одинаков во всех четырех опытах.



Ответ: \_\_\_\_\_.

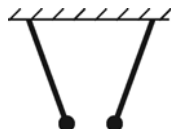
- 10.4.** Установите соответствие между историческими опытами и учеными, получившими за их проведение Нобелевскую премию.

| ОПЫТЫ   | УЧЕНЫЕ  |
|---|---|
| А) доказано, что все вещества содержат универсальную отрицательно заряженную частицу — электрон | 1) Дж. Дж. Томсон<br>2) Э. Резерфорд<br>3) Р. Милликен<br>4) М. Фарадей |
| Б) измерен минимальный заряд, который может переноситься с тела на тело, — заряд электрона      |   |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 10.5.** На тонких шелковых нитях подвешены два маленьких одинаковых шарика (рис.). Выберите два верных утверждения, которые можно сделать, анализируя рисунок.



- 1) Заряды шариков обязательно равны по модулю.
- 2) Силы, действующие на каждый из шариков, обязательно равны по модулю.
- 3) Заряды обоих шариков обязательно положительны.
- 4) Заряды обоих шариков обязательно отрицательны.
- 5) Заряды шариков имеют разные знаки.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10.6.** Незаряженная цинковая пластина потеряла 10 000 электронов. Чему равен заряд пластины в пикокулонах?

Ответ: \_\_\_\_\_ пКл.

- 10.7.** От первой заряженной капли с зарядом  $+e$  отрывается капля с зарядом  $+2e$ , от второй капли с таким же зарядом отрывается капля с зарядом  $-2e$ . Укажите, что происходит с модулем заряда первой и второй капель при этих процессах:

- 1) увеличивается    2) уменьшается    3) не изменяется

| Модуль заряда первой капли | Модуль заряда второй капли |
|----------------------------|----------------------------|
|                            |                            |

- 10.8.** На двух одинаковых металлических шарах находятся положительный заряд  $+Q$  и отрицательный заряд  $-5Q$ . Каким станет заряд на первом и втором шарах после соприкосновения шаров?

|                   |          |
|-------------------|----------|
| А) на первом шаре | 1) $-4Q$ |
| Б) на втором шаре | 2) $+6Q$ |
|                   | 3) $-2Q$ |
|                   | 4) $+3Q$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**10.9.** Из пылинки радиоактивного вещества вылетает  $10^6$  альфа-частиц  $He^{2+}$ . Каким становится заряд частицы?

Ответ: \_\_\_\_\_ пКл.

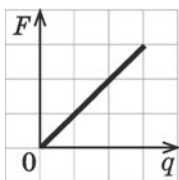
**10.10.** Выберите два верных утверждения, отражающих закон Кулона.

Модуль силы взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов

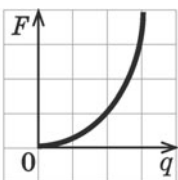
- 1) прямо пропорционален расстоянию между зарядами
- 2) прямо пропорционален произведению модулю зарядов
- 3) обратно пропорционален расстоянию между зарядами
- 4) обратно пропорционален модулю каждого из зарядов
- 5) обратно пропорционален квадрату расстояния между зарядами

Ответ: \_\_\_\_\_.

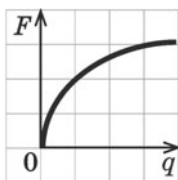
**10.11.** Какой из графиков соответствует зависимости модуля силы взаимодействия  $F$  двух неподвижных точечных зарядов от модуля одного из зарядов  $q$  при неизменном расстоянии между ними? Модуль второго заряда в каждый момент времени равен модулю первого заряда.



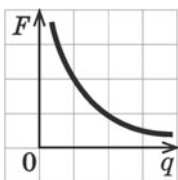
1)



2)



3)



4)

Ответ: \_\_\_\_\_.

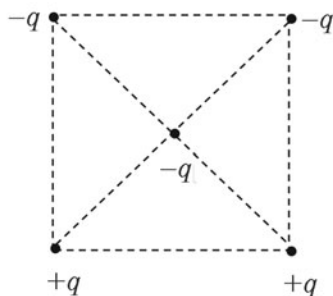
**10.12.** Расстояние между двумя зарядами в одном случае в 4 раза меньше, чем во втором. Чему равно отношение модулей сил взаимодействия зарядов  $F_1/F_2$  в первом и втором случаях?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10.13.** С какой силой взаимодействуют два маленьких заряженных шарика, находящихся в вакууме на расстоянии 9 см друг от друга? Заряд каждого шарика равен  $3 \cdot 10^{-6}$  Кл.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

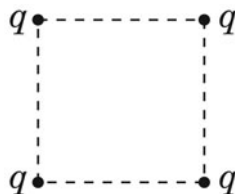
- 10.14.** Куда направлена (*вправо-влево-вверх-вниз*) сила воздействия четырех зарядов в вершинах квадрата на отрицательный заряд, расположенный в центре квадрата?



Ответ: \_\_\_\_\_.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 10.15.** Четыре одинаковых заряда  $q$  расположены на плоскости в вершинах квадрата и удерживаются в равновесии связывающими их, не проводящими ток нитями. Натяжение нитей  $T = 7,6 \cdot 10^{-3}$  Н. Чему равна сила  $F_0$ , действующая на каждый из зарядов со стороны двух ближайших зарядов?

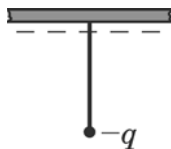


### Электрическое поле различных источников и его напряженность. Принцип суперпозиции. Поляризация

- 10.16.** Сила, действующая в поле на заряд в  $4 \cdot 10^{-5}$  Кл, равна 20 Н. Чему равна напряженность поля в этой точке?

Ответ: \_\_\_\_\_ В/м.

- 10.17. К бесконечной горизонтальной отрицательно заряженной плоскости привязана невесомая нить с шариком, имеющим отрицательный заряд —  $q$  (рис.). Шарик покоится,  $mg$  — модуль силы тяжести,  $T$  — модуль силы натяжения нити. Выберите выражение для вычисления силы воздействия электрического поля на шарик и напряженности поля в точке расположения центра шарика.



|  |                   |
|--|-------------------|
| А) модуль силы воздействия поля пластины на шарик        | 1) $T - mg$       |
| Б) модуль напряженности поля в точке расположения шарика | 2) $T + mg$       |
|  | 3) $(T + mg) / q$ |
|  | 4) $(T + mg)q$    |
|  | 5) $(T - mg) / q$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

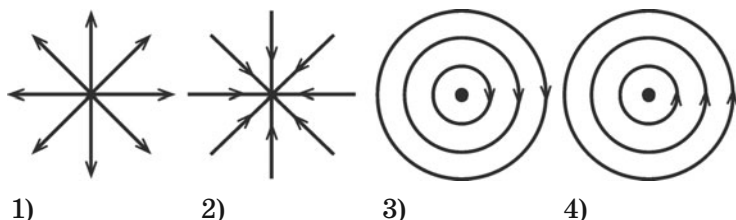
- 10.18. Выберите два верных утверждения, характеризующих силовые линии электрического поля.

- 1) Если поместить в электрическое поле положительный заряд, то он всегда будет двигаться вдоль силовой линии.
- 2) Если поместить в электрическое поле отрицательный заряд, то он всегда будет двигаться в направлении силовой линии.
- 3) При большой напряженности поля в воздухе проскакивает искра, контур которой совпадает с направлением силовой линии.
- 4) В каждой точке силовой линии вектор напряженности поля направлен по касательной.
- 5) В точках пространства с большей напряженностью поля силовые линии идут ближе друг к другу.

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 10.19.** На каком рисунке правильно изображена картина линий напряженности электростатического поля точечного отрицательного заряда?

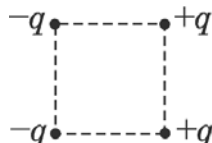


Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10.20.** Расстояние от точечного заряда до точки  $A$  в 5 раз меньше, чем до точки  $B$ . Чему равно отношение модулей напряженности поля  $E_A/E_B$  в этих точках?

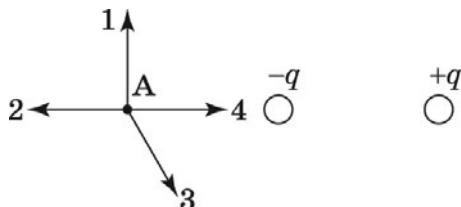
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10.21.** Как направлен (*вправо — влево — вверх — вниз — по диагонали*) вектор напряженности электрического поля, создаваемого четырьмя зарядами в центре квадрата (рис.)?



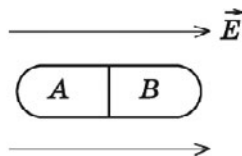
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10.22.** На рисунке представлено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов  $-q$  и  $+q$ . Какая из стрелок соответствует направлению вектора напряженности электрического поля этих зарядов в точке  $A$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_.

**10.23.** В однородное электростатическое поле вносят сложенное составное тело со шлифованными торцами (рис.) и разделяют его надвое, отодвигая половинку  $B$  от половинки  $A$  в поле. Обе половинки тела из одного и того же материала.



Установите соответствие между материалом, из которого сделаны половинки составного тела, и зарядами половинок после разделения тела надвое.

|                    |  |
|--------------------|--|
| А) медное тело     | 1) $A$ заряжено положительно, $B$ — отрицательно       |
| Б) стеклянное тело | 2) $A$ заряжено отрицательно, $B$ — положительно       |
|                    | 3) $A$ и $B$ заряжены положительно                     |
|                    | 4) $A$ и $B$ заряжены отрицательно                     |
|                    | 5) заряды и половинки $A$ , и половинки $B$ равны нулю |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**10.24.** Легкий незаряженный шарик из металлической фольги подвешен на тонкой шелковой нити. К шарiku поднесли (без прикосновения) сначала стержень с положительным электрическим зарядом, а затем стержень с отрицательным зарядом.

Установите соответствие между зарядом подносимого стержня и поведением шарика.

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| А) стержень с положительным зарядом | 1) шарик притягивается к стержню                      |
| Б) стержень с отрицательным зарядом | 2) шарик отталкивается от стержня                     |
|                                     | 3) шарик не испытывает ни притяжения, ни отталкивания |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**10.25.** К незаряженной металлической сфере с центром в точке  $O$  подносят точечный заряд  $q$ . Выберите два верных утверждения о происходящих явлениях.

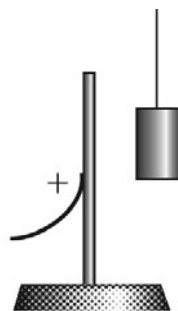
- 1) Происходит поляризация сферы.
- 2) Напряженность поля в центре сферы равна напряженности точечного заряда  $q$  в точке  $O$ .
- 3) Напряженность поля в точке  $O$  равна напряженности поля зарядов, наведенных на поверхности сферы.
- 4) Напряженность поля в точке  $O$  равна векторной сумме напряженностей полей точечного заряда  $q$  и наведенных на поверхности сферы зарядов.
- 5) Напряженность поля в точке  $O$  равна векторной разности напряженностей полей точечного заряда  $q$  и наведенных на ее поверхности зарядов.

Ответ:

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

### Задания, требующие развернутого ответа

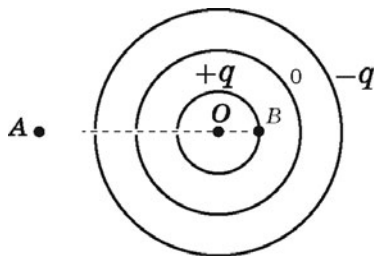
**10.26.** Около небольшой металлической пластины, укрепленной на изолирующей подставке, подвесили на шелковой нити легкую металлическую незаряженную гильзу. Когда пластину подсоединили к клемме высоковольтного выпрямителя, подав на нее положительный заряд, гильза пришла в движение. Как будет двигаться гильза? В ответе укажите физические явления и законы, на основании которых происходит описываемое движение.



**10.27.** Шарик массой  $m = 0,2$  г подвешен на шелковой нити длиной  $L = 15$  см. Шарик имеет положительный заряд  $q = +10^{-7}$  Кл и находится в однородном электрическом

поле напряженностью  $E = 10^4$  В/м, направленной вертикально вниз. Каков период малых колебаний шарика?

- 10.28.** Две непроводящие вертикально расположенные параллельные заряженные пластины находятся на расстоянии  $d = 10$  см друг от друга. Напряженность поля между ними  $E = 10^5$  В/м. Между пластинами на равном расстоянии от них помещен шарик, имеющий заряд  $q = 10^{-6}$  Кл и массу  $m = 40$  г. После того как шарик отпустили, он начал падать. Через какое время  $\Delta t$  шарик ударится об одну из пластин?
- 10.29.** Горизонтально расположенная, положительно заряженная пластина создает однородное электрическое поле, направленное вертикально вверх, напряженностью  $E = 10^5$  В/м. На нее с высоты  $h = 10$  см падает шарик массой  $m = 40$  г, имеющий отрицательный заряд  $q = -10^{-6}$  Кл и начальную скорость  $v_0 = 2$  м/с, направленную вертикально вниз. Какую энергию шарик передаст пластине при абсолютно неупругом ударе?
- 10.30.** Три концентрические равномерно заряженные сферы радиусом 10, 20, 30 см несут заряд  $+q$ , 0 и  $-q$  соответственно. В каждой из них имеется по одному малому отверстию, причем они расположены на одной прямой, проходящей через центр сфер  $O$ , перпендикулярно их поверхностям. Вдоль этой линии из точки  $A$ , расположенной на расстоянии 40 см от центра сферы, летит



электрон, пролетает сквозь все отверстия и оседает на стенке в точке  $B$ . Какова суммарная длина отрезка, на которой меняется скорость электрона при полете от  $A$  до  $B$ ? Ответ обоснуйте.

## Тема 11. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ. ПЛОСКИЙ КОНДЕНСАТОР

**Потенциальность электростатического поля.  
Разность потенциалов. Потенциал**

**Задания на получение числового ответа  
и установление соответствия**

- 11.1.** Выберите два верных утверждения, характеризующих электростатическое поле.

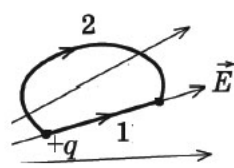
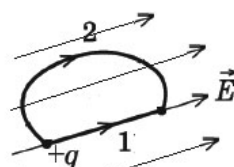
Работа сил электростатического поля при перемещении заряда из точки  $A$  в точку  $B$

- 1) не зависит от формы траектории
- 2) зависит от формы траектории
- 3) равна нулю, если заряд движется по замкнутому контуру, а точки  $A$  и  $B$  совпадают
- 4) зависит от формы замкнутого контура, если заряд движется по замкнутому контуру, а точки  $A$  и  $B$  совпадают
- 5) всегда положительна, если заряд положительный, и всегда отрицательна, если заряд отрицательный

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 11.2.** Положительный пробный заряд перемещается из точки  $A$  в точку  $B$  в разных электростатических полях по траекториям 1 и 2 (рис.).

Подберите верное утверждение о соотношении работы поля при перемещении по траектории 1 и 2 в каждом из двух полей.

|   |  |
|---|--|
| <p>А) </p> <p>Б) </p> | <p>1) <math>A_1 &gt; A_2</math><br/>                 2) <math>A_1 &lt; A_2</math><br/>                 3) <math>A_1 = A_2 \neq 0</math><br/>                 4) <math>A_1 = A_2 = 0</math></p> |
|---|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 11.3. Пробный заряд  $q$  перемещается из точки А в однородном электростатическом поле с напряженностью  $E$  на расстояние  $d$  в разных направлениях. Выберите выражение для вычисления работы поля в двух случаях.

|  |                       |
|--|-----------------------|
| А) перемещение происходит вдоль линий напряженности поля                       | 1) $Eqd$<br>2) $Eq/d$ |
| Б) перемещение происходит перпендикулярно направлению линий напряженности поля | 3) $Ed/q$<br>4) 0     |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 11.4. В однородном электростатическом поле заряд перемещается по прямой  $ABC$  ( $AB = BC$ ). Работа, совершенная полем на участке  $AB$ , равна 100 Дж. Чему равна работа на участке  $BC$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 11.5. Разность потенциалов между точками  $A$  и  $B$  равна 10 В, а между точками  $C$  и  $D$  равна 30 В. Чему равно отношение абсолютной величины работы по перемещению заряда из точки  $C$  в точку  $D$  к абсолютной величине работы по перемещению из точки  $A$  в точку  $B$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 11.6. Разность потенциалов между точками, расположенными на одной силовой линии однородного электрического поля, напряженность которого 50 В/м, равна 10 В. Чему равно расстояние между этими точками?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 11.7. На рисунке показаны три точки  $A$ ,  $B$  и  $C$  однородного поля. Выберите два верных утверждения о соотношении потенциалов в точках  $A$ ,  $B$  и  $C$ .

1)  $\varphi_A > \varphi_B$

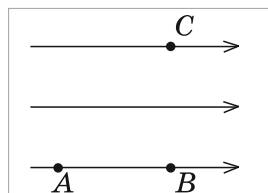
2)  $\varphi_A = \varphi_B$

3)  $\varphi_A < \varphi_B$

4)  $\varphi_C > \varphi_B$

5)  $\varphi_C = \varphi_B$

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 11.8. Электрон и протон перемещаются из точки поля с большим потенциалом в точку поля с меньшим потенциалом. Что происходит с кинетической энергией частиц?

1) убывает

2) возрастает

3) не меняется

| Кинетическая энергия электрона | Кинетическая энергия протона |
|--------------------------------|------------------------------|
|                                |                              |

- 11.9. Металлический шар радиусом  $R$  находится в однородном поле  $\vec{E}_0$ . Точки  $A$  и  $B$  находятся внутри шара на диаметре, параллельном линии напряженности этого поля. Расстояние между точками  $R$ . Модуль напряженности поля в точке  $A$  равен  $E_A$ , потенциал в точке  $A$  равен  $\varphi_A$ .

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими поле в точке  $B$ , и выражениями для их вычисления.

|                                   |                        |
|-----------------------------------|------------------------|
| А) напряженность поля в точке $B$ | 1) $E_0 + E_A$         |
| Б) потенциал поля в точке $B$     | 2) $E_0$               |
|                                   | 3) $E_A$               |
|                                   | 4) $\varphi_A$         |
|                                   | 5) $\varphi_A + E_0 R$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

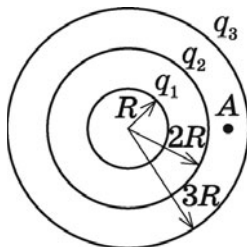
Ответ:

- 11.10.** Незаряженная проводящая сфера радиусом  $R = 20$  см находится в поле точечного заряда  $q = 10^{-8}$  Кл, расположенного на расстоянии  $r = 50$  см от центра сферы. Чему равен потенциал поля в центре сферы? Ответ округлить до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ В.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 11.11.** Точечный заряд  $q$  создает на расстоянии  $R$  от него электрическое поле с потенциалом  $\varphi_1 = 100$  В. Три концентрические сферы радиусами  $R_1 = R$ ,  $R_2 = 2R$  и  $R_3 = 3R$  имеют равномерно распределенные по их поверхностям заряды  $q_1 = +2q$ ,  $q_2 = +q$  и  $q_3 = +q$  соответственно (рис.). Каков потенциал поля в точке  $A$ , отстоящей от центра сфер на расстоянии  $R_4 = 2,5R$ ?





## Плоский конденсатор

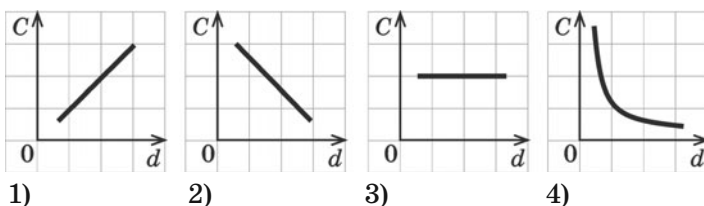
### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

**11.12.** Выберите два верных утверждения о емкости плоского воздушного конденсатора.

- 1) Емкость равна объему пространства между пластинами.
- 2) Емкость увеличивается с ростом площади пластин и расстояния между ними.
- 3) Емкость увеличивается с ростом площади пластин.
- 4) Емкость равна отношению модуля заряда на одной из пластин к разности потенциалов между пластинами.
- 5) Емкость — это отношение заряда на пластинах конденсатора к объему пластин.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**11.13.** На каком из рисунков представлена правильная зависимость емкости конденсатора от расстояния между пластинами?



Ответ: \_\_\_\_\_.

**11.14.** Емкость плоского конденсатора  $0,1 \text{ пФ}$ . Разность потенциалов между пластинами увеличили в 3 раза. Какой стала емкость конденсатора?

Ответ: \_\_\_\_\_ пФ.

**11.15.** Чему равна электроемкость плоского конденсатора с квадратными пластинами со стороной  $10 \text{ см}$ , расположенными на расстоянии  $0,885 \text{ мм}$  друг от друга, в воздухе? Ответ округлить до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ пФ.

- 11.16.** Конденсатор заряжают, присоединив его к клеммам источника тока, и отсоединяют его от источника. Затем вставляют между пластинами плоскую стеклянную пластину, полностью заполняющую пространство между пластинами.

Как изменятся заряд конденсатора и напряженность электрического поля в точке пространства в центре между пластинами конденсатора после внесения пластины?

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| А) заряд конденсатора | 1) увеличится   |
| Б) напряженность поля | 2) уменьшится   |
|                       | 3) не изменится |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 11.17.** Две одинаковые по форме плоские параллельные пластинки изготовлены из разных материалов и помещены в однородное поле плоского конденсатора. Напряженность поля перпендикулярна их плоскостям. Диэлектрическая проницаемость материала у первой пластины в 2 раза больше, чем у второй. Чему равно отношение модулей напряженности поля в первой и второй пластинах?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 11.18.** Между пластинами заряженного плоского конденсатора вводят диэлектрическую пластину, полностью заполняющую пространство между пластинами. Как при этом изменятся следующие величины: заряд на пластинах конденсатора; разность потенциалов между пластинами?

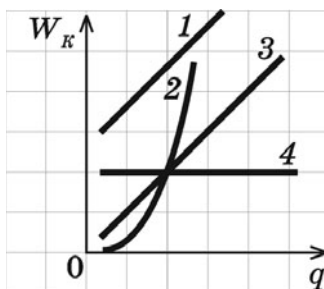
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

| Заряд на пластинах конденсатора | Разность потенциалов между пластинами |
|---------------------------------|---------------------------------------|
|                                 |                                       |

- 11.19. Какая из приведенных кривых отражает зависимость энергии плоского конденсатора от заряда на его пластине при неизменной емкости конденсатора?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 11.20. На первом этапе эксперимента плоский воздушный конденсатор зарядили и отключили от источника тока. На втором этапе раздвинули пластины этого заряженного конденсатора так, что расстояние между пластинами возросло в 3 раза. Каково отношение энергии заряженного конденсатора после окончания второго этапа к энергии конденсатора к концу второго этапа?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 11.21. Заряженный до разности потенциалов 100 В конденсатор электроемкостью 1000 мкФ разряжают на резистор, опущенный в воду массой 10 г. На сколько гра-

дусов нагреется вода, если ее удельная теплоемкость  $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ ? Теплообменом воды с внешней средой пренебречь, ответ округлить до одной десятой.

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 11.22.** Раздвигают пластины плоского воздушного конденсатора, присоединенного к клеммам источника тока. Что при этом происходит с модулем заряда на пластинах конденсатора и с энергией конденсатора?

|  |  |
|--|--|
| <p>А) модуль заряда на пластинах<br/>Б) энергия конденсатора</p> | <p>1) увеличится<br/>2) уменьшится<br/>3) не изменится</p> |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

### Задания, требующие развернутого ответа

- 11.23.** Конденсатор, электрическая емкость которого  $C_1 = 5 \text{ мкФ}$ , заряжен так, что разность потенциалов между его пластинами  $U_1 = 100 \text{ В}$ . Вторым конденсатор, электрическая емкость которого  $C_2 = 10 \text{ мкФ}$ , имеет разность потенциалов между пластинами  $U_2 = 50 \text{ В}$ . Одноименно заряженные пластины конденсаторов попарно соединили проводниками. Чему равен модуль разности потенциалов  $U$  между пластинами каждого конденсатора?
- 11.24.** Конденсаторы, электрическая емкость которых  $C_1 = 4 \text{ мкФ}$  и  $C_2 = 8 \text{ мкФ}$ , заряжают до напряжения  $3 \text{ В}$  каждый, а затем «плюс» одного из них подключают к «минусу» другого и соединяют свободные выводы резистором сопротивлением  $1000 \text{ Ом}$ . Какое количество теплоты выделится в резисторе?

## Тема 12. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

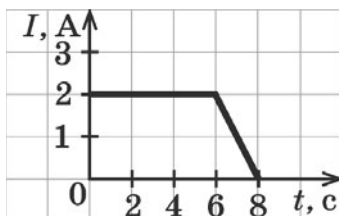
### Сила тока. Напряжение. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 12.1. Время разряда молнии равно 3 мс. Сила тока в канале молнии около  $3 \cdot 10^4$  А. Какой заряд проходит по каналу молнии?

Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

- 12.2. На рисунке показана зависимость силы тока в проводнике от времени. Какой заряд прошел по проводу за 8 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

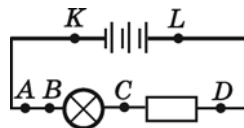
- 12.3. Какое из выражений является определением силы тока, а какое законом, отражающим зависимость силы тока от других физических величин?

|  |  |
|--|--|
| <p>А) определение силы тока</p> <p>Б) закон Ома для участка цепи</p> | <p>1) <math>I = \sqrt{\frac{Q}{Rt}}</math></p> <p>2) <math>I = \frac{\Delta q}{\Delta t}</math></p> <p>3) <math>I = \frac{F}{Bl}</math></p> <p>4) <math>I = \frac{U}{R}</math></p> |
|--|--|

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| А                        | Б                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ответ:

- 12.4. Поставьте в соответствие точки цепи, к которым подключается вольтметр для измерения напряжения на различных элементах цепи.



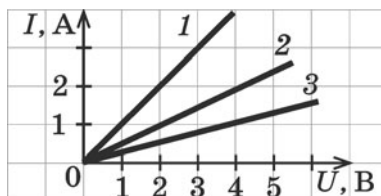
- А) для измерения напряжения на источнике тока  
Б) для измерения напряжения на резисторе

- 1) А и В  
2) В и С  
3) С и D  
4) К и L

| А | Б |
|---|---|
|   |   |

Ответ:

- 12.5. Какой из графиков, отражающих вольт-амперные характеристики трех резисторов, соответствует резистору с максимальным сопротивлением?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 12.6. В таблице приведены данные, которые ученица получила, исследуя зависимость силы тока от напряжения на концах проводника.

|         |     |     |     |     |     |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $U$ , В | 0,4 | 0,6 | 1,0 | 1,4 | 2,0 |
| $I$ , А | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 1,0 |

Выберите два верных утверждения, являющихся выводами, которые можно сделать на основании этой таблицы.

- 1) Сопротивление проводника по этим данным определить невозможно.
- 2) Сопротивление проводника меняется в зависимости от приложенного напряжения.

3) Сила тока прямо пропорциональна приложенному напряжению.

4) Сопротивление проводника равно 0,5 Ом.

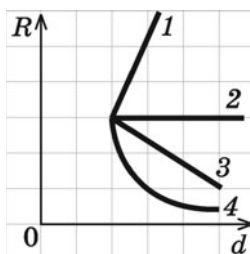
5) Сопротивление проводника равно 2 Ом.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**12.7.** Медная проволока имеет электрическое сопротивление 1,2 Ом. Чему равно электрическое сопротивление другой медной проволоки, у которой в 4 раза больше длина и в 6 раз больше площадь поперечного сечения?

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

**12.8.** Какой из графиков на рисунке правильно отражает зависимость электрического сопротивления длинного провода от его диаметра при постоянной температуре?



Ответ: \_\_\_\_\_.

**12.9.** Напряжение на концах проводника и его длину увеличивают в 3 раза. Какой станет сила тока через проводник, если до этих изменений она равнялась 6 А?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

**12.10.** При напряжении 2 В сила тока, идущего через металлический проводник длиной 2 м, равна 1 А. Какой будет сила тока через такой же проводник длиной 1 м при напряжении на нем 4 В?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

**12.11.** Лампочка с вольфрамовой нитью соединена последовательно с источником тока и реостатом. При движении ползунка реостата лампочка горит все ярче и

ярче. Выберите два верных утверждения, характеризующих изменения физических величин в этом процессе.

- 1) Температура нити лампы уменьшается.
- 2) Сила тока через нить лампы уменьшается.
- 3) Сопротивление нити лампы уменьшается.
- 4) Сила тока через нить лампы увеличивается.
- 5) Сопротивление нити лампы увеличивается.

Ответ: \_\_\_\_\_.

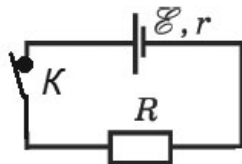
### Задания, требующие развернутого ответа

- 12.12.** Два длинных тонких проводника одинаковой длины, но разного сечения соединены последовательно. Радиус окружности в сечении первого проводника равен  $r_1$ , второго —  $r_2$ . Чему равно отношение напряженностей электрических полей в первом и втором проводниках  $\frac{E_1}{E_2}$  при подключении их к источнику постоянного тока, если оба проводника сделаны из одинакового материала?

### Закон Ома для полной цепи. ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 12.13.** Электрическая цепь состоит из последовательно соединенных проводниками элементов: источника тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$ , ключа  $K$  и резистора с сопротивлением  $R$  (рис.). Установите



соответствие между физическими величинами и выражениями для их вычисления. Сопротивление соединительных проводов мало.



|   |  |
|---|--|
| <p>А) напряжение на источнике тока<br/>Б) сила тока через источник тока</p> | <p>1) <math>\mathcal{E}</math><br/>2) <math>\frac{\mathcal{E}}{R}</math><br/>3) <math>\frac{\mathcal{E}}{R+r}</math><br/>4) <math>\frac{\mathcal{E}R}{R+r}</math><br/>5) <math>\frac{\mathcal{E}r}{R+r}</math></p> |
|---|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 12.14.** При внешнем сопротивлении цепи, равном внутреннему сопротивлению источника, сила тока равна 6А. Какой станет сила тока, если внешнее сопротивление цепи увеличить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_.

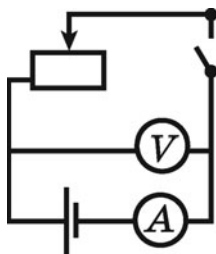
- 12.15.** Чему равно внутреннее сопротивление источника тока с ЭДС, равной 20 В, если при подключении к нему резистора сопротивлением 8 Ом сила тока в электрической цепи равна 2 А?

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

- 12.16.** При подключении к источнику тока резистора с сопротивлением 5 Ом сила тока в цепи равна 2 А, при подключении резистора с сопротивлением 10,5 Ом — 1 А. Чему равны ЭДС источника и его внутреннее сопротивление? Числовые ответы в основных единицах СИ записать в виде двух чисел подряд без интервалов.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 12.17.** В электрической цепи, изображенной на рисунке, ползунок реостата перемещают влево. Как изменились при этом ЭДС источника и показания вольтметра?



Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется  
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| ЭДС источника | Показания вольтметра |
|---------------|----------------------|
|               |                      |

**12.18.** В цепи из источника с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  и резистора с сопротивлением  $R$  в течение времени  $t$  течет ток. Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные буквы под соответствующими цифрами.

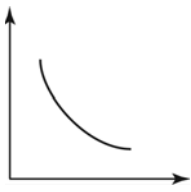
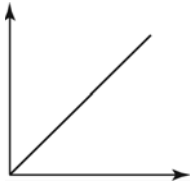
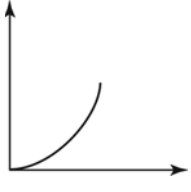
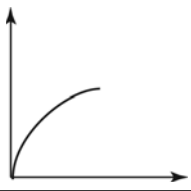
| ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА                                   | ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ   |
|---|---|
| А) напряжение на резисторе<br>Б) работа сторонних сил | <div> 1) <math>\mathcal{E}</math> 2) <math>\frac{\mathcal{E}^2 t}{R}</math> </div> <div> 3) <math>\mathcal{E} \frac{R}{R+r}</math> 4) <math>\frac{\mathcal{E}^2 t}{R+r}</math> </div> |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**12.19.** Установите соответствие между зависимостью одной величины, характеризующей электрическую цепь, от другой характеристики той же цепи и формой графика, который описывает эту зависимость.

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

| ЗАВИСИМОСТЬ  | ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ   |
|--|--|
| А) зависимость силы тока через резистор от напряжения на его концах            | 1)    |
| Б) зависимость мощности, выделяющейся на резисторе от напряжения на его концах | 2)    |
|  | 3)   |
|  | 4)  |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

## Параллельное и последовательное соединение проводников

### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 12.20.** Два резистора с сопротивлением 1 Ом и 2 Ом соединены последовательно и включены в цепь. Установите соответствие между соотношением физических величин, характеризующих протекание тока по этому участку цепи.

|  |        |
|--|--------|
| А) отношение напряжений на резисторах 1 и 2 Ом     | 1) 1:1 |
| Б) отношение сил тока через сопротивление 1 и 2 Ом | 2) 1:2 |
|  | 3) 2:1 |
|  | 4) 2:3 |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

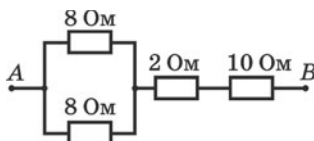
- 12.21.** Два резистора с сопротивлением 1 Ом и 2 Ом соединены параллельно и включены в цепь. Установите соответствие между соотношением физических величин, характеризующих протекание тока по этому участку цепи.

|  |        |
|--|--------|
| А) отношение напряжений на резисторах 1 и 2 Ом     | 1) 1:1 |
| Б) отношение сил тока через сопротивление 1 и 2 Ом | 2) 1:2 |
|  | 3) 2:1 |
|  | 4) 2:3 |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

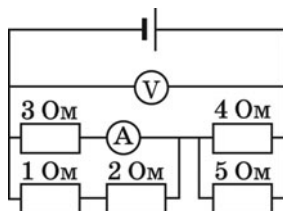
Ответ:

- 12.22.** Чему равно сопротивление между точками А и В электрической цепи, представленной на рисунке?



Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

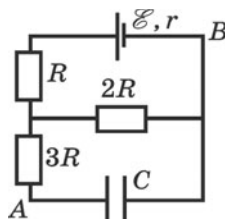
- 12.23.** Показание вольтметра  $V$  на схеме равно  $6,7$  В. Каково показание амперметра? Сопротивления резисторов указаны на рисунке. Сопротивлением амперметра пренебречь.



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

### Задания, требующие развернутого ответа

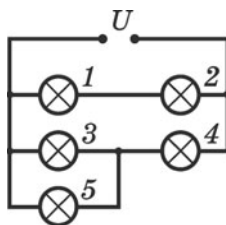
- 12.24.** Чему равна энергия конденсатора емкостью  $C$ , подключенного по электрической схеме, представленной на рисунке? Величины  $\mathcal{E}$ ,  $R$  и  $r$  считать известными.



### Закон Джоуля — Ленца

### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 12.25.** Одинаковые лампочки соединены по схеме (рис.). Считая сопротивление лампочек не зависящим от температуры, определите, какая из них горит ярче остальных.

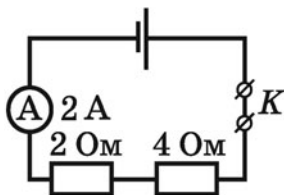


Ответ: \_\_\_\_\_.

- 12.26.** Два резистора, имеющие сопротивления  $R_1 = 1$  Ом и  $R_2 = 2$  Ом, включены в цепь постоянного тока параллельно друг другу. Чему равно отношение мощностей электрического тока  $\frac{N_1}{N_2}$  на этих резисторах?  
 Ответ: \_\_\_\_\_.

- 12.27.** При силе тока в электрической цепи 0,6 А сопротивление лампы равно 5 Ом. Чему равна мощность электрического тока, выделяющаяся на нити лампы?  
 Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

- 12.28.** Изучая закономерности соединения резисторов, ученик собрал электрическую цепь (рис.) и измерил силу тока в ней. Какое количество теплоты выделится на резисторах при протекании тока в течение 1 мин?



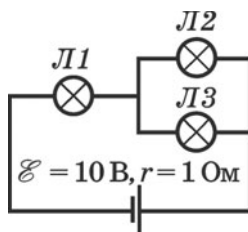
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 12.29.** Последовательно с горящей лампочкой в цепи соединен амперметр, а параллельно к ней присоединен вольтметр. Амперметр показывает 0,2 А, вольтметр — 1,6 В. Чему равна мощность тока в лампочке?  
 Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 12.30.** В электрический кофейник налили воду объемом 1 л при температуре 20 °С и включили нагреватель. Через какое время (в секундах) после включения выкипит вся вода, если мощность нагревателя равна 1 кВт, КПД нагревателя равен 0,8? Удельная теплоемкость воды равна 4200 Дж/(кг · К). Удельная теплота парообразования воды при  $t = 100$  °С равна  $r = 2,26$  МДж/кг.

- 12.31.** Три лампы с маркировкой  $Л1$  (6 В, 3 Ом),  $Л2$  (2 В, 1 А) и  $Л3$  (3 В, 4,5 Вт) соединены по схеме на рисунке. Какое количество теплоты выделится на лампе  $Л3$  за 1 минуту? Считать, что сопротивление ламп не зависит от температуры и что лампы могут работать некоторое время при напряжениях выше номинальных.



### Тема 13. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ТОКА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

#### Носители тока в разных средах

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 13.1.** Выберите два верных ответа.

Электрический ток может протекать

- 1) только в твердых металлах
- 2) только в твердых солях металлов
- 3) только в расплавленных солях металлов
- 4) в твердых и расплавленных металлах
- 5) в расплавах и водных растворах солей металлов

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 13.2** Ячейка с водой и двумя одинаковыми электродами соединена последовательно с источником тока и лампочкой. Лампочка при этом не горит. При растворении поваренной соли в воде лампочка загорается, а при растворении сахара не загорается. Выберите два верных утверждения, объясняющих этот эксперимент.

- 1) При растворении поваренной соли в воде в ней образуются положительные и отрицательные ионы.
- 2) При растворении сахара в воде возрастает ее вязкость и ионы не могут в ней двигаться.
- 3) При растворении сахара в воде ионы не образуются.
- 4) При растворении поваренной соли в воде могут свободно двигаться электроны.
- 5) При растворении сахара ячейка превращается в источник тока с ЭДС, направленной против внешнего источника тока.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 13.3.** Установите соответствие между средой, в которой протекает электрический ток, и основными носителями, которые обеспечивают протекание такого тока.

|                        |  |
|------------------------|--|
| А) жидкости<br>Б) газы | 1) электроны и положительно заряженные ионы<br>2) положительно и отрицательно заряженные ионы<br>3) электроны и дырки<br>4) атомы и молекулы |
|------------------------|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 13.4.** Установите соответствие между средой, в которой протекает электрический ток, и основными носителями, которые обеспечивают протекание такого тока.

|   |   |
|---|---|
| А) чистые полупроводники<br>Б) примесные проводники $p$ -типа | 1) электроны и положительно заряженные ионы<br>2) положительно и отрицательно заряженные ионы<br>3) электроны и дырки<br>4) дырки |
|---|---|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:



- 13.5.** В четырехвалентный кремний добавили в первом опыте трехвалентный химический элемент, а во втором — пятивалентный элемент. Каким типом проводимости в основном будет обладать полупроводник в каждом случае?

Выберите два верных утверждения.

- 1) в первом случае дырочной
- 2) в первом случае электронной
- 3) во втором случае дырочной
- 4) во втором случае электронной
- 5) в обоих случаях ионной

Ответ: \_\_\_\_\_.

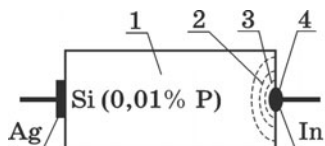
- 13.6.** Имеется два образца кремния с одинаковой донорной примесью. При изготовлении второго образца концентрацию примеси увеличили в два раза. Поставьте в соответствие тип проводимости в образцах и характер ее изменения при переходе ко второму образцу.

|                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| А) электронная проводимость | 1) увеличилась   |
| Б) дырочная проводимость    | 2) уменьшилась   |
|                             | 3) не изменилась |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 13.7.** На рисунке показана схема полупроводникового диода, который изготавливают, капая расплавленный трехвалентный индий на примесный кремниевый полупроводник, в котором содержится небольшая примесь пятивалентного фосфора. В какой из зон основными носителями заряда являются дырки?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 13.8.**  $p$ - $n$  переход образован двумя полупроводниками с вертикальной границей раздела. Слева находится полупроводник  $p$ -типа. Установите соответствие между типом примеси и основным типом проводимости с левой и с правой стороны от границы раздела.

|   |                |
|---|----------------|
| А) тип примеси с левой стороны $p$ - $n$ перехода       | 1) донорная    |
| Б) тип проводимости с правой стороны $p$ - $n$ перехода | 2) электронная |
|   | 3) дырочная    |
|   | 4) акцепторная |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

### Задания, требующие развернутого ответа

- 13.9.** Какова примерно концентрация носителей заряда в полупроводнике  $p$ -типа, если он получен добавлением трехвалентного металла в германий (число атомов примеси составляет 0,01% от числа атомов германия в кристалле)? Собственной проводимостью германия можно пренебречь, плотность его считать равной 5400 кг/м<sup>3</sup>.

### Технические устройства, использующие протекание тока в разных средах

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

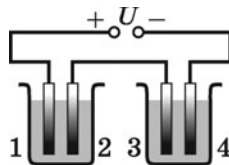
- 3.10.** В линейном ускорителе в вакуумированной трубе первый раз слева направо движется электронный пучок, второй раз — протонный. Скорость частиц в обоих пучках одинакова, концентрация тоже одинакова. Установите соответствие между типом пучка и характером изменения физических величин, характеризующих процесс протекания тока в вакууме, при переходе от первого пучка ко второму.

|  |                  |
|--|------------------|
| А) сила тока через ускоритель                    | 1) увеличивается |
| Б) сила электронного (протонного) удара о мишень | 2) уменьшается   |
|  | 3) не изменяется |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 13.11.** На рисунке показан электролизер для очистки сточных вод, содержащих соли меди. Он представляет собой два сосуда с раствором медного купороса, соединенные последовательно с источником тока, напряжение на выходных клеммах которого и полярность клемм заданы. На каких из угольных электродов, опущенных в сосуды, будет выделяться медь при пропускании тока через раствор? Если такой процесс происходит на нескольких электродах, то запишите их в ответе без интервалов.



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 13.12.** Источник тока присоединили к двум пластинам, опущенным в раствор поваренной соли. Сила тока в цепи равна 0,2 А. Какой заряд проходит между пластинами в ванне за 2 мин?

Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

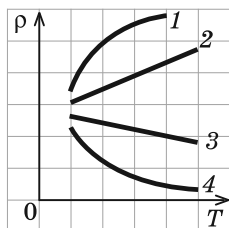
- 13.13.** Два стержня, один из металла, другой из полупроводника, подключают к источнику тока. Сила тока через оба стержня оказывается одинаковой и равна  $I$ . Затем повышают температуру каждого на  $\Delta T$ , сила тока в металлическом стержне оказывается равной  $I_1$ , в полупроводниковом —  $I_2$ . Выберите два верных утверждения о соотношении сил тока.

- 1)  $I_1 = I_2 = I$    2)  $I_2 > I$    3)  $I_1 > I$    4)  $I_1 < I$    5)  $I_2 < I$

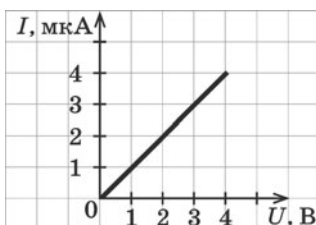
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 13.14. Какой из приведенных графиков зависимости удельного сопротивления материала от температуры относится к полупроводникам?

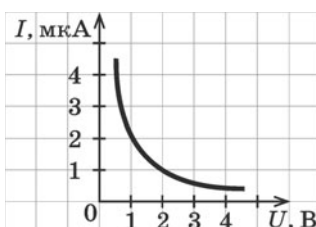
Ответ: \_\_\_\_\_.



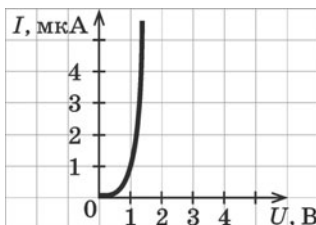
- 13.15. Какой из графиков, представленных на рисунке, соответствует вольт-амперной характеристике полупроводникового диода, включенного в прямом направлении?



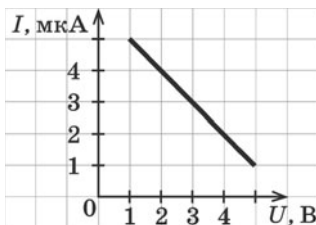
1)



2)



3)



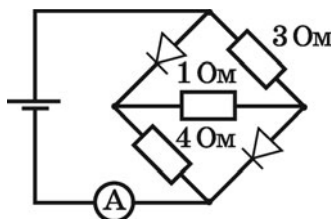
4)

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 13.16. К источнику тока присоединены резистор и параллельно ему полупроводниковый диод. У источника можно менять полярность напряжения. При одной полярности напряжения сила тока в источнике равна  $I$ , при другой  $\frac{I}{4}$ . Чему равно отношение сопротивления резистора к внутреннему сопротивлению источника? Сопротивление диода, включенного в прямом направлении, считать равным нулю.

Ответ: \_\_\_\_\_.

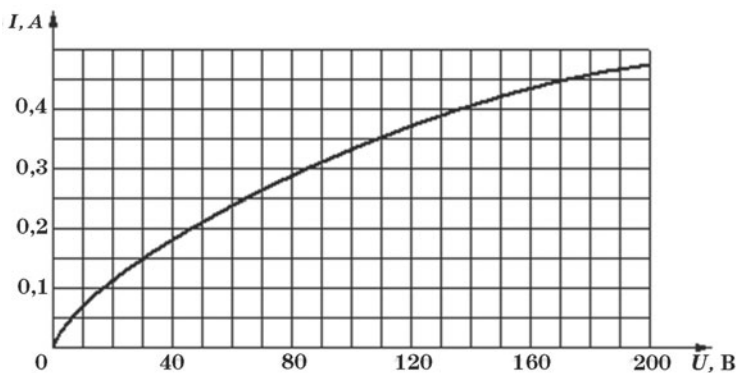
- 13.17.** В схеме на рисунке амперметр показывает силу тока 1 А. Какую силу тока покажет амперметр при смене полярности источника тока? Внутренним сопротивлением источника и амперметра пренебречь. Сопротивление диода, включенного в прямом направлении, считать равным нулю.



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 13.18.** На рисунке приведена вольт-амперная характеристика лампы накаливания. При последовательном соединении двух таких ламп и источника сила тока в цепи оказалась равной 0,45 А. Каково напряжение на клеммах источника? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



## Тема 14. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ. СИЛЫ АМПЕРА И ЛОРЕНЦА

### Вектор индукции магнитного поля

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

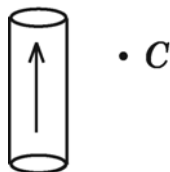
- 14.1. Выберите два верных утверждения о направлении вектора магнитной индукции  $\vec{B}$ .

Направление  $\vec{B}$  совпадает с направлением

- 1) силы, действующей на неподвижный заряд в этой точке
- 2) силы, действующей на движущийся заряд в этой точке
- 3) северного полюса магнитной стрелки, помещенной в эту точку
- 4) южного полюса магнитной стрелки, помещенной в эту точку
- 5) перпендикуляра к плоскости рамки, по которой течет ток, если рамка может свободно поворачиваться в пространстве под действием магнитного поля

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14.2. На рисунке изображен проводник, через который идет электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен (*вправо — влево — вверх — вниз — к нам — от нас*) вектор магнитной индукции в точке  $C$ ? Впишите ответ словами.



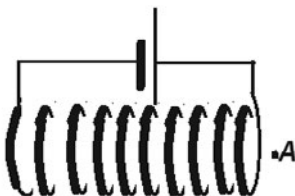
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14.3. Электромагнит представляет собой медный провод, намотанный на стальной сердечник. При силе тока  $I$  в сердечнике электромагнит удерживает гирию массой  $m$ . Выберите два верных утверждения. Для увеличения массы удерживаемого груза, не меняя формы сердечника, следует

- 1) уменьшить число витков
- 2) увеличить силу тока
- 3) заменить стальной сердечник на медный
- 4) изменить направление намотки провода на сердечник
- 5) увеличить число витков в обмотке

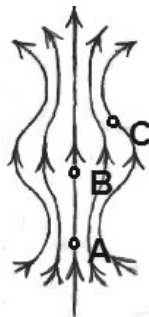
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14.4.** Как направлен (*вправо — влево — вверх — вниз*) вектор магнитной индукции магнитного поля, созданного в точке *A* катушкой с током?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14.5.** На рисунке показаны линии магнитной индукции поля, созданного сложным источником. В поле они перемещаются из точки *A* в точку *B*, а затем из точки *B* в точку *C*. Как меняется при этих переходах модуль вектора магнитной индукции?



|   |   |
|---|---|
| <p>А) переход из <i>A</i> в <i>B</i></p> <p>Б) переход из <i>B</i> в <i>C</i></p> | <p>1) увеличивается</p> <p>2) уменьшается</p> <p>3) не изменяется</p> |
|---|---|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 14.6.** Максимальная сила, действующая в однородном магнитном поле на проводник с током длиной 10 см, равна 0,02 Н. Сила тока равна 8 А. Чему равен модуль вектора магнитной индукции этого поля?

Ответ: \_\_\_\_\_ Тл.

## Сила Ампера

### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

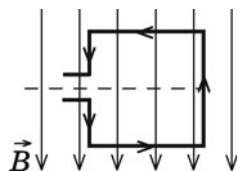
- 14.7. На проводник, расположенный в однородном магнитном поле под углом  $30^\circ$  к направлению линий магнитной индукции, действует сила  $0,03$  Н. Какая сила будет действовать на проводник, если увеличить этот угол в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14.8. Участок проводника длиной  $20$  см находится в магнитном поле индукцией  $50$  мТл. Сила электрического тока, идущего по проводнику, равна  $5$  А. Какое перемещение совершит проводник в направлении действия силы Ампера, если работа этой силы равна  $0,005$  Дж? Проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 14.9. В однородном магнитном поле в плоскости его силовых линий находится рамка, по которой идет ток (рис.). Куда направлена сила, действующая на нижнюю сторону рамки (*вверх — вниз — на нас — от нас*)?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14.10. Проводники 1 и 2, по которым текут токи, расположены в точках A и B (рис.).

Направление токов в проводниках показано на рисунке.





Как направлены индукция магнитного поля, созданного проводником 1 в точке  $B$ , и сила воздействия проводника 1 на проводник 2?

|   |           |
|---|-----------|
| А) индукция магнитного поля, созданного проводником 1 в точке $B$ | 1) вправо |
| Б) сила воздействия проводника 1 на проводник 2                   | 2) влево  |
|   | 3) вверх  |
|   | 4) вниз   |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

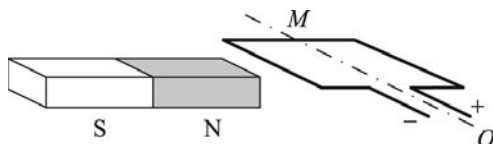
**14.11.** Выберите два верных утверждения. Примером применения на практике силы, действующей на провод с током в магнитном поле, может служить

- 1) подъемный кран, поднимающий металлолом с помощью электромагнита
- 2) электродвигатель
- 3) звукозаписывающая головка магнитофона
- 4) спираль лампы накаливания
- 5) школьный катушечный амперметр

Ответ: \_\_\_\_\_.

### Задания, требующие развернутого ответа

**14.12.** Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (рис.). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси  $MO$ , если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха.



- 14.13.** Электродвигатель постоянного тока подключен к источнику тока и поднимает груз массой 1 г со скоростью 4 см/с. Напряжение на клеммах двигателя — 4 В, сила тока — 1 мА. Какое количество теплоты выделится в обмотке двигателя за 5 с? Ускорение свободного падения считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

### Сила Лоренца

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 14.14.** Поставьте в соответствие силы, действующие на различные объекты в магнитном поле, и формулы для их вычисления.

|   |   |
|---|---|
| <p>А) сила воздействия магнитного поля на проводник с током</p> <p>Б) сила воздействия магнитного поля на свободно двигающуюся заряженную частицу</p> | <p>1) <math>F = qE</math></p> <p>2) <math>F = qvB\sin\alpha</math></p> <p>3) <math>F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1q_2}{r^2}</math></p> <p>4) <math>F = IBlsin\alpha</math></p> |
|---|---|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 14.15.** Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле перпендикулярно силовым линиям поля. Индукция магнитного поля нарастает, и через некоторое время электрон движется по другой орбите. Как при этом будут меняться следующие физические величины: сила, воздействующая на электрон со стороны поля; радиус этой орбиты?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

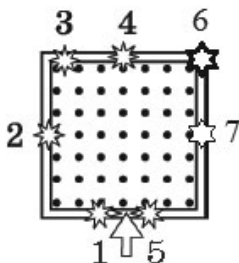
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Сила, действующая на электрон со стороны поля | Радиус орбиты |
|---|---------------|
|   |               |

- 14.16.** Два первоначально покоящихся электрона ускоряются в электрическом поле: первый в поле с разностью потенциалов  $U$ , второй —  $4U$ . Ускорившиеся электроны попадают в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны скорости движения электронов. Чему равно отношение радиусов кривизны траекторий первого и второго электронов в магнитном поле?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14.17.** В камере прибора создано магнитное поле, направленное так, как показано на рисунке (перпендикулярно плоскости рисунка к нам). В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся про-



дуктами различных ядерных реакций (электроны  ${}_{-1}^0e$ , протоны  ${}_1^1p$ , нейтроны  ${}_0^1n$ ).

В какую из точек попадает на экран электрон, если протон попадает в точку 6?

Ответ: \_\_\_\_\_.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 14.18.** С какой скоростью движется ядро атома гелия  $\text{He}^{2+}$ , если оно, попадая в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 2$  Тл перпендикулярно его силовым линиям, движется по дуге окружности радиусом  $r = 1$  м (молярная масса гелия  $M = 0,004$  кг/моль)?

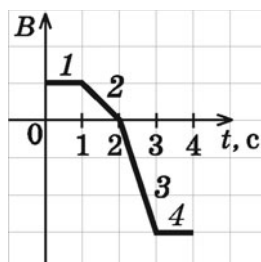
## Тема 15. ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

### Наблюдение явления ЭМИ

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 15.1.** Выберите два верных утверждения. Явление электромагнитной индукции наблюдается в следующих опытах:
- 1) притяжение двух прямолинейных проводов с током
  - 2) возникновение электрического тока в замкнутой катушке при изменении силы тока в другой катушке, находящейся рядом с ней
  - 3) отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током
  - 4) движение заряженной частицы в магнитном поле по окружности
  - 5) отклонение стрелки миллиамперметра, замкнутого на катушку, при приближении магнита к катушке
- Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15.2.** Неподвижный виток провода находится в магнитном поле и своими концами замкнут на амперметр. Значение магнитной индукции поля изменяется с течением времени согласно графику на рисунке. В какой промежуток времени амперметр покажет наличие электрического тока в витке? Номера промежутков записать в ответ без интервалов между цифрами.



Ответ: \_\_\_\_\_.

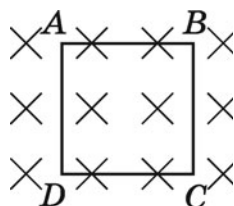
- 15.3.** Проводят несколько опытов с катушкой, миллиамперметром и полосовым магнитом. В каких из опытов миллиамперметр не зафиксирует возникновение тока в катушке или значение тока будет пренебрежимо малым?
- 1) Магнит бросают южным полюсом вниз так, что он пролетает сквозь катушку, присоединенную к катушке.
  - 2) Катушку одевают на северный полюс магнита, а затем катушку присоединяют к миллиамперметру.
  - 3) Магнит бросают северным концом вниз так, что он пролетает рядом вблизи катушки, присоединенной к миллиамперметру.
  - 4) Магнит опускают над катушкой, лежащей на горизонтальном столе и присоединенной к миллиамперметру, держа магнит горизонтально так, что его центр находится над центром катушки.
  - 5) Катушку, присоединенную к миллиамперметру, быстро надевают на северный полюс магнита.

Ответ: \_\_\_\_\_.

## Магнитный поток и его изменение

### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 15.4.** Контур  $ABCD$  находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого направлены перпендикулярно плоскости контура от наблюдателя (рис.). Выберите два верных утверждения. Магнитный поток через контур будет меняться, если контур



- 1) поворачивается вокруг оси, перпендикулярной плоскости рисунка
- 2) движется поступательно в направлении к наблюдателю
- 3) поворачивается вокруг стороны  $DC$
- 4) движется поступательно в плоскости рисунка
- 5) поворачивается вокруг диагонали  $AC$

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15.5.** Рамка находится в однородном магнитном поле так, что ее плоскость расположена под углом  $\alpha$  к направлению вектора магнитной индукции. Поток через рамку равен  $\Phi_1$ . Если модуль индукции магнитного поля и площадь рамки увеличить вдвое, то поток будет равен  $\Phi_2$ . Чему равно отношение  $\Phi_2/\Phi_1$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15.6.** Чему равен поток вектора магнитной индукции через рамку, площадь которой равна  $0,02 \text{ м}^2$ , если вектор магнитной индукции образует с плоскостью рамки угол  $30^\circ$ , а его модуль равен  $0,05 \text{ Тл}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ мВб.

# Закон электромагнитной индукции

## Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 15.7.** Магнитный поток однородного магнитного поля через контур площади  $S$  равномерно возрастает от значения  $\Phi_1$  до значения  $\Phi_2$  за время  $\tau$ . Поставьте в соответствие физические величины и выражения для их вычисления.

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| А) ЭДС индукции  | 1) 0                        |
| Б) значение вектора магнитной индукции в начальный момент времени, если плоскость контура перпендикулярна линиям магнитной индукции поля | 2) $(\Phi_2 - \Phi_1)/S$    |
|  | 3) $(\Phi_2 - \Phi_1)/\tau$ |
|  | 4) $\Phi_1/S$               |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 15.8.** В магнитном поле находится несколько витков провода, замкнутых на резистор. Магнитный поток равномерно увеличивают от нуля до значения  $\Phi_0$  сначала за время  $t$ , а потом за время  $4t$ . Чему равно отношение силы тока в резисторе во втором случае к силе тока в первом случае?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15.9.** За 5 с магнитный поток, пронизывающий проволочную рамку, увеличился от 3 до 8 Вб. Чему равно при этом значение ЭДС индукции в рамке?

Ответ: \_\_\_\_\_ В.

## Задания, требующие развернутого ответа

- 15.10.** Плоская горизонтальная фигура площадью  $S = 0,01 \text{ м}^2$ , ограниченная проводящим контуром, имеющим сопротивление  $R = 10 \text{ Ом}$ , находится в однородном магнитном поле. Какой заряд протечет по контуру за большой

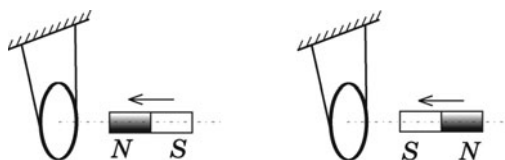
промежуток времени, пока проекция магнитной индукции на вертикаль равномерно меняется с  $B_{1z} = 3$  Тл до  $B_{2z} = -3$  Тл?

- 15.11.** Плоская замкнутая рамка из одного витка провода, охватывающая прямоугольник площадью  $S = 0,01$  м<sup>2</sup>, лежит на горизонтальной плоскости в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 2$  Тл. Какой заряд протечет по рамке, если ее повернуть на  $180^\circ$  вокруг одной из ее сторон? Сопротивление рамки равно  $R = 0,1$  Ом.
- 15.12.** Медный куб с длиной ребра  $a = 0,1$  м скользит по столу с постоянной скоростью  $v = 10$  м/с, касаясь стола одной из плоских поверхностей. Вектор индукции магнитного поля  $B = 0,2$  Тл направлен вдоль поверхности стола и перпендикулярно вектору скорости куба. Найдите модуль вектора напряженности электрического поля, возникающего внутри металла, и модуль разности потенциалов между центром куба и одной из его вершин.

### Направление индукционного тока. Правило Ленца

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

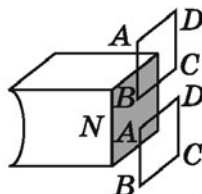
- 15.13.** Постоянный магнит вводят в замкнутое алюминиевое кольцо на тонком длинном подвесе (рис.). Первый раз — северным полюсом, второй раз — южным полюсом. Выберите два верных описания процессов, наблюдаемых при этом.





- 1) Кольцо остается неподвижным в обоих опытах.
  - 2) В первом опыте кольцо притягивается к магниту.
  - 3) В первом опыте кольцо отталкивается от магнита.
  - 4) Во втором опыте кольцо притягивается к магниту.
  - 5) Во втором опыте кольцо отталкивается от магнита.
- Ответ: \_\_\_\_\_.

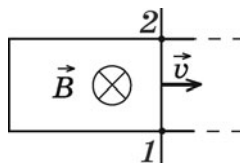
- 15.14.** Вблизи северного полюса магнита падает медная рамка  $ABCD$  (рис.). Выберите два верных описания процессов, наблюдаемых при этом.



- 1) В верхнем и нижнем положениях ток в рамке не течет.
- 2) В верхнем положении ток в рамке течет в сторону  $AB$  вниз.
- 3) В верхнем положении ток в рамке течет в сторону  $AB$  вверх.
- 4) В нижнем положении ток в рамке течет в сторону  $AB$  вниз.
- 5) В нижнем положении ток в рамке течет в сторону  $AB$  вверх.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15.15.** Два рельса замкнуты на конце проводником (рис., вид сверху). Другой проводник, параллельный ему и имеющий с рельсами надежный контакт в точках  $1$  и  $2$ , скользит по ним с постоянной скоростью  $v$  в магнитном поле, вектор магнитной индукции которого  $\vec{B}$ . Выберите два верных описания процессов, наблюдаемых при этом.



- 1) Ток течет в движущемся проводнике от  $1$  к  $2$ .
- 2) Ток течет в движущемся проводнике от  $2$  к  $1$ .
- 3) Ток в движущемся проводнике не течет, причем его движение протекает по инерции.
- 4) Проводник тянут вправо с постоянной силой, и она уравновешена силой Ампера.

- 5) На проводник действует сила Ампера вправо, поэтому ее компенсируют, прикладывая постоянную силу, направленную влево.

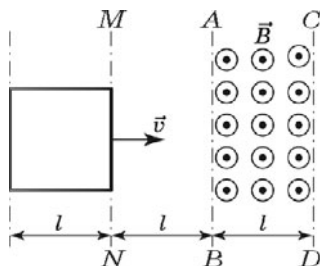
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15.16.** Проволочное кольцо покоится в магнитном поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости кольца. В первый промежуток времени  $\Delta t_1$  проекция вектора магнитной индукции на некоторую фиксированную ось линейно растет от  $B_0$  до  $5B_0$ , во второй промежуток  $\Delta t_2$  — уменьшается от  $5B_0$  до 0, затем за третий промежуток времени  $\Delta t_3$  уменьшается от 0 до  $-5B_0$ . Промежутки времени равны между собой. Какие два утверждения верны?

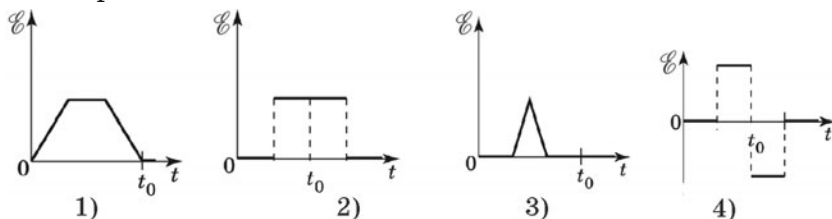
- 1) Во второй и третий промежутки времени ток в кольце не течет.
- 2) Направление на третьем промежутке времени противоположно направлению тока на первом промежутке.
- 3) Направление тока во все промежутки времени совпадает.
- 4) Силы тока равны на всех трех участках.
- 5) Силы тока на втором и третьем промежутках времени равны.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15.17.** В некоторой области пространства, ограниченной плоскостями  $AB$  и  $CD$ , создано однородное магнитное поле. Металлическая квадратная рамка движется с постоянной скоростью, направленной вдоль плоскости рамки



и перпендикулярно линиям индукции поля. На каком из графиков правильно показана зависимость от времени ЭДС индукции в рамке, если в начальный момент времени рамка начинает пересекать плоскость  $MN$  (см. рисунок), а в момент времени  $t_0$  касается передней стороны линии  $CD$ ?



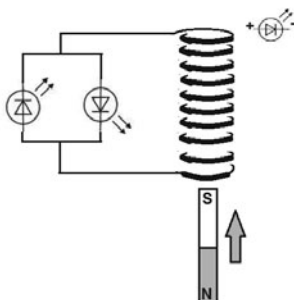
Ответ: \_\_\_\_\_.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 15.18.** Стержневой магнит, падая вертикально, пролетает сквозь закрепленную в штативе катушку, концы которой замкнуты. При этом время его полета оказывается больше, чем при падении с такой же высоты без катушки.

Объясните явления, приводящие к такому эффекту. Изменится ли время падения, если пускать магнит другим полюсом вниз?

- 15.19.** Два светодиода соединены между собой, как показано на рисунке, и соединены с катушкой. Светодиод начинает светиться, только если соблюдена полярность на-



пряжения, показанная в верхнем правом углу рисунка. Какой из светодиодов вспыхнет, если быстро вдвинуть в катушку южный полюс магнита? Ответ обоснуйте, указав, какие явления и закономерности приводят к выбранному ответу.

### Генератор переменного тока.

#### Действующее значение напряжения и силы тока

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

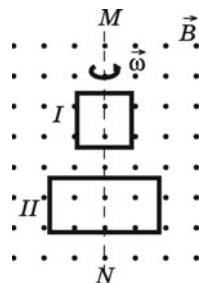
15.20. Укажите два устройства, принцип действия которых основан на явлении электромагнитной индукции.

- 1) реостат
- 2) металлоискатель
- 3) электродвигатель
- 4) электрочайник
- 5) электрогенератор

Ответ: \_\_\_\_\_.

15.21. В однородном магнитном поле во-  
круг оси  $MN$  с одинаковой частотой  
вращаются две рамки. Чему равно  
отношение  $A_{II} : A_I$  амплитудных зна-  
чений ЭДС индукции, генерируемых  
в рамках II и I?

Ответ: \_\_\_\_\_.



15.22. При вращении в однородном магнитном поле квадратной рамки вокруг оси, проходящей через середины двух сторон, в ней генерируется синусоидальное напряжение. Как изменятся характеристики синусоидального напряжения при увеличении скорости вращения рамки: амплитуда и частота?

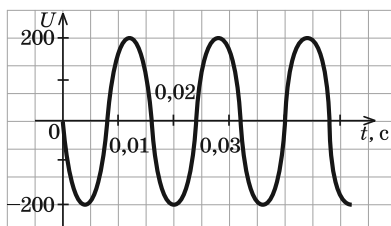
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится      2) уменьшится      3) не изменится

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

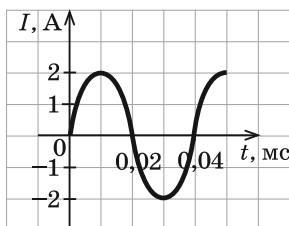
| Амплитуда колебаний | Частота колебаний |
|---------------------|-------------------|
|                     |                   |

- 15.23.** На рисунке показан график изменения напряжения на выходе генератора с течением времени. Чему равен период колебаний напряжения?



Ответ: \_\_\_\_\_ мс.

- 15.24.** Если сила тока в электрической лампочке, питаемой от генератора переменного тока, меняется с течением времени согласно графику на рисунке, то чему равен период колебаний напряжения на клеммах лампы?



Ответ: \_\_\_\_\_ мс.

- 15.25.** Сила тока через резистор меняется по закону  $I = 36\sin 128t$ . Чему равно действующее значение силы тока в цепи? Ответ округлить до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

- 15.26.** По участку цепи сопротивлением  $R$  идет переменный ток, меняющийся по гармоническому закону. Мощность тока на резисторе равна  $P_0$ . В некоторый момент времени действующее значение напряжения  $U_0$  на этом участке цепи уменьшили в 2 раза, а его сопротивление уменьшили в 4 раза. При этом мощность тока стала равна  $P = kP_0$ . Чему равен коэффициент  $k$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15.27.** Напряжение в домашней сети меняется по закону  $U = U_0 \cos \omega t$ . Сопротивление утюга равно  $R$ .

Поставьте в соответствие физические величины и выражения для их вычисления.

|   |                       |
|---|-----------------------|
| А) амплитудное значение силы тока       | 1) $U_0 / R$          |
| Б) мощность тока, выделяющаяся на утюге | 2) $U_0 / \sqrt{2}R$  |
|   | 3) $U_0^2 / R$        |
|   | 4) $U_0^2 / 2R$       |
|   | 5) $U_0^2 / \omega R$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

### Задания, требующие развернутого ответа

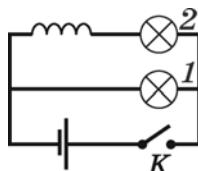
- 15.28.** Генератор переменного тока с ЭДС  $A(t) = A_0 \cos \omega t$  ( $A_0 = 304$  В) и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением соединен проводами поперечного сечения  $S = 1$  см<sup>2</sup> с потребителем сопротивлением  $R = 5$  Ом, находящимся на расстоянии  $L = 1$  км. Какая средняя мощность  $P$  передается потребителю по линии электропередачи, сделанной из проводника с удельным сопротивлением  $\rho = 2,8 \cdot 10^{-8}$  Ом · м?

## Тема 16. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР. ИЗЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН РАДИОДИАПАЗОНА

### Явление самоиндукции

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

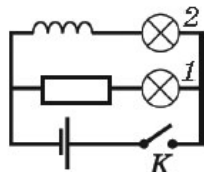
- 16.1.** На рисунке показана схема с двумя параллельно соединенными лампочками. К одной из них последовательно присоединена катушка, сопротивление которой мало по сравнению с сопротивлением лампочек. Выберите два верных утверждения, описывающих явления, возникающие при замыкании и размыкании ключа  $K$ .



- 1) При замыкании ключа обе лампочки вспыхивают одновременно.
- 2) При замыкании ключа лампочка 1 вспыхивает раньше лампочки 2.
- 3) При замыкании ключа лампочка 2 вспыхивает раньше лампочки 1.
- 4) При размыкании ключа лампочка 1 гаснет раньше лампочки 2.
- 5) При размыкании ключа обе лампочки гаснут одновременно.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 16.2.** В схеме, показанной на рисунке, сопротивление проводов катушки равно сопротивлению резистора. Выберите два верных утверждения, описывающих явления, возникающие при размыкании ключа  $K$ .



- 1) Лампочка 1 гаснет сразу после размыкания ключа.
- 2) Лампочка 2 гаснет сразу после размыкания ключа.

- 3) Лампочка 2 гаснет позже, чем лампочка 1.
- 4) Лампочки 1 и 2 гаснут только спустя некоторое время после размыкания ключа.
- 5) На резисторе и лампочках выделяется энергия, которой обладает катушка до размыкания ключа.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**16.3.** Выберите верные утверждения. Явление самоиндукции в катушке наблюдается

- 1) при протекании по катушке постоянного тока
- 2) только при нарастании силы тока в катушке
- 3) только при убывании силы тока в катушке
- 4) при любом изменении силы тока в катушке
- 5) за счет погружения катушки с током в переменное магнитное поле, ею самой созданное

Ответ: \_\_\_\_\_.

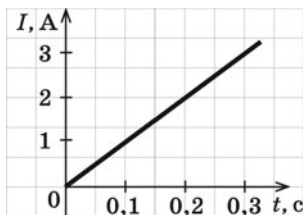
**16.4.** Установите соответствие между разными единицами измерения физических величин.

|         |       |
|---------|-------|
| А) Ом·с | 1) Гн |
| Б) Вб/с | 2) А  |
|         | 3) В  |
|         | 4) Тл |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**16.5.** Если сила тока в катушке индуктивностью 0,5 Гн изменяется с течением времени, как показано на графике, чему равна ЭДС самоиндукции, возникающая в катушке?



Ответ: \_\_\_\_\_ В.



- 16.6.** В проводнике индуктивностью  $50 \text{ мГн}$  сила тока в течение  $0,1 \text{ с}$  равномерно возрастает с  $5 \text{ А}$  до некоторого конечного значения. При этом в проводнике возбуждается ЭДС самоиндукции, равная  $5 \text{ В}$ . Определите конечное значение силы тока в проводнике.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

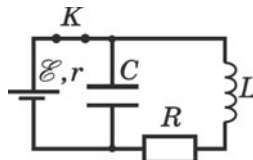
- 16.7.** Сила тока в катушке возросла так, что энергия магнитного поля катушки возросла в  $4$  раза. Чему равно при этом отношение магнитных потоков, пронизывающих катушку, при конечном и начальном значениях силы тока?

Ответ: \_\_\_\_\_.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 16.8.** В катушке сила тока равномерно увеличивается со скоростью  $3 \text{ А/с}$ . При этом в ней возникает ЭДС самоиндукции  $15 \text{ В}$ . Чему равна энергия магнитного поля катушки при силе тока в ней  $4 \text{ А}$ ?

- 16.9.** В электрической цепи, состоящей из источника с ЭДС, равной  $5 \text{ В}$ , ключа  $K$ , конденсатора емкостью  $0,1 \text{ мкФ}$ , катушки индуктивностью  $0,2 \text{ Гн}$  и резистора сопротивлением  $1 \text{ кОм}$ , идет ток (рис.). Какое количество теплоты выделится на резисторе после размыкания ключа, если  $r = 1 \text{ Ом}$ ?



### Свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

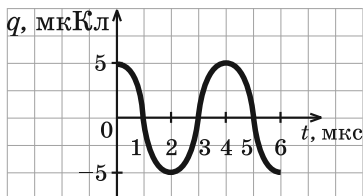
- 16.10.** Заряженный конденсатор замыкают на катушку, замыкая ключ. Электрическое сопротивление соединительных проводов и проводов, из которых намотана катушка, ничтожно мало. Выберите два верных утверждения

об изменениях, происходящих в таком устройстве после замыкания ключа.

- 1) Заряд на положительно заряженной пластине конденсатора монотонно спадет до нуля.
- 2) Заряд на положительно заряженной пластине конденсатора будет периодически меняться, по модулю спадая до нуля, но оставаясь положительным.
- 3) Заряд на положительно заряженной пластине конденсатора будет периодически меняться по знаку.
- 4) Сила тока через катушку возрастет до некоторого значения и спадет до нуля.
- 5) Периодически будут меняться и модуль силы тока, и его направление.

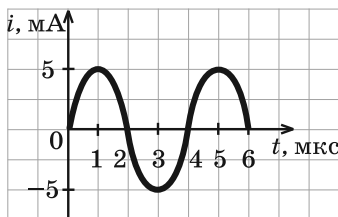
Ответ: \_\_\_\_\_.

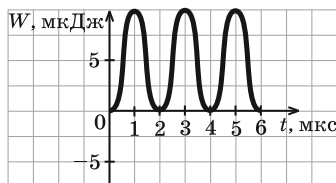
- 16.11.** На рисунке показана зависимость заряда на конденсаторе от времени в колебательном контуре. Чему равна частота колебаний?



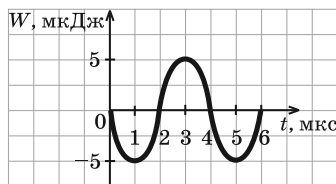
Ответ: \_\_\_\_\_ кГц.

- 16.12.** На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. На каком из графиков правильно показан процесс изменения энергии магнитного поля катушки?

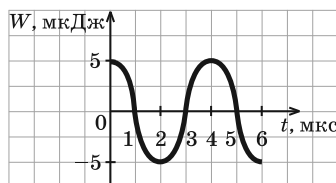




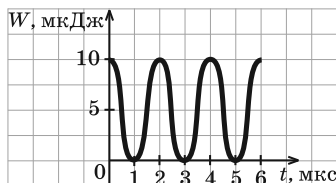
1)



2)



3)



4)

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 16.13.** Период собственных колебаний в колебательном контуре равен 1 мкс. Каким он станет, если его индуктивность увеличить в 20 раз, а емкость уменьшить в 5 раз?

Ответ: \_\_\_\_\_ мкс.

- 16.14.** Амплитудное значение заряда на конденсаторе равно 2,0 мкКл. Чему равно значение заряда на конденсаторе через  $\frac{1}{6}$  часть периода колебаний после достижения этого значения?

Ответ: \_\_\_\_\_ мкКл.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 16.15.** 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    |
| $q, 10^{-6} \text{ Кл}$ | 2 | 1,42 | 0 | -1,42 | -2 | -1,42 | 0 | 1,42 | 2 | 1,42 |

Вычислите индуктивность катушки контура, если емкость конденсатора равна 100 пФ.

- 16.16.** В колебательном контуре, состоящем из конденсатора, катушки индуктивностью  $0,01$  Гн и ключа, после замыкания ключа возникают электромагнитные колебания, причем максимальная сила тока в катушке составляет  $4$  А. Чему равно максимальное значение энергии электрического поля в конденсаторе в ходе колебаний?
- 16.17.** В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности равна  $I_1 = 10$  мА, а амплитуда колебаний заряда конденсатора равна  $q_1 = 5$  нКл. В момент времени  $t$  заряд конденсатора  $q = 3$  нКл. Найдите силу тока в катушке в этот момент.

### **Вихревое электрическое поле. Электромагнитная волна**

#### **Задания на получение числового ответа и установление соответствия**

- 16.18.** Около полосы медной фольги с большой частотой меняют магнитное поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости пластины. Выберите два верных утверждения. В пластине возникает ток
- 1) направленный вдоль полосы
  - 2) направленный поперек полосы
  - 3) идущий по окружности в одном направлении
  - 4) идущий по окружности и периодически меняющий направление
  - 5) вызывающий локальный разогрев пластины
- Ответ: \_\_\_\_\_.
- 16.19.** Выберите два верных утверждения. При прохождении электромагнитных волн в воздухе происходят колебания
- 1) молекул воздуха
  - 2) плотности воздуха

- 3) концентрации кислорода
- 4) напряженности электрического поля
- 5) индукции магнитного поля

Ответ: \_\_\_\_\_.

**16.20.** Выберите два верных утверждения, следующих из теории Максвелла.

Электромагнитная волна излучается

- 1) покоящейся заряженной частицей
- 2) при движении заряженной частицы с постоянной скоростью
- 3) при любом движении заряженной частицы с ускорением
- 4) источником постоянного магнитного поля
- 5) источником переменного магнитного поля

Ответ: \_\_\_\_\_.

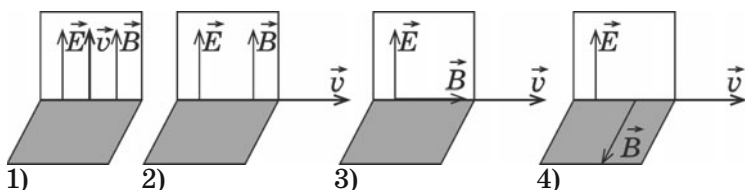
**16.21.** Профессор-физиолог Л. Гальвани задолго до открытия электромагнитных волн Г. Герцем проводил следующий опыт. К лапке препарированной лягушки прицеплялся длинный провод и протягивался на балкон. Во время грозы при вспышке молнии мышца на лапке резко сокращалась. Установите соответствие между объектами, участвовавшими в опыте, и их современными аналогами.

|                  |                                   |
|------------------|-----------------------------------|
| А) молния        | 1) источник электромагнитных волн |
| Б) лапка лягушки | 2) передающая антенна             |
|                  | 3) принимающая антенна            |
|                  | 4) детектор                       |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 16.22.** На каком из рисунков правильно показано взаимное направление векторов напряженности электрического поля  $\vec{E}$ , индукции магнитного поля  $\vec{B}$  и скорости распространения в вакууме электромагнитной волны  $\vec{v}$ ?

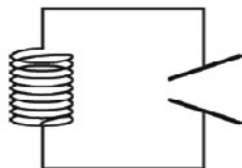


Ответ: \_\_\_\_\_.

- 16.23.** В первых экспериментах по изучению распространения электромагнитных волн в воздухе были измерены длина волны  $\lambda = 50$  см и частота излучения  $\nu = 500$  МГц. Какое значение скорости распространения волн в воздухе соответствует этим данным?

Ответ: \_\_\_\_\_ км/с.

- 16.24.** В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания. После раздвигания пластин конденсатора (рис.) начинается излучение электромагнитных волн. Что при этом происходит с амплитудой колебаний напряжения на конденсаторе и силы тока через катушку?



- |   |                  |
|---|------------------|
| А) амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе | 1) увеличивается |
| Б) амплитуда колебаний силы тока в катушке        | 2) уменьшается   |
|   | 3) не изменяется |



|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**16.25.** Колебания электрического поля в электромагнитной волне в данной точке пространства описываются уравнением  $E = 10 \cos(10^7 t + \frac{\pi}{2})$ . Определите частоту колебаний. Ответ округлите до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ МГц.

**16.26.** Выберите два верных утверждения о распространении электромагнитных волн.

Скорость распространения электромагнитных волн в вакууме

- 1) зависит от частоты изменения напряженности электрического поля
- 2) зависит от амплитуды изменения напряженности электрического поля
- 3) равна 340 м/с
- 4) равна 300 000 км/с
- 5) больше скорости ее распространения в любом диэлектрике

Ответ: \_\_\_\_\_.

**16.27.** Длина электромагнитной волны в воздухе равна 6 мм. Чему равна частота колебаний вектора напряженности электрического поля в этой волне?

Ответ: \_\_\_\_\_ МГц.

**16.28.** Электромагнитная волна входит из воздуха в керосин. Что при этом происходит с частотой колебаний вектора напряженности электрического поля и с длиной электромагнитной волны?

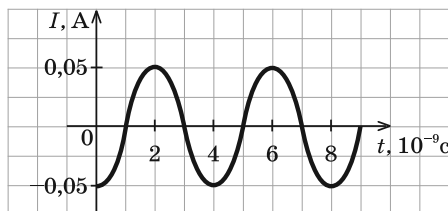
|                                |                  |
|--------------------------------|------------------|
| А) частота колебаний $\vec{E}$ | 1) увеличивается |
| Б) длина волны                 | 2) уменьшается   |
|                                | 3) не изменяется |

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| А                        | Б                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ответ:

## Принципы радиосвязи и телевидения

- 16.29.** На рисунке показан график колебаний силы тока в колебательном контуре с антенной. Определите длину электромагнитной волны, излучаемой антенной.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 16.30.** Радиостанция работает на частоте  $4 \cdot 10^8$  Гц. Чему равна длина волны, излучаемой антенной радиостанции, в воздухе? Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 16.31.** Квадратная рамка со стороной 0,5 м лежит на столе. Однородное магнитное поле ( $B = 0,4$  Тл), направленное перпендикулярно плоскости рамки, равномерно убывает до нуля в течение 0,1 с. Какую работу совершает за это время вихревое электрическое поле в рамке, если ее сопротивление равно 0,5 Ом?

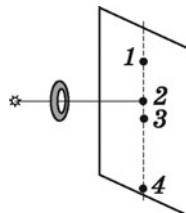
## Тема 17. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

### Прямолинейное распространение и отражение света

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 17.1.** Какая из точек на экране окажется в тени кольца, освещаемого точечным источником света?

Ответ: \_\_\_\_\_.





- 17.2. Предмет, освещенный маленькой лампочкой, отбрасывает тень на стену. Высота предмета и его тени различаются в 10 раз. Каково отношение расстояния от лампочки до стены к расстоянию от лампочки до предмета?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 17.3. Высота Солнца над горизонтом  $45^\circ$ . Определите длину тени, которую отбрасывает вертикально стоящий шест высотой 2 м.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

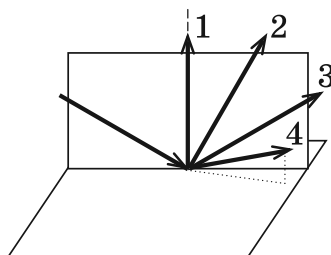
- 17.4. Солнце садится за горизонт и отражается в озере. Как при этом меняются угол падения и угол отражения лучей, падающих на поверхность озера? Установите соответствие.

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
| А) угол падения   | 1) увеличивается |
| Б) угол отражения | 2) уменьшается   |
|                   | 3) не изменяется |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 17.5. Какой из отраженных лучей на рисунке соответствует закону отражения?

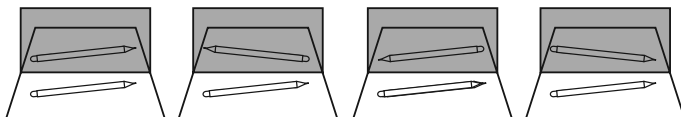


Ответ: \_\_\_\_\_.

- 17.6.** Угол падения луча на плоское зеркало был равен  $30^\circ$ . Его уменьшили на  $6^\circ$ . Чему стал равен угол между падающим и отраженным от зеркала лучами?

Ответ: \_\_\_\_\_  $^\circ$ .

- 17.7.** Отражение ручки в плоском зеркале правильно показано на рисунке



1)                      2)                      3)                      4)

Ответ: \_\_\_\_\_.

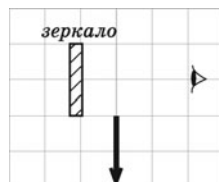
- 17.8.** Расстояние от плоского зеркала до предмета равно 10 см. Чему равно расстояние от этого предмета до его изображения в зеркале?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 17.9.** К потолку комнаты высотой 6 м прикреплено светящееся панно-лампа в виде круга диаметром 2 м. На высоте 3 м от пола параллельно ему расположен непрозрачный квадрат со стороной 2 м. Центр панно и центр квадрата лежат на одной вертикали. Определите минимальный линейный размер тени на полу.

- 17.10.** Покажите построением области пространства перед зеркалом, в котором глаз будет видеть стрелку полностью.



- 17.11.** Какая часть изображения стрелки в зеркале видна глазу (рис.)? Как надо переместить глаз наблюдателя, чтобы была видна половина стрелки? Ответ обоснуйте построением.

## Преломление света на плоских границах

### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 17.12.** На плоской границе воздух-стекло изучают отражение и преломление света, пуская на границу луч из воздуха в стекло. От стекла с показателем преломления  $n_1$  переходят к стеклу с показателем преломления  $n_2 > n_1$ , не меняя угол падения луча. Что происходит с углом отражения и углом преломления луча при замене первого стекла на второе?

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| А) угол отражения   | 1) увеличивается |
| Б) угол преломления | 2) уменьшается   |
|                     | 3) не меняется   |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

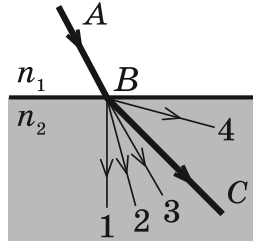
- 17.13.** Установите соответствие между названием закона и его записью в виде формулы. Углы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  — углы падения, отражения и преломления соответственно.  $n_1$  и  $n_2$  — абсолютные показатели преломления среды, из которой луч падает на границу и в которой преломляется соответственно.

|                      |  |
|----------------------|--|
| А) закон отражения   | 1) $\alpha = \beta$                    |
| Б) закон преломления | 2) $\beta = \gamma$                    |
|                      | 3) $\sin \alpha = \sin \gamma$         |
|                      | 4) $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \gamma$ |
|                      | 5) $n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \gamma$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

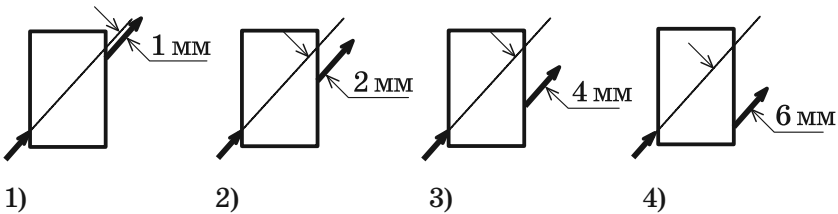
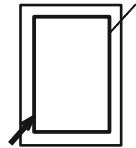
Ответ:

- 17.14. Луч  $AB$  преломляется в точке  $B$  на границе раздела двух сред с показателями преломления  $n_1 > n_2$  и идет по пути  $BC$  (рис.). Если показатель  $n_2$  уменьшить, сохранив условие  $n_1 > n_2$ , то луч  $AB$  после преломления пойдет по пути



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 17.15. В контейнеры с прозрачными стенками направляют луч света. Контейнеры наполнены воздухом, и, кроме того, в них расположены плоскопараллельные стеклянные пластины различной ширины так, как показано на рисунке. В каком из четырех контейнеров толщина пластины максимальная?



Ответ: \_\_\_\_\_.

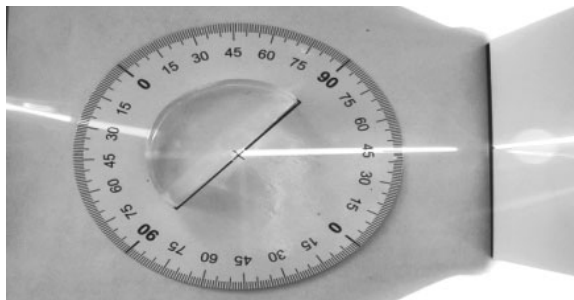
- 17.16. При изучении преломления и отражения света из оптически менее плотной среды в более плотную увеличивают угол падения от  $\alpha_1$  до  $\alpha_2$ . Выберите верные соотношения для углов падения ( $\alpha$ ) — отражения ( $\beta$ ) и падения ( $\alpha$ ) — преломления ( $\gamma$ ).

|  |  |
|--|--|
| <p>А) падение — отражение<br/>Б) падение — преломление</p> | <p>1) <math>\frac{\alpha_1}{\beta_1} = \frac{\alpha_2}{\beta_2}</math><br/>2) <math>\frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_2} = \frac{\sin \gamma_2}{\sin \gamma_1}</math><br/>3) <math>\frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \gamma_2}</math><br/>4) <math>\frac{\alpha_1}{\gamma_1} = \frac{\alpha_2}{\gamma_2}</math></p> |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 17.17.** На рисунке приведена фотография эксперимента по изучению преломления луча на стеклянном полуцилиндре. Поставьте в соответствие углы падения и преломления на плоской границе полуцилиндра.

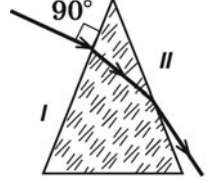
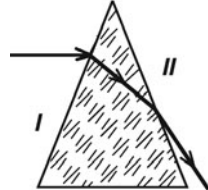


|  |   |
|--|---|
| <p>А) угол падения<br/>Б) угол преломления</p> | <p>1) 0°<br/>2) 30°<br/>3) 45°<br/>4) 60°</p> |
|--|---|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

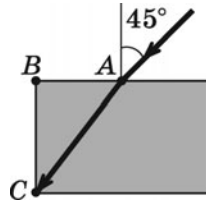
**17.18.** Поставьте в соответствие рисунок, на котором показан построенный учеником ход луча в треугольной призме при его падении из воздуха на одну из граней призмы, и замечание учителя, касающееся соответствия рисунка закону преломления на границе воздух-стекло (I) и стекло-воздух (II).

|   |   |
|---|---|
|  <p>A)</p>  <p>Б)</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) нарушен на границе I, выполнен на границе II</li> <li>2) нарушен и на границе I, и на границе II</li> <li>3) выполнен на границе I и II</li> <li>4) выполнен на границе I, нарушен на границе II</li> </ol> |
|---|---|

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| А                        | Б                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ответ:

**17.19.** Купив лазерную указку, школьник решил использовать ее для определения показателя преломления неизвестной жидкости. Он взял прямоугольную пластмассовую коробочку с тонкими стенками, налил в нее жидкость и направил луч лазера параллельно одной из стенок так, что, преломившись на поверхности, луч попал точно в угол коробочки (рис.). Оказалось, что угол падения луча  $\alpha = 45^\circ$ . Пометив маркером точку А вхождения луча лазера в коробку, он измерил нужные рас-



стояния  $AB = 6$  см и  $AC = 10$  см и оценил показатель преломления жидкости  $n$ . Какое значение показателя преломления он получил? Ответ округлить до десятых.

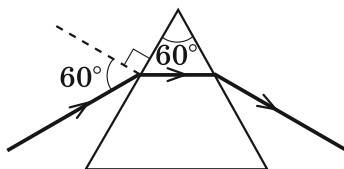
Ответ: \_\_\_\_\_.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 17.20.** В дно водоема вертикально забита свая длиной 3 м так, что ее верхний конец находится под водой. Найдите длину тени от сваи на дне водоема, если угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен  $30^\circ$ .

Показатель преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ .

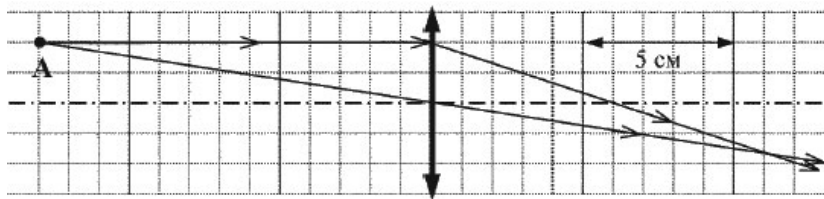
- 17.21.** Луч света падает из воздуха на призму под углом  $60^\circ$  (рис.) и выходит из нее под тем же углом. Чему равен показатель преломления призмы?



### Линза. Система линз

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 17.22.** Чему равно фокусное расстояние собирающей линзы (рис.)?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

**17.23.** Выберите два верных утверждения о лучах, проходящих через тонкую рассеивающую линзу.

- 1) Любой луч, падающий на линзу и не проходящий через ее центр, после нее отклоняется в сторону от оптической оси.
- 2) Луч, параллельный оптической оси и не совпадающий с ней, после линзы направляется в ее фокус.
- 3) Луч, идущий через один из фокусов и падающий на линзу, после нее идет параллельно оптической оси.
- 4) Лучи, параллельные друг другу и оптической оси, рассеиваются так, что их продолжения пересекают фокус.
- 5) Лучи, проходящие через центр линзы, после линзы попадают в фокус.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**17.24.** Установите соответствие между положением источника света около собирающей линзы и типом изображения этого источника в линзе.

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| А) источник между линзой и фокусом  | 1) мнимое и прямое               |
| Б) источник на расстоянии больше фокусного, но меньше удвоенного фокусного расстояния | 2) действительное и прямое       |
|   | 3) мнимое и перевернутое         |
|   | 4) действительное и перевернутое |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**17.25.** Получают изображение удаленного предмета в собирающей и рассеивающей линзе. Установите соответствие между видом линзы и расстоянием от линзы до изображения.



|  |   |
|--|---|
| А) собирающая линза<br>Б) рассеивающая линза | 1) меньше фокусного<br>2) больше фокусного, но меньше удвоенного фокусного<br>3) равно удвоенному фокусному<br>4) больше двойного фокусного |
|--|---|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**17.26.** Прямая нить накала лампы размером  $d$ , параллельная плоскости линзы и находящаяся на расстоянии  $a$  от линзы, дает четкое изображение на экране, расположенном на расстоянии  $b$  от линзы. Установите соответствие между видом изображения и формулой для расчета его размера.

|  |  |
|--|--|
| А) увеличенное изображение<br>Б) уменьшенное изображение | 1) $d \frac{a}{b}$<br>2) $d \frac{b}{a}$<br>3) $d \frac{a}{a+b}$<br>4) $d \frac{b}{a+b}$ |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**17.27.** Фокусное расстояние рассеивающей линзы — 20 см. Расстояние от источника света до линзы — 30 см. На каком расстоянии от линзы получится изображение источника при его построении?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

**17.28.** Установите соответствие между оптической системой и типом изображения, получаемого в ней.

- А) изображение на матрице объективной камеры мобильного телефона  
 Б) изображение на сетчатке глаза человека

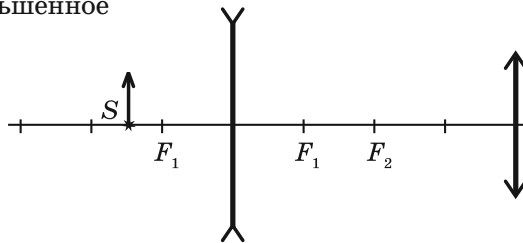
- 1) увеличенное действительное  
 2) уменьшенное действительное  
 3) увеличенное мнимое  
 4) уменьшенное мнимое

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 17.29.** Фокусы рассеивающей линзы оптической системы обозначены на рисунке  $F_1$ , фокус собирающей —  $F_2$ . Предмет расположен в точке  $S$ . Выберите две верные характеристики изображения, получаемого в этой системе линз.

- 1) мнимое  
 2) прямое  
 3) перевернутое  
 4) увеличенное  
 5) уменьшенное



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 17.30.** На оси  $X$  в точке  $x_1 = 0$  находится тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $f = 60$  см, а в точке  $x_2 > 0$  — плоское зеркало, перпендикулярное оси  $X$ . Главная оптическая ось линзы лежит на оси  $X$ . На линзу по оси  $X$  падает параллельный пучок света из области  $x < 0$ . Пройдя оптическую систему, пучок остается параллельным. Определите расстояние  $l$  от линзы до зеркала.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

**Задания, требующие развернутого ответа**

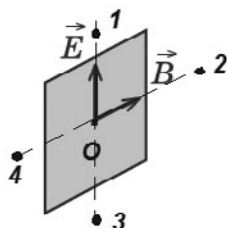
- 17.31.** Изображение предмета, расположенного на расстоянии 80 см от тонкой рассеивающей линзы, наблюдается на расстоянии 48 см от нее. Найдите модуль фокусного расстояния рассеивающей линзы.
- 17.32.** С помощью линзы получили мнимое уменьшенное в 2 раза по сравнению с предметом изображение, когда предмет располагался на расстоянии 4 см от линзы. Чему равно фокусное расстояние линзы?
- 17.33.** Определите увеличение, даваемое линзой, фокусное расстояние которой равно  $F = 0,26$  м, если предмет отстоит от нее на расстоянии  $a = 30$  см.
- 17.34.** Определите оптическую силу объектива проекционного аппарата, если он дает 30-кратное увеличение, когда проецируемый на экран кадр находится от него на расстоянии 25 см.
- 17.35.** Объектив фотоаппарата имеет фокусное расстояние  $F = 5$  см, а размер матрицы  $h \cdot l = 24 \cdot 36$  мм. С какого расстояния  $d$  надо сфотографировать чертеж размером  $H \cdot L = 240 \cdot 300$  мм, чтобы получить максимальный размер изображения на матрице?
- 17.36.** На оси  $X$  в точке  $x_1 = 10$  см находится тонкая рассеивающая линза, а в точке  $x_2 = 30$  см — тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $f_2 = 24$  см. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси  $X$ . Свет от точечного источника, расположенного в точке  $x = 0$ , пройдя данную оптическую систему, распространяется параллельным пучком. Найдите оптическую силу  $D$  рассеивающей линзы.

## Тема 18. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

### Свет — один из видов электромагнитной волны. Дисперсия света

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 18.1. На металлическую пластину перпендикулярно ее поверхности падает свет (рис.). В направлении к какой из точек, обозначенных цифрами, начнут двигаться электроны из точки О?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 18.2. Выберите диапазон длин волн, соответствующий видимому и инфракрасному излучению среди предложенных.

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| А) видимый свет           | 1) 800 нм — 1 мм        |
| Б) инфракрасное излучение | 2) 400 нм — 700 нм      |
|                           | 3) 10 нм — 380 нм       |
|                           | 4) $10^{-10}$ нм — 5 нм |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 18.3. Установите соответствие между физическими величинами и формулами для их вычисления, если скорость света в вакууме  $c$ , а длина волны  $\lambda$ .

|   |                |
|---|----------------|
| А) скорость света в среде с показателем преломления $n$ | 1) $nc$        |
| Б) длина волны в среде с показателем преломления $n$    | 2) $c/n$       |
|   | 3) $\lambda$   |
|   | 4) $\lambda n$ |
|   | 5) $\lambda/n$ |

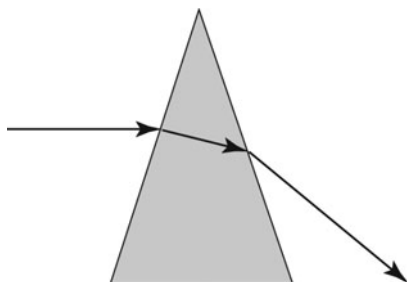
|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**18.4.** Скорость света в вакууме 300 000 км/с. Скорость света в стекле 200 000 км/с. Чему равен показатель преломления стекла?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**18.5.** На призму треугольного сечения падает пучок света красного лазера (рис.).



Затем на ту же призму под тем же углом пускают пучок зеленого лазера. Как при этом изменятся следующие величины: частота излучения, падающего на призму; скорость света в материале призмы?

Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

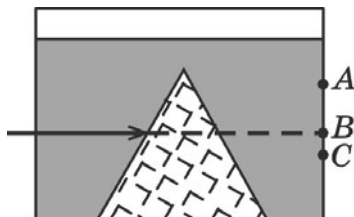
1) увеличится      2) уменьшится      3) не изменится

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

| Частота излучения,<br>падающего на призму | Скорость света<br>в материале призмы |
|---|--------------------------------------|
|   |                                      |

**18.6.** В аквариум в форме параллелепипеда поставлена стеклянная призма (рис.). Параллельно дну сосуда направляют луч лазера, а затем наливают жидкость. Показатели преломления стекла и жидкости соотносятся

как  $n_{ж} > n_{ст}$ . Установите соответствие между точками возможного падения луча на противоположную стенку аквариума и наличием жидкости в аквариуме.

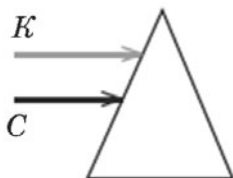


|                                |      |
|--------------------------------|------|
| А) аквариум пуст               | 1) А |
| Б) аквариум заполнен жидкостью | 2) В |
|                                | 3) С |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 18.7. Параллельные лучи от лазеров, дающих красный (К) и синий (С) свет, падают из воздуха на грань стеклянной призмы так, как показано на рисунке. Выберите два верных утверждения о характере прохождения лучей через призму.



- 1) Лучи пересекутся внутри призмы.
- 2) Лучи пересекутся в воздухе после прохождения призмы.
- 3) Лучи не изменят своего направления при прохождении призмы.
- 4) Лучи не пересекутся внутри призмы.
- 5) Лучи не пересекутся в воздухе после прохождения призмы.

## Интерференция. Дифракция. Поляризация света

### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

**18.8.** Установите соответствие между названием оптического явления и описанием опыта, в котором оно наблюдается.

|  |  |
|--|--|
| <p>А) интерференция света<br/>Б) дифракция света</p> | <p>1) при прохождении белого света через призму на экране за призмой наблюдается серия цветных полос<br/>2) при падении красного света лазера на две щели на белом экране за щелями наблюдается серия чередующихся белых и красных полос<br/>3) при падении красного лазерного пучка на непрозрачный диск в середине тени диска наблюдается красное пятно<br/>4) при падении света лазера на параллельную экрану пластину из кристалла турмалина освещенность экрана за пластиной меняется при вращении пластины вокруг оси, перпендикулярной плоскости пластины</p> |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

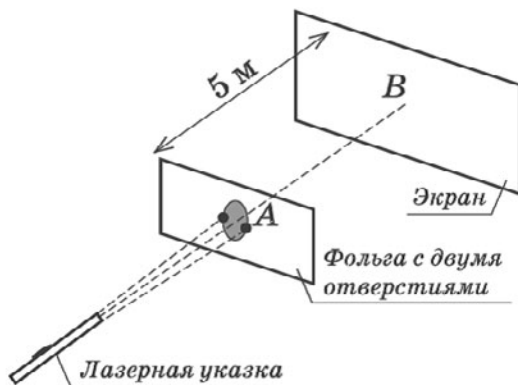
Ответ:

**18.9.** Два когерентных источника излучают волны с одинаковыми начальными фазами. Периоды колебаний 0,2 с, скорость распространения волн 300 м/с. В точках  $M$  и  $N$  наблюдаются первый и второй интерференционные максимумы. Чему равны разности хода волн от когерентных источников до точки  $M$  и  $N$ ? В ответ запишите два числа, не разделяя их пробелами.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

**18.10.** В алюминиевой фольге острой иглой прокалывают два небольших отверстия на расстоянии 0,5 мм друг от друга и направляют на них луч лазерной указки, пе-

рекрывающий оба отверстия. На экране, расположенном на расстоянии 5 м от фольги, наблюдают череду освещенных и неосвещенных светом вертикальных полос (рис.). Точка  $B$  расположена в области геометрической тени на оси симметрии, проходящей посередине между центрами отверстий перпендикулярно фольге и экрану.



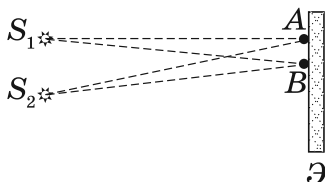
Выберите два верных утверждения из описания картины на экране при использовании лазерных указок, дающих красный и зеленый свет.

- 1) В точке  $B$  всегда наблюдается неосвещенная светом полоса.
- 2) В точке  $B$  всегда наблюдается освещенная белая полоса.
- 3) В точке  $B$  наблюдается освещенная красная или зеленая полоса, в зависимости от цвета излучения указки.
- 4) Расстояние между освещенными полосами растет при переходе от указки с зеленым цветом к указке с красным цветом.
- 5) Расстояние между освещенными полосами растет при переходе от указки с красным цветом к указке с зеленым цветом.

Ответ: \_\_\_\_\_.



**18.11.** Свет длиной волны  $\lambda$  от двух синфазных когерентных источников  $S_1$  и  $S_2$  достигает экрана  $\mathcal{E}$ . На нем наблюдается интерференционная картина.



Установите соответствие между условиями возникновения интерференционных максимумов и минимумов в точках  $A$  и  $B$  на экране.

|  |  |
|--|--|
| <p>А) в точках <math>A</math> и <math>B</math> наблюдаются темные полосы</p> <p>Б) в точках <math>A</math> и <math>B</math> наблюдаются светлые полосы</p> | <p>1) <math>S_2B = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}</math>;<br/> <math>S_2A = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}</math>,<br/> где <math>k, m</math> — целые числа</p> <p>2) <math>S_2B - S_1B = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}</math>;<br/> <math>S_2A - S_1A = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}</math>,<br/> где <math>k, m</math> — целые числа</p> <p>3) <math>S_2B = \frac{2k\lambda}{2}</math>; <math>S_1A = \frac{2m\lambda}{2}</math>,<br/> где <math>k, m</math> — целые числа</p> <p>4) <math>S_2B - S_1B = \frac{2k\lambda}{2}</math>;<br/> <math>S_2A - S_1A = \frac{2m\lambda}{2}</math>,<br/> где <math>k, m</math> — целые числа</p> |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**18.12.** Энергия  $W$ , приносимая на единицу площади поверхности экрана одной электромагнитной волной, пропорциональна квадрату амплитуды напряженности электрического поля в ней. В данной точке экрана интер-

ферируют две такие когерентные волны с одинаковой амплитудой. Чему равно отношение энергии, падающей на единицу поверхности в данной точке экрана, к энергии  $W$ , если в данной точке экрана наблюдается интерференционный максимум?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**18.13.** Выберите два верных утверждения.

Интерференцией света объясняются следующие физические явления

- 1) появление радужного окрашивания на границе светлых полос на экране в опыте Юнга
- 2) появление радужных полос при прохождении солнечного света через призму в опыте Ньютона
- 3) различный цвет фрагментов рисунка на обложке учебника
- 4) различное окрашивание пятен на потолке дискотеки при замене светофильтров на вращающемся проекторе
- 5) окрашивание фрагментов мыльной пленки на солнечном свету в разные цвета

Ответ: \_\_\_\_\_.

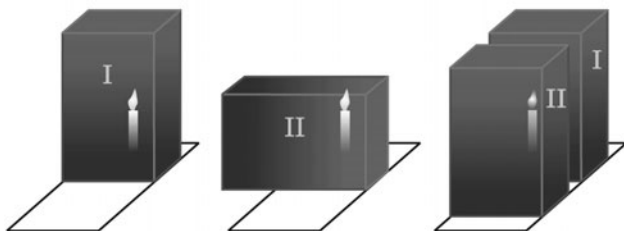
**18.14.** Монохроматическая волна с частотой  $\nu = 6 \cdot 10^{14}$  Гц падает перпендикулярно поверхности тонкой пленки толщиной  $d = 10^{-5}$  м из вакуума. Вещество пленки имеет показатель преломления, равный  $n = 1,5$ . Каково отношение разности хода  $\Delta$  между волнами, отразившимися от первой и второй границы пленки, к длине волны света в пленке? Считать, что при отражении не происходит сдвига фаз колебаний вектора напряженности электрического поля волны.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**18.15.** Имеются два (I и II) одинаковых кристалла турмалина, с помощью которых изучают поляризацию. При рассматривании через них горящей свечи она вид-

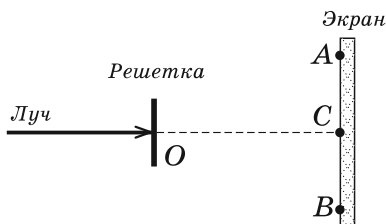
на при всех трех способах расположения кристаллов, показанных на рисунке. Что будет наблюдаться при повороте кристалла II по часовой стрелке на  $180^\circ$  на правом рисунке? Выберите два верных утверждения.

- 1) Картина останется неизменной.
- 2) Поверхность II будет постепенно темнеть и в конце поворота свеча не будет видна сквозь два кристалла.
- 3) Поверхность II будет сначала темнеть, потом посветлеет.
- 4) При повороте на небольшой угол свеча исчезнет и поверхность II останется темной до конца поворота.
- 5) В конце поворота свеча будет видна сквозь два кристалла, как и в исходном положении.



Ответ: \_\_\_\_\_.

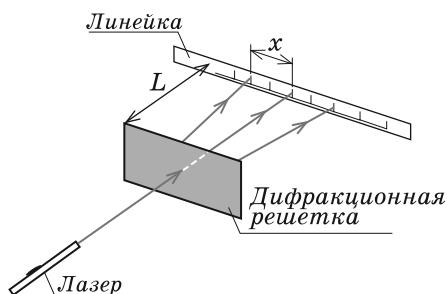
- 18.16.** Лазерный луч падает перпендикулярно на дифракционную решетку. На вертикальной стене наблюдается серия ярких пятен, расположенных вдоль вертикали АВ. Какие изменения произойдут в расположении пятен на экране при повороте решетки на  $90^\circ$  вокруг оси ОС (рис.)? Выберите два верных утверждения.



- 1) Расположение пятен не изменится.
- 2) Пятна исчезнут.
- 3) Пятна расположатся на горизонтальной линии.
- 4) Пятно в точке  $C$  исчезнет.
- 5) Пятно в точке  $C$  при повороте не будет двигаться.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 18.17.** На рисунке показана установка для измерения длины световой волны с помощью дифракционной решетки. Расстояние от решетки до линейки —  $L$ , период решетки —  $d$ . На решетку падает луч от лазера перпендикулярно плоскости решетки, при этом на линейке на расстоянии  $x \ll L$  друг от друга (рис.) возникают яркие пятна. Установите соответствие между физическими величинами и формулами для их вычисления.



- А) длина волны света, излучаемого лазером  
Б) частота света, излучаемого лазером

- 1)  $xd/L$
- 2)  $Ld/x$
- 3)  $xL/d$
- 4)  $xd/Lc$
- 5)  $Lc/xd$

| А | Б |
|---|---|
|   |   |

Ответ:

- 18.18.** Выберите два верных утверждения, определяющих условия, при которых требуется для вычисления расстояния  $x_n$  от нулевого до  $n$ -го дифракционного максимума

ма в дифракционной решетке для света с длиной волны  $\lambda$  применять выражения А или Б ( $L$  — расстояние от решетки до экрана,  $d$  — период решетки).

А)  $x_n = \frac{\lambda L}{d}$

Б)  $x_n = L \cdot \operatorname{tg}(\arcsin \frac{n\lambda}{d})$

- 1) Формулы А и Б всегда дают идентичный результат.
- 2) Формула А дает достаточно точный результат только при  $x_n \ll L$  и  $n\lambda \ll d$ .
- 3) Формула Б дает достаточно точный результат только при  $x_n \ll L$  и  $n\lambda \ll d$ .
- 4) Формула А всегда дает достаточно точный результат.
- 5) Формула Б всегда дает достаточно точный результат.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**18.19.** Используя лазер с перестраиваемой частотой излучаемого света, на дифракционную решетку пускают излучение с нарастающей частотой излучения. Что при этом происходит с длиной волны излучения и расстоянием между дифракционными максимумами на экране, положение которого не меняется в ходе опыта?

|   |                        |
|---|------------------------|
| А) длина волны  | 1) увеличивается       |
| Б) расстояние между двумя ближайшими дифракционными максимумами | 2) уменьшается         |
|   | 3) остается неизменным |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

### Задания, требующие развернутого ответа

**18.20.** Два полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них перпендикулярно плоскости зеркал падает световая волна частотой  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Чему должно быть равно минимальное расстояние между

зеркалами, чтобы наблюдался первый максимум интерференции проходящих лучей? Сдвиг фаз волн при отражении от границ раздела сред не учитывать.

- 18.21.** Используя мощный излучатель и линзу, на дифракционную решетку направляют белый свет. В результате на экране за решеткой наблюдается серия спектров справа и слева от нулевого максимума (рис.).



Чему равна длина волны фиолетового излучения, содержащегося в спектре излучателя, если фиолетовая полоса в спектре второго порядка наложилась на красную полосу в спектре первого порядка, а положение красных полос в спектрах излучателя оказалось там же, где дифракционные максимумы, получаемые от излучения лазера с длиной волны  $750 \text{ нм}$ ? Расстояние от решетки до экрана  $1,5 \text{ м}$ .

- 18.22.** На дифракционную решетку с периодом  $d = 0,005 \text{ мм}$  нормально к ее поверхности падает параллельный пучок монохроматического света длиной волны  $\lambda = 500 \text{ нм}$ . За решеткой, параллельно ее плоскости, расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $f = 6 \text{ см}$ . Чему равно расстояние между максимумами первого и второго порядков на экране, расположенном в фокальной плоскости линзы?

## Тема 19. ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

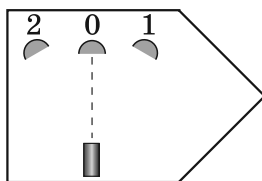
**19.1.** Выберите два утверждения, не противоречащих постулатам специальной теории относительности ( $c$  — скорость света в вакууме).

- 1) Субсветовой электрон в ускорителе достиг скорости  $2c$  относительно ускорителя.
- 2) Электромагнитная волна, в отличие от частиц, обладающих массой, может двигаться относительно источника света со скоростью больше  $c$ .
- 3) Расстояние между двумя электронами, испущенными ядром со скоростью  $0,8c$  в противоположных направлениях, растет со временем в системе отсчета, связанной с ядром, по закону  $1,6ct$ .
- 4) Протоны в адронном коллайдере могут разгоняться до скоростей  $1,1c$  относительно поверхности Земли.
- 5) Ни один материальный объект, включая электромагнитную волну, не может перемещаться со скоростью выше  $c$  ни в одной инерциальной системе отсчета.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19.2.** Луч лазера в неподвижной ракете попадает в приемник, расположенный в точке 0 (рис.).

Установите соответствие между описанием движения ракеты и положением приемника лазерного излучения в ракете, если излучение должно попасть в приемник.



|   |   |
|---|---|
| А) ракета движется вправо относительно неподвижной системы отсчета с постоянной скоростью | 1) приемник в точке 0<br>2) приемник в точке 1<br>3) приемник в точке 2 |
| Б) ракета движется влево относительно неподвижной системы отсчета с постоянной скоростью  |   |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 19.3.** В некоторой системе отсчета с одинаковыми скоростями  $100\,000\text{ км/с}$  движутся навстречу друг другу две светящиеся кометы. Чему равна скорость света, испущенного первой кометой относительно другой кометы?

Ответ: \_\_\_\_\_ км/с.

- 19.4.** Как известно, при увеличении массы груза пружинного маятника на Земле в 4 раза его период колебаний возрастает в 2 раза. Во сколько раз возрастет период колебаний маятника при увеличении массы груза в 4 раза, если этот опыт будет проводиться в системе отсчета, движущейся относительно Земли с постоянной скоростью, равной  $0,6c$ ?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 19.5.** Электрон, двигаясь в ускорителе, достигает скорости, приближающейся к скорости света. Что при этом происходило с его импульсом и полной энергией?

Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) не изменялась    2) увеличивалась    3) уменьшалась

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

| Импульс электрона | Полная энергия электрона |
|-------------------|--------------------------|
|                   |                          |



**19.6.** Солнце непрерывно излучает большое количество энергии. За время  $\Delta t$  энергия излучения составила  $E$ . Выберите два верных утверждения, соответствующих выводам теории относительности.

- 1) Масса Солнца не изменилась.
- 2) Масса Солнца увеличилась.
- 3) Масса Солнца уменьшилась.
- 4) Изменение массы Солнца составило  $\Delta m = \frac{ER}{G}$  ( $R$  — радиус Солнца,  $G$  — гравитационная постоянная).
- 5) Изменение массы Солнца составило  $\Delta m = \frac{E}{c^2}$  ( $c$  — скорость света в вакууме).

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19.7.** Ядро изотопа водорода дейтерия состоит из протона и нейтрона, которые прочно связаны друг с другом ядерными силами. Выберите два верных утверждения об инертных массах элементарных частиц и ядра дейтерия, являющихся выводами теории относительности.

- 1) Масса ядра равна сумме масс элементарных частиц.
- 2) Масса ядра больше массы элементарных частиц.
- 3) Масса ядра меньше массы элементарных частиц.
- 4) Для разделения ядра на составляющие его частицы требуются затраты энергии.
- 5) При самопроизвольном распаде ядра на составляющие частицы выделяется энергия в виде кинетической энергии частиц.

Ответ: \_\_\_\_\_.

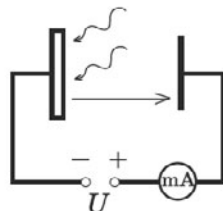
## Раздел IV. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

### Тема 20. ФОТОННАЯ ТЕОРИЯ СВЕТА

#### Закономерности фотоэффекта и уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

##### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

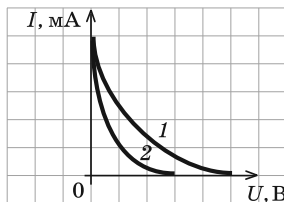
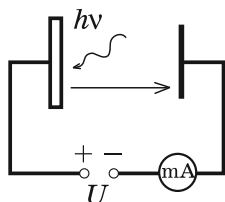
**20.1.** Выберите два утверждения, определяющие закономерности, обнаруженные при исследовании фотоэффекта на установке, схема которой приведена на рисунке.



- 1) С ростом напряжения сила фототока сначала нарастает, а затем достигает предельного значения.
- 2) В отсутствие приложенного напряжения фототок равен нулю при любой интенсивности падающего излучения.
- 3) При частоте падающего на фотокатод излучения меньшей величины  $\nu_0$  фототок не наблюдается ни при какой интенсивности излучения.
- 4) Предельное значение фототока не зависит от интенсивности излучения.
- 5) При заданной интенсивности излучения и напряжении между катодом и анодом сила фототока не зависит от материала фотокатода.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**20.2.** Было проведено два эксперимента по измерению зависимости фототока от приложенного напряжения между фотокатодом и анодом. В этих экспериментах одна и та же металлическая пластинка фотокатода освещалась пучком монохроматического света. Какое из утверждений верно?



- 1) Зависимости получены для световых пучков с одинаковой интенсивностью.
- 2) Зависимости получены для световых пучков с одинаковой длиной волны.
- 3) Зависимости получены для световых пучков с одинаковой частотой.
- 4) Зависимости соответствуют разной кинетической энергии выбиваемых из освещаемой пластины электронов.
- 5) Зависимости получены при потенциале анода выше потенциала катода.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**20.3.** Установите соответствие между измеряемыми при изучении фотоэффекта физическими величинами и величинами, используемыми для трактовки закономерностей фотоэффекта в теории Эйнштейна для фотоэффекта.

|  |  |
|--|--|
| <p>А) произведение запирающего потенциала на элементарный заряд</p> <p>Б) произведение частоты, соответствующей красной границе фотоэффекта на постоянную Планка</p> | <p>1) кинетическая энергия электронов</p> <p>2) число электронов, вылетающих в единицу времени из фотокатода</p> <p>3) работа выхода</p> <p>4) энергия падающего фотона</p> <p>5) число фотонов, падающих в единицу времени на фотокатод</p> |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 20.4. Во втором эксперименте по изучению фотоэффекта, проводимом с одним и тем же материалом освещаемого электрода, задерживающий потенциал увеличился в 4 раза. Чему равно отношение максимальных скоростей электронов, вылетающих из электрода, во втором и в первом случаях?

Ответ: \_\_\_\_\_.

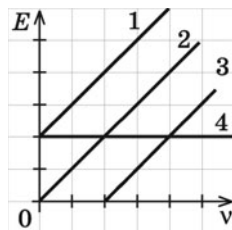
- 20.5. На пластину из никеля падает электромагнитное излучение, энергия фотонов которого равна 9 эВ. При этом в результате фотоэффекта из пластины вылетают электроны с максимальной энергией 4 эВ. Чему равна работа выхода электронов из никеля?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

- 20.6. Фотоэффект прекращается при уменьшении энергии фотона до 1,5 эВ. Чему равна кинетическая энергия электронов при облучении той же пластины фотонами с энергией в 3 раза больше?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

- 20.7. Какой график соответствует зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов  $E$  от частоты  $\nu$  падающих на вещество фотонов при фотоэффекте (рис.)?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 20.8. При работе выхода вдвое меньшей энергии фотонов из фотокатода вакуумного фотоэлемента выбиваются фотоэлектроны. Энергию фотонов увеличивают в 3 раза. Чему равно отношение максимальной кинетической энергии фотоэлектронов во втором и первом случаях?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**Задания, требующие развернутого ответа**

- 20.9.** Фотокатод облучают светом, длина волны которого  $\lambda = 300$  нм. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 400$  нм. Какое напряжение нужно приложить между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился?
- 20.10.** В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, один из которых заземлен. К ним подключен конденсатор емкостью  $C_1 = 10\,000$  пФ. При длительном освещении катода светом фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд  $q = 10^{-8}$  Кл. Работа выхода электронов из кальция  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите длину волны света, освещающего катод.
- 20.11.** Чему равна длина волны  $\lambda_k$ , соответствующая красной границе фотоэффекта, если при облучении металлической пластинки светом длиной волны  $\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7}$  м максимальная скорость выбиваемых электронов составляет 800 км/с?
- 20.12.** Фотоэффект у данного металла начинается при частоте излучения  $\nu_0 = 6 \cdot 10^{14}$  Гц. Найдите частоту падающего света, если вылетающие с поверхности металла фотоэлектроны полностью задерживаются сеткой, потенциал которой относительно металла составляет  $U = 4$  В.
- 20.13.** При облучении катода светом частотой  $\nu = 1,2 \cdot 10^{15}$  Гц фототок прекращается при приложении между анодом и катодом напряжения  $U = 1,65$  В. Чему равна частота  $\nu_0$ , соответствующая красной границе фотоэффекта для вещества фотокатода?
- 20.14.** Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж), освещается светом частотой  $\nu = 2 \cdot 10^{15}$  Гц. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно

линиям индукции этого поля и движутся по окружности, у которой максимальный радиус  $R = 10$  мм. Чему равна индукция магнитного поля  $B$ ?

- 20.15.** При облучении металлической пластинки фотоэффект имеет место только в том случае, если импульс  $p$  падающих на нее фотонов превышает  $3,6 \cdot 10^{-27}$  кг · м/с. С какой скоростью будут покидать пластинку электроны, если облучать ее светом, частота которого вдвое больше?
- 20.16.** Фотоны, имеющие энергию 6 эВ, выбивают электроны с поверхности металла. Работа выхода электронов из металла равна 5,7 эВ. Какой импульс приобретает электрон при вылете с поверхности металла?

### Фотоны и их свойства

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 20.17.** Установите соответствие между импульсом фотона с определенной частотой и источником электромагнитного излучения определенного диапазона.

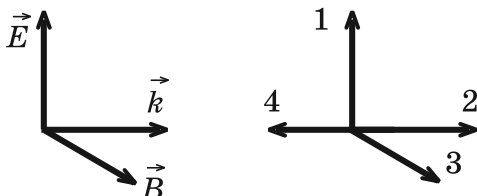
|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| А) фотон с максимальным импульсом | 1) инфракрасный светодиод                         |
| Б) фотон с минимальным импульсом  | 2) настольная лампа с зеленым абажуром            |
|                                   | 3) кварцевая ультрафиолетовая бактерицидная лампа |
|                                   | 4) рентгеновский аппарат                          |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

- 20.18.** На рисунке показано взаимное расположение векторов напряженности электрического поля  $\vec{E}$  и магнитной индукции  $\vec{B}$  в электромагнитной волне. Вектор  $\vec{k}$  ука-

зывает направление распространения волны. Какая из стрелок — 1, 2, 3 или 4 — указывает направление импульса фотона этого излучения?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 20.19.** Два источника света излучают волны, длина волны которых  $\lambda_1 = 4 \cdot 10^{-7}$  и  $\lambda_2 = 8 \cdot 10^{-7}$  м. Чему равно отношение импульсов  $\frac{p_1}{p_2}$  фотонов, излучаемых первым и вторым источниками?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 20.20.** Чему равен импульс фотона с энергией 6 эВ? Ответ в единицах СИ домножить на  $10^{27}$  и записать в бланк ответов.

Ответ: \_\_\_\_\_.

### Задания, требующие развернутого ответа

- 20.21.** Одна десятая часть фотонов монохроматического света источника мощностью  $P$  падает на тело черного цвета массой  $m$ , изготовленное из материала с удельной теплоемкостью  $c$ . Частота излучения  $\nu$ . На сколько градусов нагреется тело за время  $t$ , если считать, что свет поглощается полностью, и пренебречь теплоотводом от него. Сколько фотонов поглотило тело за это время?
- 20.22.** Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус — скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой пленки, которая зеркально отражает солнечный свет. Чему равно добавочное изменение скорости космического аппарата массой 1000 кг (включая массу паруса) за 24 часа, если размеры паруса

200 м × 200 м? Мощность  $W$  солнечного излучения, падающего на 1 м<sup>2</sup> поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет 1370 Вт/м<sup>2</sup>.

### Корпускулярно-волновой дуализм

**20.23.** Выберите оптические явления, в которых наиболее ярко проявляются волновые и корпускулярные свойства света. Установите соответствие между элементами, указанными в первом и втором столбцах таблицы.

|  |                        |
|--|------------------------|
| А) явление, закономерности которого трудно толковать иначе, чем представляя свет электромагнитной волной | 1) отражение света     |
| Б) явление, закономерности которого трудно толковать иначе, чем представляя свет потоком фотонов         | 2) фотоэффект          |
|  | 3) интерференция света |
|  | 4) давление света      |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**20.24.** Выберите два явления, в которых проявляются волновые свойства электронов.

- 1) Появление серии узких полос на фотопленке при падении на нее двух потоков электронов, образованных при огибании потоком электронов заряженной иглы.
- 2) Движение электронов по окружности в однородном магнитном поле.
- 3) Выбивание электронов из металлической пластины при освещении ее ультрафиолетом.
- 4) Отражение электронов при падении их на кристалл только в определенных направлениях.
- 5) Появление тока в вакууме при нагревании одного электрода и прикладывании положительного напряжения к другому.

Ответ: \_\_\_\_\_.



**20.25.** Поставьте в соответствие физические величины и выражения для их расчета.

|  |                     |
|--|---------------------|
| А) длина волны электрона, имеющего массу $m$ и скорость $v$                                | 1) $\frac{h}{mv}$   |
| Б) длина волны излучения, которое описывается как поток фотонов в вакууме с частотой $\nu$ | 2) $\frac{h\nu}{c}$ |
|  | 3) $\frac{h\nu}{m}$ |
|  | 4) $\frac{c}{\nu}$  |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**20.26.** Поставьте в соответствие представленные частицы, летящие с одинаковой скоростью, и волны де Бройля для них.

|  |                  |
|--|------------------|
| А) частица с максимальной волной де Бройля | 1) электрон      |
| Б) частица с минимальной волной де Бройля  | 2) протон        |
|  | 3) нейтрон       |
|  | 4) атом водорода |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

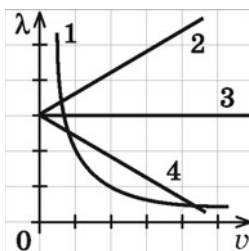
**20.27.** Электрон разгоняется в электрическом поле, увеличивая свою скорость. Как меняются его импульс и волна де Бройля в этом процессе?

|                    |                  |
|--------------------|------------------|
| А) импульс         | 1) увеличивается |
| Б) волна де Бройля | 2) уменьшается   |
|                    | 3) не меняется   |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**20.28.** На каком из графиков правильно показана зависимость длины волны де Бройля электрона от его скорости?



Ответ: \_\_\_\_\_.

**20.29.** Чему равна длина волны де Бройля для частицы, обладающей импульсом  $100 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ ? В ответе укажите число, умноженное на  $10^{38}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

## Тема 21. БОРОВСКАЯ МОДЕЛЬ АТОМА

### Планетарная модель строения атома

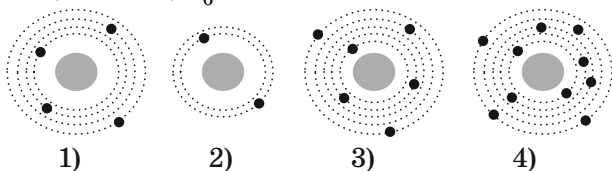
#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

**21.1.** Выберите два верных утверждения. Планетарная модель атома была предложена

- 1) только после экспериментов по измерению заряда электрона
- 2) только после экспериментов по рассеянию  $\alpha$ -частиц на металлической фольге
- 3) только после обнаружения радиоактивного распада урана с испусканием  $\alpha$ -частиц
- 4) А. Беккерелем
- 5) Э. Резерфордом
- 6) Р. Милликеном

Ответ: \_\_\_\_\_.

**21.2.** На рисунке изображены схемы четырех атомов. Черными точками обозначены электроны. Какая схема соответствует атому  $^{12}_6\text{C}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_.

**21.3.** Сколько электронов содержит электронная оболочка в нейтральном атоме  $^{31}_{15}\text{P}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**21.4.** В опытах Резерфорда по рассеянию  $\alpha$ -частиц при их прохождении через золотую фольгу было обнаружено, что только одна из примерно 8000 частиц отклоняется на углы, большие  $90^\circ$ . Выберите два утверждения, соответствующие объяснению этих фактов Э. Резерфордом.

- 1) Масса  $\alpha$ -частиц в несколько тысяч раз меньше массы ядра золота.
- 2) Скорость  $\alpha$ -частиц в тысячи раз меньше скорости электронов в атоме.
- 3) Площадь сечения ядра на несколько порядков меньше площади сечения атома.
- 4) Подавляющее большинство  $\alpha$ -частиц поглощается фольгой.
- 5) Заряд ядра совпадает с зарядом  $\alpha$ -частицы.

Ответ: \_\_\_\_\_.

### Энергетические уровни атома по Бору. Излучение и поглощение света атомом

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

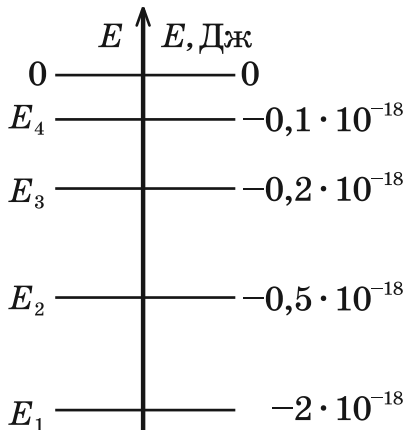
**21.5.** Выберите два верных утверждения, отражающих модель атома водорода по Бору.

- 1) Атом может иметь только определенный дискретный набор энергий.

- 2) Форма орбит электрона вокруг ядра зависит от энергии электрона.
- 3) При поглощении порции энергии, равной разнице между одним и другим уровнями энергий, электрон в атоме переходит на более удаленную от ядра круговую орбиту.
- 4) При ударе с другим атомом атом может потерять любую порцию энергии.
- 5) При электронном ударе атом может перейти в возбужденное состояние, получив от электрона любую порцию энергии.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 21.6.** На рисунке изображена схема возможных значений энергии атомов газа. Какую энергию имел фотон, если при его поглощении атом перешел из состояния 1 в состояние 4?



Ответ: \_\_\_\_\_ фДж.

- 21.7.** Какую минимальную энергию нужно сообщить атому (см. рис. в **21.6**) для ионизации атома?

Ответ: \_\_\_\_\_ фДж.

**21.8.** В таблице приведены значения энергии для первых четырех энергетических уровней атома водорода.

| $n$ | Энергия, $10^{-19}$ Дж |
|-----|------------------------|
| 1   | -21,8                  |
| 2   | -5,3                   |
| 3   | -2,4                   |
| 4   | -1,3                   |

Укажите в ответе без пробела номера перечисленных уровней, при переходе между которыми в спектре испускания водорода наблюдается линия с максимальной длиной волны. Первым указывается номер с большей энергией.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**21.9.** На рисунке *a* приведены спектры поглощения атомов натрия, водорода и гелия.

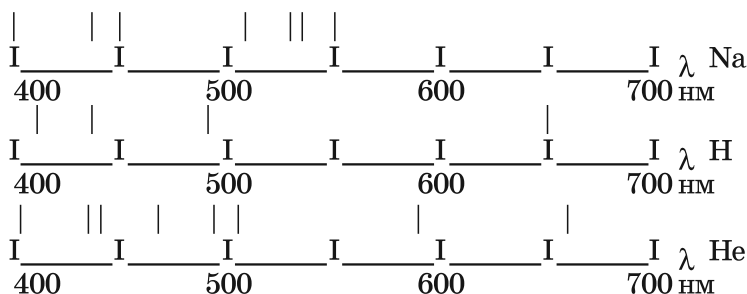


Рис. *a*

Выберите два верных утверждения о составе смеси газов, спектр которой приведен на рисунке.

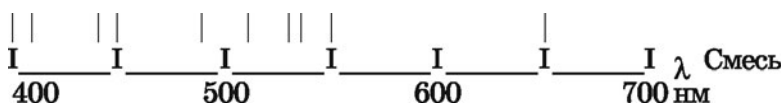


Рис. *б*

- 1) Смесь не содержит газов, спектры которых приведены на рисунке *a*.
- 2) Смесь содержит все газы, спектры которых приведены на рисунке *a*.
- 3) Смесь содержит пары натрия.
- 4) Смесь содержит гелий.
- 5) Смесь содержит водород.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 21.10.** В спектре излучения газообразного вещества имеются две линии, соответствующие длинам волн  $\lambda_1 < \lambda_2$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами для их вычисления.

|   |   |
|---|---|
| <p>А) импульс фотона, покидающего атом с большим модулем импульса</p> <p>Б) импульс фотона, покидающего атом с меньшим модулем импульса</p> | <p>1) <math>\frac{h\lambda_1}{c}</math></p> <p>2) <math>\frac{h}{\lambda_1}</math></p> <p>3) <math>\frac{h}{\lambda_2}</math></p> <p>4) <math>\frac{h\lambda_2}{c}</math></p> |
|---|---|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

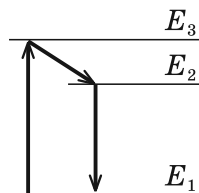
- 21.11.** Поставьте в соответствие источник излучения и вид излучения, реализованный в данном источнике.

|   |   |
|---|---|
| <p>А) лампа накаливания</p> <p>Б) лазер</p> | <p>1) тепловое излучение</p> <p>2) вынужденное индуцированное излучение</p> <p>3) спонтанное (самопроизвольное) излучение</p> <p>4) люминесценция</p> |
|---|---|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**21.12.** Для генерации лазерного света используется вещество, атомы которого могут находиться в основном состоянии с энергией  $E_1$ , метастабильном состоянии с энергией  $E_2$  и возбужденном состоянии  $E_3$ . При этом  $E_1 < E_2 < E_3$ .



Поставьте в соответствие физические величины и формулы для их вычисления.

|                                    |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|
| А) частота излучения лампы накачки | 1) $\frac{(E_2 - E_3)}{h}$       |
| Б) частота лазерного излучения     | 2) $\frac{(E_3 - E_1)}{h}$       |
|                                    | 3) $\frac{(E_2 - E_1)}{h}$       |
|                                    | 4) $\frac{(E_2 + E_3 - E_1)}{h}$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**21.13.** Средняя мощность лазерного излучения равна  $W$ , длина волны  $\lambda$ .

Поставьте в соответствие физические величины и формулы для их вычисления.

|  |                          |
|--|--------------------------|
| А) частота лазерного излучения                   | 1) $\frac{\lambda}{c}$   |
| Б) число фотонов, ежесекундно излучаемых лазером | 2) $\frac{W\lambda}{c}$  |
|  | 3) $\frac{c}{\lambda}$   |
|  | 4) $\frac{W\lambda}{hc}$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

### Задания, требующие развернутого ответа

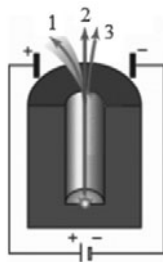
- 21.14.** Покоящийся атом водорода в основном состоянии ( $E_1 = -13,6$  эВ) поглощает в вакууме фотон излучения с длиной волны равной 80 нм и ионизуется. Какова скорость электрона вдали от образовавшегося иона, если кинетическая энергия иона пренебрежимо мала по сравнению с энергией электрона?
- 21.15.** Длительность импульса лазера 1 нс, энергия в импульсе 0,3 Дж. Свет лазера падает на закопченное черное стекло перпендикулярно ему. Чему равно давление света на пластину при их взаимодействии, если диаметр лазерного пучка равен 1 мм?

## Тема 22. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

### Радиоактивность. Методы регистрации ионизирующих излучений

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 22.1.** Из узкого канала свинцового сосуда, на дне которого находится образец радия,  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения выходят вертикально, а затем отклоняются электрическим полем, созданным заряженными пластинами (рис.). Установите соответствие между номером стрелки, указывающим направление отклонения соответствующего излучения, и названием типов радиоактивного излучения, покидающего радиоактивный образец.



|      |                        |
|------|------------------------|
| А) 1 | 1) $\alpha$ -излучение |
| Б) 3 | 2) $\beta$ -излучение  |
|      | 3) $\gamma$ -излучение |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:



**22.2.** Поставьте в соответствие тип радиоактивного излучения и природу частиц, его образующего.

|                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| А) $\beta$ -излучение  | 1) поток ядер гелия       |
| Б) $\gamma$ -излучение | 2) электромагнитные волны |
|                        | 3) поток электронов       |
|                        | 4) поток протонов         |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**22.3.** Поставьте в соответствие принцип действия прибора, используемого для регистрации радиоактивных излучений, и название прибора (устройства).

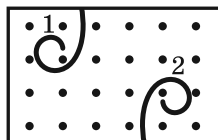
|  |                               |
|--|-------------------------------|
| А) фотографирование треков частиц, образуемых капельками воды за счет конденсации пара в месте пролета частицы за счет ионизации молекул в воздухе                       | 1) счетчик Гейгера            |
| Б) регистрация импульса тока за счет ионизации молекул разряженного инертного газа между электродами под высоким напряжением при попадании в камеру ионизирующей частицы | 2) камера Вильсона            |
|  | 3) пузырьковая камера         |
|  | 4) толстослойная фотоэмульсия |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**22.4.** В камере Вильсона, помещенной во внешнее магнитное поле таким образом, что вектор индукции магнитного поля направлен перпендикулярно плоскости рисунка на нас, были сфотографированы треки двух частиц. Установите соответствие между номером трека и названием частиц из приведенного списка.

|      |                         |
|------|-------------------------|
| А) 1 | 1) $\alpha$ -частица    |
| Б) 2 | 2) электрон             |
|      | 3) ион $\text{He}^{2-}$ |
|      | 4) нейтрон              |



|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

### Задания, требующие развернутого ответа

- 22.5.** Источник радиоактивного излучения испускает  $\alpha$ -частицы, которые отклоняются в сторону отрицательно заряженной пластины конденсатора, а затем попадают в металлический приемник, который заземлен. Сила тока в заземляющем проводе достигает значения  $I$ . Если все  $\alpha$ -частицы из этого источника попадают напрямую в счетчик Гейгера, то за время  $t$  фиксирует  $N$  счетов, причем известно, что входное окошко счетчика ослабляет поток  $\alpha$ -частиц в  $n$  раз. Поясните, как на основании этих данных можно оценить заряд  $\alpha$ -частиц.

### Протонно-нейтронная модель ядра. Ядерные реакции

#### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 22.6.** Выберите два верных утверждения, описывающих строение атома, его ядра и свойства этих частиц.
- 1) Ядро атома состоит из протонов и электронов.
  - 2) В атоме число протонов ядра равно числу электронов на электронных оболочках атома.
  - 3) Химические свойства атома элемента определяет число протонов в ядре.

4) Число протонов в ядре всегда равно числу нейтронов в нем.

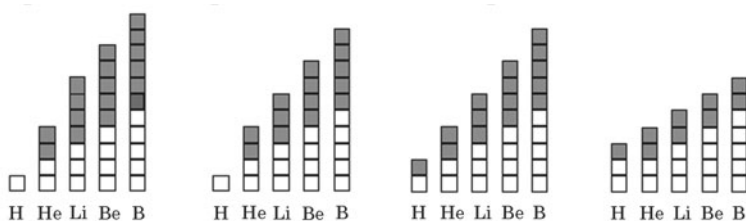
5) При  $\beta$ -распаде радиоактивного элемента атом покидают электроны с электронных оболочек атома.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**22.7.** Чему равно число нейтронов в ядре урана  $^{238}_{92}\text{U}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**22.8.** В Периодической системе Менделеева указаны следующие номера и молярные массы элементов: H (№ 1; 1,00794), He (№ 2; 4,0026), Li (№ 3; 6,941), Be (№ 4; 9,01218), B (№ 5; 10, 811). Выберите диаграмму, правильно отражающую соотношение числа протонов и нейтронов в ядрах наиболее распространенных изотопов различных элементов. Светлые квадратики на диаграмме — протоны, заштрихованные — нейтроны.



1)

2)

3)

4)

Ответ: \_\_\_\_\_.

**22.9.** Поставьте в соответствие тип реакции радиоактивного распада нептуния  $^{237}_{93}\text{Np}$  и образующийся в результате изотоп нового химического элемента.

|   |                           |
|---|---------------------------|
| А) $\alpha$ -распад<br>Б) $\beta$ -распад | 1) $^{237}_{94}\text{Pu}$ |
|   | 2) $^{241}_{95}\text{Am}$ |
|   | 3) $^{237}_{92}\text{U}$  |
|   | 4) $^{233}_{91}\text{Pa}$ |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**22.10.** Какой порядковый номер в таблице Менделеева имеет элемент, который образуется в результате  $\alpha$ -распада и последующего  $\beta$ -распада ядра элемента с порядковым номером 92?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**22.11.** Поставьте в соответствие порядковый номер элемента и его массовое число, если он образуется в результате двух  $\alpha$ -распадов и двух  $\beta$ -распадов  ${}^{238}_{92}\text{U}$ .

|   |        |
|---|--------|
| А) порядковый номер элемента в таблице Д. И. Менделеева | 1) 88  |
| Б) массовое число образующегося изотопа элемента        | 2) 90  |
|   | 3) 230 |
|   | 4) 234 |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**22.12.** Радиоактивный изотоп полония  ${}^{213}_{84}\text{Po}$  превращается в стабильное ядро полония  ${}^{209}_{84}\text{Po}$ . Укажите число  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов, в результате которых произошло такое превращение.

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| А) число $\alpha$ -распадов | 1) 0 |
| Б) число $\beta$ -распадов  | 2) 1 |
|                             | 3) 2 |
|                             | 4) 3 |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**22.13.** Установите соответствие между уравнениями ядерных реакций и типом ядерной реакции.

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| А) реакция деления                | 1) ${}^{174}_{77}\text{Ir} \longrightarrow {}^{170}_{73}\text{Ta} + {}^4_2\text{He}$                    |
| Б) реакция радиоактивного распада | 2) ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \longrightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0n$                      |
|                                   | 3) ${}^{246}_{100}\text{Fm} \longrightarrow {}^{123}_{51}\text{Sb} + {}^{120}_{49}\text{In} + 3{}^1_0n$ |
|                                   | 4) ${}^1_0n \longrightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$   |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

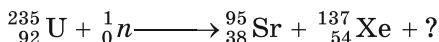
Ответ:

**22.14.** Выберите два верных утверждения, связанных с условиями возникновения цепной ядерной реакции.

- 1) Цепная реакция разложения урана-235 инициируется попаданием в него  $\alpha$ -частицы.
- 2) Критическая масса урана определяется только массой металла.
- 3) Цепная реакция развивается, если число попадающих в образец урана-235 и поглощаемых в нем нейтронов меньше числа образующихся при этом нейтронов — продуктов ядерной реакции.
- 4) Критическая масса образца урана шарообразной формы меньше образца урана в виде пластины.
- 5) Цепная реакция деления урана-235 используется только в атомных бомбах.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**22.15.** Сколько нейтронов образуется в ходе цепной реакции деления?



Ответ: \_\_\_\_\_.

**22.16.** Поставьте в соответствие уравнения реакций термоядерного синтеза и недостающие частицы из приведенного списка, обозначенные в уравнениях знаком вопроса.

|   |                      |
|---|----------------------|
| А) ${}_1^3\text{H} + {}_1^2\text{H} = {}_2^4\text{He} + ?$  | 1) протон            |
| Б) ${}_3^6\text{Li} + {}_1^1\text{H} = {}_2^3\text{He} + ?$ | 2) нейтрон           |
|   | 3) электрон          |
|   | 4) $\alpha$ -частица |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

### Закон радиоактивного распада

**22.17.** Период полураспада ядер атомов некоторого вещества составляет 45 мин. Выберите два правильных утверждения.

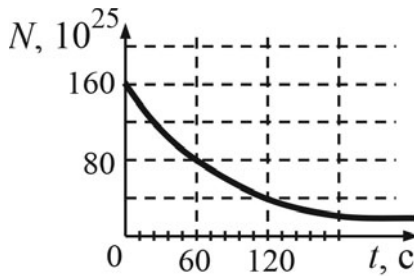
- 1) За 45 мин атомный номер каждого атома уменьшится вдвое.
- 2) Каждые 45 мин распадается один атом.
- 3) Половина изначально имевшихся атомов распадется за 45 мин.
- 4) Все изначально имевшиеся атомы распадутся через 45 мин.
- 5) Доля нераспавшихся через 45 мин атомов вещества составит 50%.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**22.18.** Какая доля радиоактивных атомов распадется через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

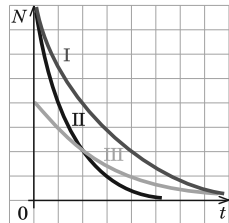
**22.19.** На рисунке дан график зависимости числа нераспавшихся ядер изотопа эрбия  $^{173}_{68}\text{Er}$  от времени. Через какой промежуток времени (в секундах) останется одна четвертая часть первоначального числа ядер?



Ответ: \_\_\_\_\_ с.

**22.20.** На рисунке приведена зависимость числа нераспавшихся ядер  $N$  от времени в процессе радиоактивного распада для трех изотопов. Для какого из них период полураспада минимален?

Ответ: \_\_\_\_\_.



**22.21.** Имеется  $10^8$  атомов радиоактивного изотопа йода  $^{128}_{53}\text{I}$ , период полураспада которого 25 мин. Какое количество ядер изотопа останется нераспавшимся через 50 мин? В ответ запишите числовой коэффициент, стоящий перед множителем  $10^8$ .

Ответ: \_\_\_\_\_  $\cdot 10^8$ .

**22.22.** Нагретый газ, содержащий изотоп углерода  $^{15}_6\text{C}$ , излучает свет. Этот изотоп испытывает  $\beta$ -распад с периодом полураспада 2,5 с. Первоначально в спектре наблюдаются только линии углерода  $^{15}_6\text{C}$ . Выберите два верных утверждения, отражающие изменения в спектре газа через 5 с.

- 1) Спектр углерода исчезнет и заменится спектром азота  $^{15}_7\text{N}$ .
- 2) Спектр станет ярче из-за выделяющейся энергии.
- 3) Спектр сдвинется из-за уменьшения числа атомов углерода.
- 4) Линии спектра углерода  $^{15}_6\text{C}$  станут менее яркими.
- 5) В спектре появятся линии азота  $^{15}_7\text{N}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

### Задания, требующие развернутого ответа

**22.23.** Пациенту ввели внутривенно дозу раствора, содержащего изотоп  $^{24}_{11}\text{Na}$ . Активность 1 см<sup>3</sup> этого раствора  $a_0 = 2000$  распадов в секунду. Период полураспада изотопа  $^{24}_{11}\text{Na}$  равен  $T = 15,3$  ч. Через  $t = 3$  ч 50 мин активность 1 см<sup>3</sup> крови пациента стала  $a = 0,28$  распадов в секунду. Каков объем введенного раствора, если общий объем крови пациента  $V = 6$  л? Переходом ядер изотопа  $^{24}_{11}\text{Na}$  из крови в другие ткани организма пренебречь.

## Энергетика ядерных реакций. Реакции с участием элементарных частиц

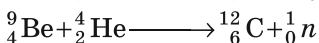
**22.24.** Происходит самопроизвольный распад ядра на несколько частиц. Установите характер изменения числа нуклонов и кинетической энергии участвующих в процессе частиц.

|   |                  |
|---|------------------|
| А) число нуклонов   | 1) увеличивается |
| Б) кинетическая энергия образующихся частиц по сравнению с кинетической энергией исходного ядра | 2) уменьшается   |
|   | 3) не изменяется |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**22.25.** Выберите два верных утверждения о реакции.



- 1) При облучении бериллиевой фольги альфа-частицами образуется поток нейтронов.
- 2) Сумма зарядов продуктов реакции точно равна сумме зарядов исходных ядер.
- 3) Сумма масс продуктов реакции точно равна сумме масс исходных ядер.
- 4) Сумма зарядов продуктов реакции меньше суммы зарядов исходных ядер.
- 5) Сумма масс продуктов реакции больше суммы масс исходных ядер.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**22.26.** Поставьте в соответствие реакции и характер изменения кинетической энергии частиц до и после ядерной реакции, если массы частиц (в а.е.м.) записаны в скобках под символом ядра элемента. При увеличении кинетической энергии продуктов говорят о выделении энергии в ходе ядерной реакции.



|  |   |
|--|---|
| <p>А) <math>{}_{94}^{239}\text{Pu} \Rightarrow {}_{43}^{106}\text{Tc} + {}_{51}^{133}\text{Sb}</math><br/>(239,05) (105,91) (132,92)</p> <p>Б) <math>{}_3^7\text{Li} + {}_1^1\text{H} \Rightarrow {}_5^{10}\text{B} + {}_0^1n</math><br/>(7,016) (1,0078) (10,0129) (1,0087)</p> | <p>1) увеличивается<br/>2) уменьшается<br/>3) не изменяется</p> |
|--|---|

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

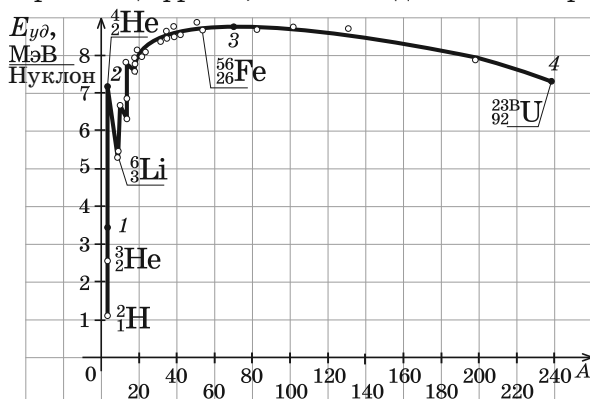
**22.27.** Установите соответствие между физическими величинами и характером их изменения при разделении ядра гелия на образующие его протоны и нейтроны.

|                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| А) полная энергия               | 1) увеличивается                   |
| Б) суммарная масса покоя частиц | 2) уменьшается<br>3) не изменяется |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**22.28.** На графике представлена зависимость удельной энергии  $E_{y\partial}$  связи нуклонов в ядре атома от массового числа  $A$  атома. При распаде какого из ядер, отмеченных на кривой цифрами, может выделяться энергия?



Ответ: \_\_\_\_\_.

**22.29.** Выберите два верных утверждения.

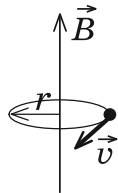
- 1) При распаде покоящегося ядра на два осколка импульс осколков равен нулю.
- 2) При аннигиляции частицы и античастицы, движущихся с малыми скоростями, энергия образующихся  $\gamma$ -квантов равна сумме энергий покоя частицы и античастицы.
- 3) Закон сохранения импульса не выполняется при распаде элементарных частиц, имеющих массу, на частицы, не имеющие массы покоя.
- 4) В ходе термоядерных реакций закон сохранения массы выполняется.
- 5) При поглощении и испускании фотона атомом законы сохранения энергии и импульса не выполняются.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**Задания, требующие развернутого ответа**

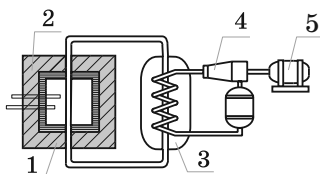
**22.30.**  $\pi^0$ -мезон массой  $2,4 \cdot 10^{-28}$  кг распадается на два  $\gamma$ -кванта. Найдите модуль импульса одного из образовавшихся  $\gamma$ -квантов в системе отсчета, где первичный  $\pi^0$ -мезон покоится.

**22.31.** Радиоактивный элемент излучает  $\alpha$ -частицу, она попадает в магнитное поле и вращается в нем по окружности радиусом  $r = 10$  см со скоростью  $v = 10^5$  м/с (рис.). Чему равен модуль вектора магнитной индукции? Заряд электрона  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, масса протона  $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$  кг.

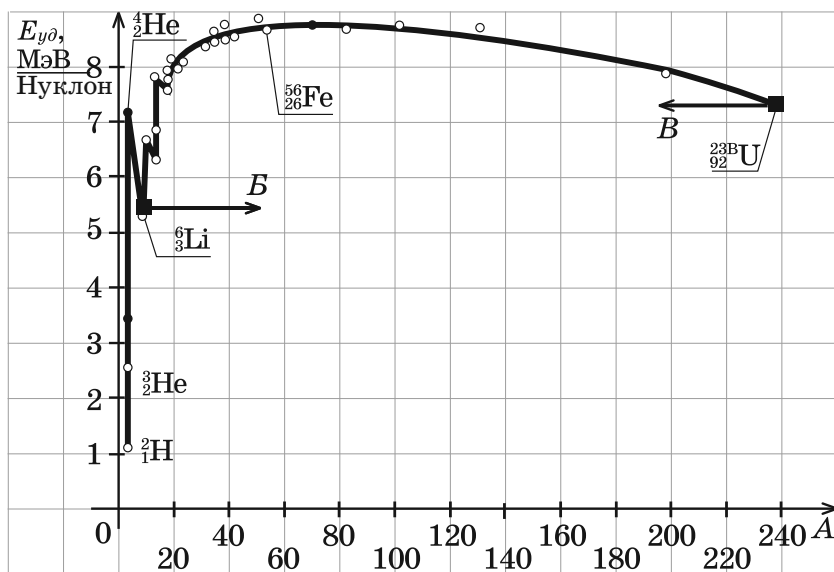


**22.32.** Излучение Солнца обусловлено энергией, выделяющейся в термоядерной реакции превращения водорода  ${}^1_1\text{H}$  в гелий  ${}^4_2\text{He}$ . При этом образование одного ядра гелия сопровождается выделением энергии  $4,2 \cdot 10^{-12}$  Дж. Чему равна масса гелия, возникающего в Солнце каждую секунду, если мощность излучения Солнца составляет  $4 \cdot 10^{26}$  Вт? Масса ядра гелия  $6,6 \cdot 10^{-27}$  кг.

- 22.33.** На рисунке изображена блок-схема атомной электростанции. Какой цифрой обозначена зона, в которой тяжелые ядра радиоактивного топлива делятся с выделением энергии? Используя названия блоков электростанции, обозначенных на рисунке цифрами, опишите кратко принцип работы электростанции.



- 22.34.** На рисунке схематически изображен график зависимости удельной энергии связи нуклонов в ядре  $E_{уд}$  от массового числа ядра  $A$ . Используя график, оцените и сравните энергии, выделяющиеся в реакции синтеза ядра из двух одинаковых ядер (стрелка  $B$ ) и реакции деления ядра на два равных по массе осколка (стрелка  $B$ ).



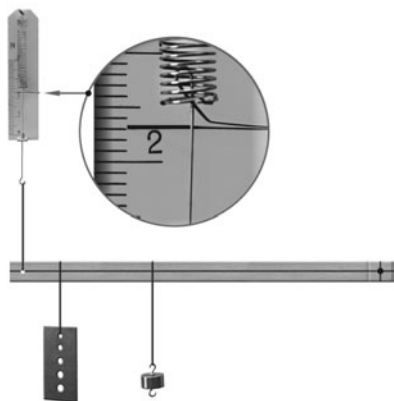
## Раздел V. МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

### Тема 23. МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

#### Измерение физических величин. Погрешности измерений

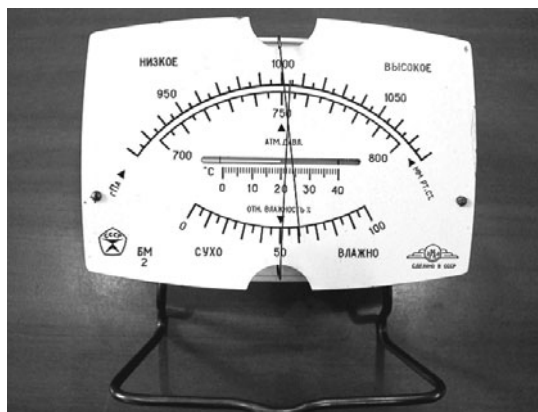
##### Задания на получение числового ответа и установление соответствия

- 23.1.** Чему равны цена деления и предел измерения динамометра? Запишите без пробела обе величины с учетом запятой в указанной последовательности.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 23.2.** На рисунке показан прибор, измеряющий температуру, влажность и давление воздуха. Установите соответствие между физической величиной и показанием прибора, измеряющим эту величину.

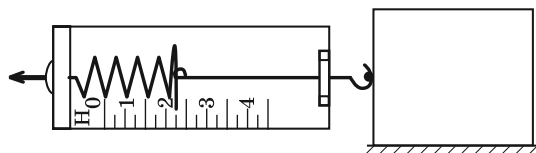


|              |             |
|--------------|-------------|
| А) давление  | 1) 1050 гПа |
| Б) влажность | 2) 1005 гПа |
|              | 3) 1000 гПа |
|              | 4) 50%      |
|              | 5) 60%      |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

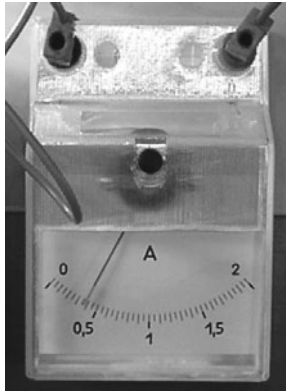
Ответ:

**23.3.** Под действием пружины динамометра брусок движется равномерно по поверхности стола (рис.). По показаниям динамометра ученики могут записать значение действующей силы. Запишите значение силы трения с учетом погрешности измерений, если погрешность считать равной цене деления прибора. В бланк ответов запишите без пробелов значения показаний прибора и погрешности с учетом запятых.



Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.4. Чему равно показание амперметра?**



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

**23.5. Установите относительную погрешность измерений напряжения (рис.). Абсолютную погрешность считать равной цене деления прибора. Ответ выразить в процентах и округлить до целых.**



Ответ: \_\_\_\_\_ %.

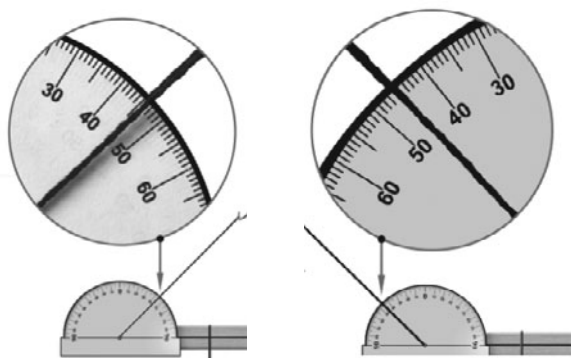
**23.6. Относительная погрешность измерения ребра куба 2%. Установите соответствие между погрешностями расчета площади его грани и объемом куба и их числовыми значениями.**

|   |       |
|---|-------|
| А) относительная погрешность расчетного значения площади грани куба | 1) 2% |
| Б) относительная погрешность расчетного значения объема куба        | 2) 4% |
|   | 3) 6% |
|   | 4) 8% |

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

**23.7.** На одной и той же установке измерили угол между нитью и рычагом двумя способами (рис.). Выберите правильные утверждения, если погрешность прямого измерения равна 2 градусам, которая складывается из погрешности транспортира и отсчета, которая не может быть меньше 1 градуса из-за толщины нити.

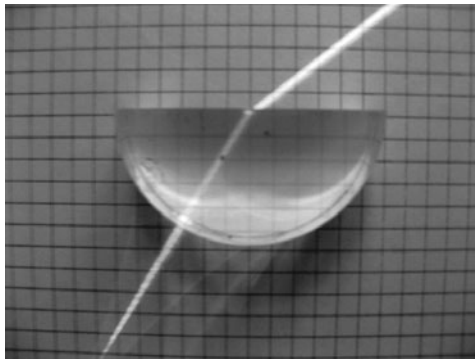


- 1) Значения углов различны: в первом случае угол составляет  $46^\circ$ , во втором —  $45^\circ$ .
- 2) Значения углов различны: в первом случае угол составляет  $54^\circ$ , во втором —  $55^\circ$ .
- 3) Значения углов различны: в первом случае угол составляет  $54^\circ$ , во втором —  $45^\circ$ .
- 4) Значения угла в первом случае  $(46 \pm 2)^\circ$ , во втором  $(45 \pm 2)^\circ$ .
- 5) Значения углов совпадают с учетом погрешности измерений.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.8.** На рисунке показан ход луча лазера через прозрачный полуцилиндр в эксперименте по преломлению луча на плоской границе полуцилиндра. Выберите два верных утверждения.

- 1) Показатель преломления не может быть получен на основании данного рисунка, так как для его определения нужно измерить углы падения и преломления в градусах.
- 2) Показатель преломления не может быть получен на основании данного рисунка, так как луч преломился на двух гранях полуцилиндра.
- 3) Для получения значения показателя преломления нужно знать отношение тангенсов углов падения и преломления, а они на рисунке вычисляются по клеточкам.
- 4) Для получения значения показателя преломления нужно знать отношение синусов углов падения и преломления, а синусы углов вычисляются по известным тангенсам углов  $\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$ .
- 5) Так как на рисунке видно, что лучи падающий и преломленный являются диагоналями прямоугольников со сторонами 4 на 5 клеточек и 3 на 5 клеточек, то показатель преломления равен  $\approx 1,2$ .



Ответ: \_\_\_\_\_.



**23.9.** С помощью ученической линейки измерили толщину пачки из 500 листов бумаги. Толщина пачки оказалась  $(50 \pm 1)$  мм. Запишите толщину одного листа бумаги с учетом погрешности измерений. В бланк ответов внесите полученные числовые значения средней величины и погрешности измерения без пробелов.

Ответ: \_\_\_\_\_ мкм.

**23.10.** При определении плотности вещества  $\rho$  ученик измерил массу образца на очень точных электронных весах:  $m = 60,00$  г. Объем был измерен с использованием мерного цилиндра:  $V = (15,0 \pm 0,5)$  см<sup>3</sup>. Выберите два верных утверждения о плотности вещества, следующие из этих измерений с учетом их погрешности.

- 1)  $\rho < 3,8$  г/см<sup>3</sup>
- 2)  $3,8$  г/см<sup>3</sup>  $\leq \rho \leq 4,2$  г/см<sup>3</sup>
- 3)  $\rho > 4,2$  г/см<sup>3</sup>
- 4)  $\rho = 4,0$  г/см<sup>3</sup>
- 5)  $\rho = (4,0 \pm 0,1)$  г/см<sup>3</sup>

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.11.** Один ученик измерил линейкой ребро кубика и определил, что оно равно  $(5 \pm 0,1)$  см. После этого он вычислил объем кубика. Второй ученик измерил объем того же кубика мерным цилиндром и получил результат  $(124 \pm 2)$  мл.

Выберите два верных утверждения.

- 1) Результаты косвенного и прямого измерения объема кубиков совпадают.
- 2) Результаты косвенного и прямого измерения объема кубиков различаются.
- 3) Результаты косвенного измерения объема кубика имеют большую погрешность.
- 4) Результаты косвенного измерения объема кубика более точные.
- 5) Результаты косвенного и прямого измерения объема кубиков имеют одинаковую погрешность.

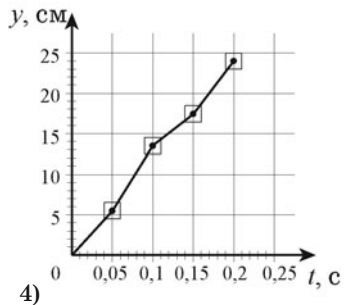
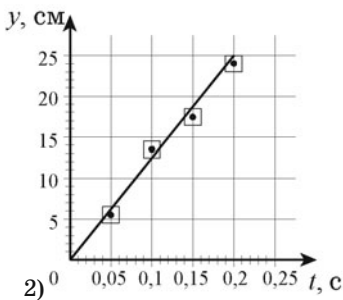
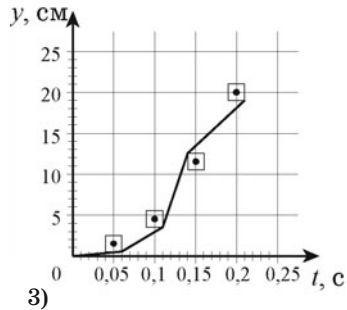
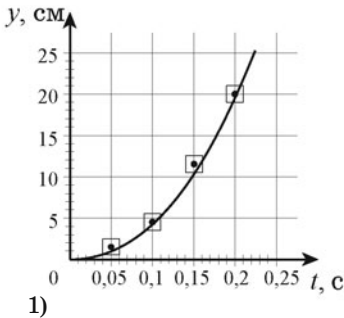
Ответ: \_\_\_\_\_.

## Построение графиков по экспериментальным данным, толкование эксперимента

**23.12.** Ученик исследовал движение шарика, брошенного горизонтально. Для этого он измерил координаты летящего шарика в разные моменты времени его движения и заполнил таблицу

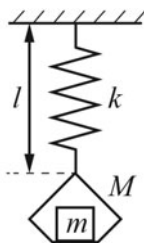
|                 |   |      |      |      |      |
|-----------------|---|------|------|------|------|
| $t, \text{ с}$  | 0 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 |
| $x, \text{ см}$ | 0 | 5,5  | 13,5 | 17,5 | 24   |
| $y, \text{ см}$ | 0 | 1,5  | 4,5  | 11,5 | 20   |

Погрешность измерения координат равна 1 см, а промежутков времени — 0,01 с. На каком из графиков верно построена зависимость координаты  $y$  шарика от времени  $t$ ?

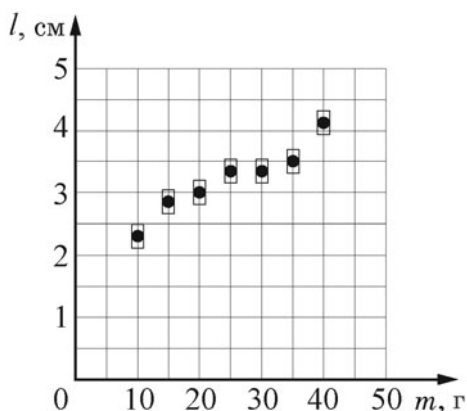


Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.13.** На графике представлены результаты измерения длины пружины при различных значениях массы  $m$  грузов, лежащих в чашке пружинных весов массы  $M$  (рис.).



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями на основе анализа этого графика.



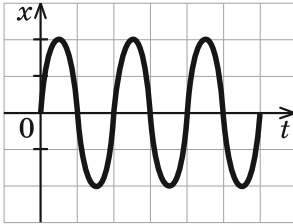
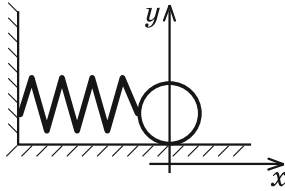
- |   |           |
|---|-----------|
| А) длина пружины при массе груза $m = 0$ г  | 1) 1,5 см |
| Б) длина пружины при массе груза $m = 50$ г | 2) 2 см   |

- |           |
|-----------|
| 3) 3,5 см |
| 4) 4,5 см |

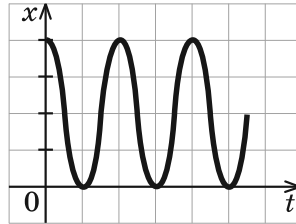
|   |   |
|---|---|
| А | Б |
|   |   |

Ответ:

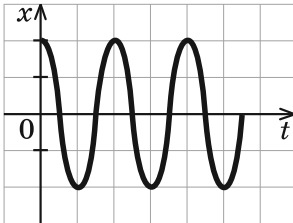
**23.14.** На рисунке показана система, в которой груз на пружине может совершать колебания, и система отсчета, в которой описывается это движение. На каком из графиков приведен график зависимости координаты тела от времени, если в начальный момент времени груз толкнули так, что он начал двигаться вправо?



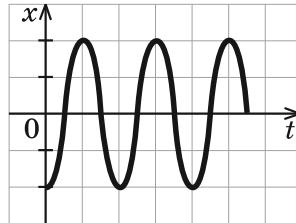
1)



2)



3)



4)

Ответ: \_\_\_\_\_.

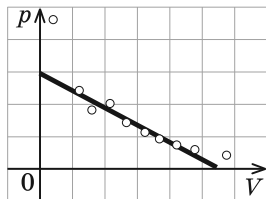
**23.15.** При исследовании зависимости давления газа от объема при постоянной температуре были получены некоторые данные. Какой график построен правильно по экспериментальным точкам?



1)



2)



3)

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.16.** С использованием пружины, бруска и нити (рис. а) исследовалась зависимость тормозного пути  $S_T$  от растяжения пружины  $x$ . Результаты исследования представлены на рисунке б. В каких координатах следует перестроить график, чтобы графиком зависимости оказалась прямая? Выберите два верных утверждения.

- 1)  $S_T - x^2$
- 2)  $S_T - x^3$
- 3)  $S_T - \sqrt{x}$
- 4)  $\sqrt{S_T} - x$
- 5)  $S_T^2 - x$

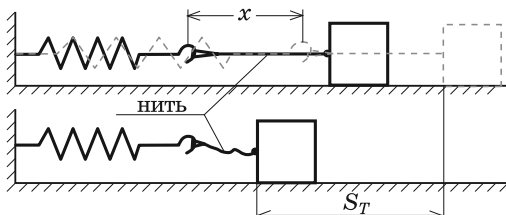


Рис. а

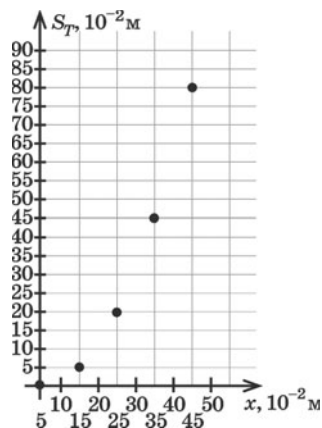
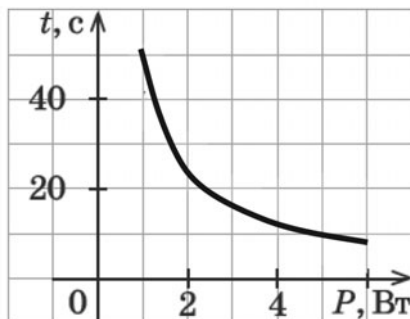


Рис. б

Ответ: \_\_\_\_\_.

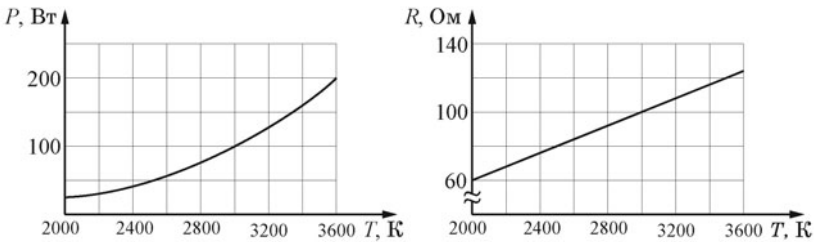
**23.17.** Экспериментально исследовалась зависимость времени закипания воды от мощности кипятильника. По результатам измерений построен график, приведенный на рисунке. Выберите два верных утверждения, которые соответствуют проведенному эксперименту.



- 1) Время нагревания прямо пропорционально мощности нагревателя.
- 2) С ростом мощности нагревателя вода нагревается быстрее.
- 3) Мощность нагревателя с течением времени уменьшается.
- 4) С ростом мощности нагревателя вода нагревается медленнее.
- 5) Время нагревания обратно пропорционально мощности нагревателя.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.18.** На рисунке изображены графики зависимости мощности лампы накаливания  $P = P(T)$  и сопротивления ее спирали  $R = R(T)$  от температуры.

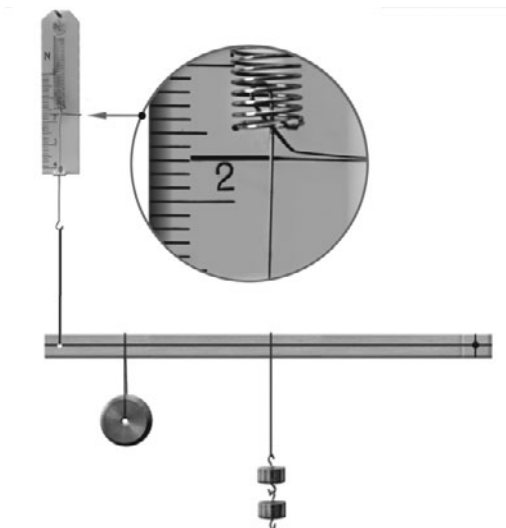


Выберите два верных утверждения, которые можно сделать, анализируя эти графики.

- 1) Сопротивление нити накаливания лампы растет с температурой линейно.
- 2) С ростом мощности, подводимой к лампе, ее сопротивление падает.
- 3) При увеличении температуры нити в 1,5 раза мощность, выделяющаяся на лампе, также увеличивается в 1,5 раза.
- 4) Когда выделяемая на лампе мощность равна 100 Вт, напряжение на ней равно 100 В.
- 5) При сопротивлении нити лампы 80 Ом сила тока в ней равна 0,5 А.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.19.** Выберите два утверждения, которые можно сделать на основании эксперимента, показанного на рисунке. Легкий рычаг может вращаться вокруг оси на его правом конце. Грузики с двумя крючками имеют массу 100 г и закреплены посередине между осью вращения рычага и точкой крепления нити с динамометром.



- 1) Моменты сил натяжения нитей, вращающих рычаг по и против часовой стрелки, равны между собой.
- 2) Суммы моментов сил натяжения нитей, вращающих рычаг по и против часовой стрелки, равны между собой.
- 3) Масса висящего на рычаге диска больше 200 г.
- 4) Масса висящего диска меньше 100 г.
- 5) Плечо силы натяжения нити, держащей диск относительно оси вращения рычага, вдвое больше плеча силы натяжения нити, удерживающей 100-граммовые грузы.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.20.** В таблице приведены некоторые параметры планет Солнечной системы.

| Название планеты | Диаметр в районе экватора, км | Период обращения вокруг Солнца | Период вращения вокруг оси      | Средняя плотность, г/см <sup>3</sup> |
|------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Меркурий         | 4878                          | 87,97 суток                    | 58,6 суток                      | 5,43                                 |
| Венера           | 12 104                        | 224,7 суток                    | 243 суток<br>3 часа<br>50 минут | 5,25                                 |
| Земля            | 12 756                        | 365,3 суток                    | 23 часа<br>56 минут             | 5,52                                 |
| Марс             | 6794                          | 687 суток                      | 24 часа<br>37 минут             | 3,93                                 |
| Юпитер           | 142 800                       | 11 лет<br>314 суток            | 9 часов<br>55,5 минут           | 1,33                                 |
| Сатурн           | 119 900                       | 29 лет<br>168 суток            | 10 часов<br>40 минут            | 0,71                                 |
| Уран             | 51 108                        | 83 года<br>273 суток           | 17 часов<br>40 минут            | 1,24                                 |
| Нептун           | 49 493                        | 164 года<br>292 суток          | 17 часов<br>15 минут            | 1,67                                 |

Выберите величины, которые можно рассчитать по данным этой таблицы, зная гравитационную постоянную, считая планету шаром, а ее орбиту окружностью. В ответе запишите последовательность цифр в порядке возрастания.

- 1) масса планеты
- 2) длительность суток на планете
- 3) отношение года на планете к земному году
- 4) высота атмосферы на планете
- 5) диаметр орбиты

Ответ:

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|



**23.21.** Используя таблицу из задания **23.20**, выберите два верных утверждения.

- 1) Сутки на Марсе вдвое длиннее Земных суток.
- 2) Средняя плотность любой планеты-гиганта меньше плотности любой планеты земной группы.
- 3) Первая космическая скорость для планеты Нептун равна примерно 16,3 км/с.
- 4) Вторая космическая скорость для Марса равна примерно 11,2 м/с.
- 5) Ускорение свободного падения на Уране равно примерно 23 м/с<sup>2</sup>.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.22.** В таблице приведены некоторые параметры планет Солнечной системы.

| Название планеты | Среднее расстояние от Солнца (в а.е.) | Диаметр в районе экватора, км | Наклон оси вращения | Вторая космическая скорость, км/с | Средняя плотность, г/см <sup>3</sup> |
|------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Меркурий         | 0,39                                  | 4878                          | 28°                 | 4,25                              | 5,43                                 |
| Венера           | 0,72                                  | 12 104                        | 3°                  | 10,36                             | 5,25                                 |
| Земля            | 1,00                                  | 12 756                        | 23°27'              | 11,18                             | 5,52                                 |
| Марс             | 1,52                                  | 6794                          | 23°59'              | 5,02                              | 3,93                                 |
| Юпитер           | 5,20                                  | 142 800                       | 30°5'               | 59,54                             | 1,33                                 |
| Сатурн           | 9,54                                  | 119 900                       | 26°44'              | 35,49                             | 0,71                                 |
| Уран             | 19,19                                 | 51 108                        | 82°05'              | 21,29                             | 1,24                                 |
| Нептун           | 30,52                                 | 49 493                        | 28°48'              | 23,71                             | 1,67                                 |

Выберите два верных утверждения, которые можно сформулировать, используя данные этой таблицы.

- 1) Первая космическая скорость для Сатурна 25,17 м/с.
- 2) На Нептуне не бывает смены времен года.
- 3) Масса Марса равна примерно  $6,5 \cdot 10^{23}$  кг.

- 4) Чем дальше планета от Солнца, тем больше ее плотность.
- 5) Объем Урана примерно в 4 раза больше объема Венеры.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.23.** В таблице приведены некоторые параметры естественных спутников Юпитера и Сатурна.

| Название спутника | Диаметр спутника, км | Масса, кг           | Большая полуось орбиты, км | Период обращения вокруг планеты, земных суток | Планета |
|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|---|---------|
| Ио                | 3642                 | $8,9 \cdot 10^{22}$ | 421 700                    | 1,77  | Юпитер  |
| Европа            | 3122                 | $4,8 \cdot 10^{22}$ | 671 034                    | 3,55  | Юпитер  |
| Ганимед           | 5260                 | $1,5 \cdot 10^{23}$ | 1070 412                   | 7,15  | Юпитер  |
| Каллисто          | 4820                 | $1,1 \cdot 10^{23}$ | 1 882 709                  | 16,69   | Юпитер  |
| Тефия             | 1060                 | $6,2 \cdot 10^{20}$ | 294 672                    | 1,890   | Сатурн  |
| Диона             | 1118                 | $1,1 \cdot 10^{21}$ | 377 415                    | 2,740   | Сатурн  |
| Рея               | 1528                 | $2,3 \cdot 10^{21}$ | 527 068                    | 4,518   | Сатурн  |
| Титан             | 5150                 | $1,3 \cdot 10^{23}$ | 1 221 865                  | 15,950  | Сатурн  |

Выберите два верных утверждения.

- 1) Первая космическая скорость для Дионы 3,18 км/с.
- 2) Ускорение свободного падения на поверхности Каллисто около  $0,32 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Масса спутника Сатурна, вращающегося по максимально удаленной от него орбите, минимальна среди приведенных в таблице спутников Сатурна.
- 4) Плотность самого крупного в таблице спутника максимальна.
- 5) Объем самого крупного спутника Юпитера превышает объем Земли.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.24.** Используя таблицу из задания **23.23**, выберите два верных утверждения.

- 1) Первая космическая скорость для Реи 318 м/с.
- 2) Ускорение свободного падения на поверхности Ганимеда около  $8,3 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Масса спутника Сатурна, вращающегося по максимально удаленной от него орбите, минимальна среди приведенных.
- 4) Площадь поверхности самого крупного спутника Сатурна превышает площадь поверхности Земли.
- 5) Сила притяжения Ио к Юпитеру примерно равна  $6,3 \cdot 10^{22} \text{ Н}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.25.** В таблице приведены параметры крупных астероидов Солнечной системы.

| Название   | Примерный диаметр, км | Эксцентриситет орбиты <sup>1</sup> | Большая полуось орбиты, а. е. | Период обращения вокруг Солнца, земных лет | Масса, кг           |
|------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------|--|---------------------|
| Церера     | 927                   | 0,079                              | 2,76                          | 4,60                                       | $9,4 \cdot 10^{20}$ |
| Паллада    | 512                   | 0,231                              | 2,77                          | 4,61                                       | $2,1 \cdot 10^{20}$ |
| Веста      | 525                   | 0,089                              | 2,36                          | 3,63                                       | $2,6 \cdot 10^{20}$ |
| Гигея      | 407                   | 0,117                              | 3,14                          | 5,56                                       | $9,0 \cdot 10^{19}$ |
| Ефросина   | 256                   | 0,223                              | 3,15                          | 5,62                                       | $5,8 \cdot 10^{19}$ |
| Интерамния | 320                   | 0,151                              | 3,06                          | 5,40                                       | $3,9 \cdot 10^{19}$ |
| Давида     | 294                   | 0,187                              | 3,16                          | 5,69                                       | $3,9 \cdot 10^{19}$ |

<sup>1</sup> Эксцентриситет орбиты  $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$ , где  $a$  — большая полуось,  $b$  — малая полуось эллиптической орбиты.

Выберите два верных утверждения.

- 1) Интерамния вращается по более «вытянутой» орбите, чем Паллада.
- 2) Большие полуоси Гигеи и Ефросины примерно одинаковы, значит они движутся друг за другом по одной орбите.
- 3) Средняя плотность Цереры составляет  $2240 \text{ кг/м}^3$ .
- 4) Первая космическая скорость для Весты более  $8 \text{ км/с}$ .
- 5) Орбита Давиды находится между орбитами Марса и Юпитера.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.26.** Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

| Наименование звезды | Температура, К | Масса (в массах Солнца) | Радиус (в радиусах Солнца) | Расстояние до звезды (св. лет) |
|---------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Солнце              | 6000           | 1,0                     | 1,0                        | 68                             |
| Альтаир             | 8000           | 1,7                     | 1,7                        | 360                            |
| Бетельгейзе         | 3100           | 20                      | 900                        | 650                            |
| Вега                | 9600           | 3                       | 3                          | 27                             |
| Капелла             | 5200           | 3                       | 12                         | 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 звезд, и укажите их номера.

- 1) Температура на поверхности Проциона в 2 раза ниже, чем на поверхности Солнца.
- 2) Звезды Кастор и Капелла относятся к одному созвездию, так как находятся на одинаковом расстоянии от Земли.
- 3) Звезда Альтаир относится к белым звездам спектрального класса А.

4) Звезды Капелла и Кастор относятся к одному и тому же спектральному классу, так как массы их примерно равны.

5) Звезда Бетельгейзе относится к красным сверхгигантам.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.27.** Используя таблицу, содержащую сведения о ярких звездах, выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд.

| Название звезды | Температура поверхности, К | Масса (в массах Солнца) | Радиус (в радиусах Солнца) | Созвездие, в котором находится звезда |
|-----------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Денеб           | 8550                       | 21                      | 210                        | Лебедь                                |
| Садр            | 6500                       | 12                      | 255                        | Лебедь                                |
| Альдебаран      | 3500                       | 2,5                     | 43                         | Телец                                 |
| Эльнат          | 13-600                     | 4,5                     | 5,5                        | Телец                                 |
| Сириус А        | 9900                       | 2,1                     | 1,7                        | Большой пес                           |
| Сириус В        | 26 000                     | 1                       | $2 \cdot 10^{-2}$          | Большой пес                           |

1) Звезды Денеб и Садр находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.

2) Звезда Сириус В относится к звездам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рассела.

3) Звезда Сириус А относится к белым карликам.

4) Звезда Эльнат относится к звездам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рассела.

5) Звезда Альдебаран является гигантом.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.28.** Используя таблицу, содержащую сведения о ярких звездах, выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд.

| Название звезды    | Температура поверхности, К | Масса (в массах Солнца) | Радиус (в радиусах Солнца) |
|--------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Бетельгейзе        | 3100                       | 20                      | 900                        |
| Ригель             | 11·200                     | 40                      | 138                        |
| Сириус А           | 9250                       | 2,1                     | 2,0                        |
| Сириус В           | 8200                       | 1                       | $2 \cdot 10^{-2}$          |
| $\alpha$ -Центавра | 5730                       | 1,02                    | 1,2                        |

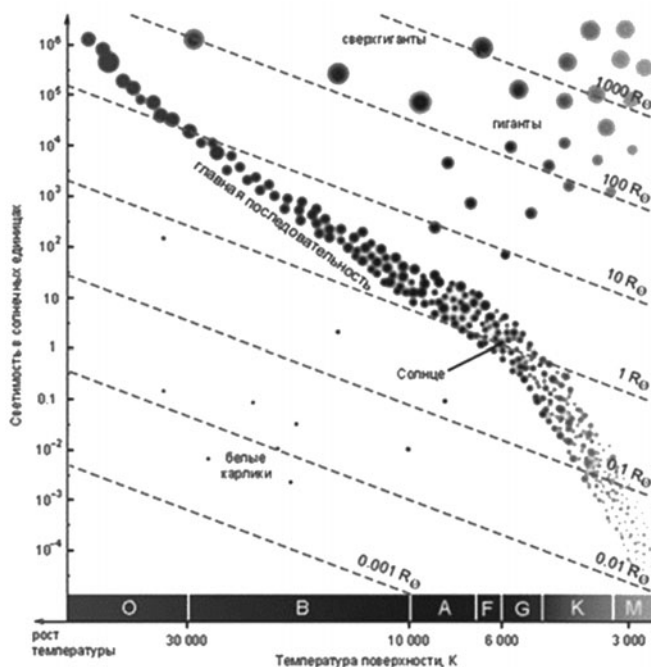
- 1) Температура на поверхности Бетельгейзе выше температуры на поверхности Солнца.
- 2) Звезда Ригель относится к бело-голубым звездам спектрального класса В.
- 3) Средняя плотность Солнца сравнима со средней плотностью белых карликов.
- 4) Звезда  $\alpha$ -Центавра является звездой главной последовательности.
- 5) Звезды Сириус А и Сириус В принадлежат разным созвездиям.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.29.** На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга – Рассела.

Выберите два утверждения о звездах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Температура поверхности звезд спектрального класса G в 2 раза выше температуры поверхности звезд спектрального класса A.
- 2) Радиус звезды Бетельгейзе почти в 1000 раз превышает радиус Солнца, поэтому ее следует отнести к звездам гигантам.
- 3) Плотность белых карликов существенно меньше средней плотности гигантов.
- 4) Звезда Вега имеет температуру поверхности 9600 К и радиус, в 2,8 раза превышающий радиус Солнца, поэтому она относится к звездам главной последовательности.



- 5) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса К главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса В главной последовательности.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**23.30.** Выберите два верных утверждения о масштабах во Вселенной.

- 1) Расстояние от Земли до Луны 150 000 км.
- 2) Расстояние от Земли до Солнца 1 св. год.
- 3) Радиус Солнечной системы примерно 40 а.е.
- 4) Расстояние от Солнца до ближайшей звезды Проксима Центавра 100 св. лет.
- 5) Диаметр диска Галактики примерно 100 000 св. лет.

Ответ: \_\_\_\_\_.

# ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

## Раздел I. МЕХАНИКА

### Тема 1. Кинематика

Ответы на задания, требующие получения  
числового ответа или сопоставления

|      |   |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |
|------|---|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|
| 1.1  | 1 | 2 |   |   |   | 1.20 | 4 | , | 4 |   |   |
| 1.2  | 1 | 3 |   |   |   | 1.21 | 3 | 7 |   |   |   |
| 1.3  | 6 | , | 2 | 8 |   | 1.22 | 8 |   |   |   |   |
| 1.4  | 1 | 2 | 1 | , | 6 | 1.23 | 1 | 1 | 1 |   |   |
| 1.5  | 0 | , | 5 |   |   | 1.24 | 4 |   |   |   |   |
| 1.6  | 3 | 4 |   |   |   | 1.25 | 6 |   |   |   |   |
| 1.7  | 1 | 0 |   |   |   | 1.26 | 1 | 5 |   |   |   |
| 1.8  | – | 1 |   |   |   | 1.31 | 4 |   |   |   |   |
| 1.11 | – | 5 |   |   |   | 1.32 | 5 | 1 |   |   |   |
| 1.12 | 1 | 5 |   |   |   | 1.33 | 3 | 0 |   |   |   |
| 1.13 | 3 | 4 |   |   |   | 1.34 | 1 | 4 |   |   |   |
| 1.14 | 1 |   |   |   |   | 1.35 | в | в | е | р | х |
| 1.15 | 4 | 1 |   |   |   | 1.36 | 1 | 0 |   |   |   |
| 1.16 | 0 | , | 5 |   |   | 1.37 | 3 | 2 |   |   |   |
| 1.17 | 2 |   |   |   |   | 1.38 | 1 | 6 |   |   |   |
| 1.18 | 2 | 4 |   |   |   | 1.39 | 0 | , | 0 | 3 | 4 |
| 1.19 | 3 |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |



**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

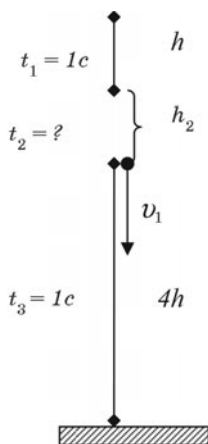
- 1.9.** Сделайте чертеж, показывающий, что лодка при переправе движется перпендикулярно берегу и ее суммарная скорость складывается из скорости течения реки и скорости лодки относительно воды.

$$v_0 = \sqrt{v^2 - u^2} \approx 9,5 \text{ м/с.}$$

- 1.10.** Задачу проще решить, рассчитав время движения человека от момента потери перчатки до ее подбора в системе отсчета, связанной с эскалатором. За это время эскалатор проходит расстояние, равное половине длины пролета.

$$v_{\text{эск}} = 3 \text{ м/с.}$$

- 1.27.** Схема полета показана на рисунке. Так как тело падает из состояния покоя, за первую секунду оно пролетает расстояние  $h = gt_1^2/2 = 5 \text{ м}$ . Длина третьего участка движения  $4h = 20 \text{ м}$ . Скорость, которую приобретет тело, влетая на третий участок полета,  $v_1 = g(t_1 + t_2)$ . Тогда третий участок должен иметь длину  $4h = v_1 t_3 + gt_3^2/2 = g(t_1 + t_2) t_3 + gt_3^2/2$ . Подставляя числовые значения  $4h$  и  $t_3$ , находим время полета на втором участке  $t_2 = 0,5 \text{ с}$ . Откуда полное время полета равно  $2,5 \text{ с}$ , а высота полета  $H = g(t_1 + t_2 + t_3)^2/2 = 31,25 \text{ м}$ .



- 1.28.** Следует выразить максимальную высоту подъема и дальность полета через модуль начальной скорости и тригонометрические функции угла. Деление одного выражения на другое даст выражение для нужной величины.

$$\operatorname{tga} = 2.$$

- 1.29.** Сделав чертеж, покажем, что после удара вектор скорости отразившегося шарика направлен под углом  $30^\circ$  к горизонту. Для этого помимо знания геометрии следует учесть, что при упругом ударе угол падения равен углу отражения от плоскости. Запишем уравнение для вертикальной составляющей скорости шарика после удара:

$$v_p = gt \sin 30^\circ = 5 \text{ м/с};$$

Получим оценку высоты подъема шарика над горизонтальным уровнем, проходящим через точку удара о плиту, после удара:

$$h_1 = \frac{v_p^2}{2g} = 1,25 \text{ м};$$

Получим оценку высоты подъема шарика над землей:

$$h = H - \frac{gt^2}{2} + h_1;$$

$$h = 20 \text{ м} - 5 \text{ м} + 1,25 \text{ (м)} = 16,25 \text{ м}.$$

- 1.30.** Длина участка движения бруска до срабатывания первого датчика, включающего секундомер, равна  $s_0 = 12$  см; время прохождения этого пути —  $t_1$ . Длина участка от начала движения до срабатывания второго датчика, включающего секундомер, равна  $s = 32$  см; время прохождения этого пути —  $t_2$ . Время прохождения бруском расстояния между двумя датчиками  $t = 0,179$  с. Для равноускоренного движения на отрезках пути  $s_0$  и  $s$  имеем

$$s_0 = \frac{at_1^2}{2} \text{ и } s = \frac{at_2^2}{2}.$$

$$\text{Откуда } t_1 = \sqrt{\frac{2s_0}{a}}, \quad t_2 = \sqrt{\frac{2s}{a}} \text{ и}$$

$$t = t_2 - t_1 = \sqrt{\frac{2s}{a}} - \sqrt{\frac{2s_0}{a}} = \frac{\sqrt{2s} - \sqrt{2s_0}}{\sqrt{a}}.$$

Выражая отсюда ускорение, получим

$$a = \frac{(\sqrt{2s} - \sqrt{2s_0})^2}{t^2} \approx 3 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

**1.40.** Следует приравнять модуль центростремительного ускорения на участке  $AB$  ( $v^2/R$ ) и модуль ускорения на участке  $BC$ , выраженный через начальную скорость  $v$  и время прохождения участка  $t_{BC}$ . Получив выражение для  $t_{BC}$  через остальные параметры и время  $t_{AB}$  движения на участке  $AB$  через длину четверти окружности ( $\pi R/2$ ) к скорости движения  $v$ , можно найти искомое отношение:

$$\frac{t_{AB}}{t_{BC}} = \frac{\pi}{2} \approx 1,57.$$

## Тема 2. Законы Ньютона

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|      |   |   |   |   |   |      |   |   |   |  |  |
|------|---|---|---|---|---|------|---|---|---|--|--|
| 2.1  | 4 | 1 |   |   |   | 2.16 | 4 | 0 | 0 |  |  |
| 2.2  | 1 | 3 | 5 |   |   | 2.17 | 1 |   |   |  |  |
| 2.3  | 2 | 2 | , | 5 |   | 2.18 | 2 |   |   |  |  |
| 2.4  | 1 | 7 |   |   |   | 2.19 | 1 | 2 | 2 |  |  |
| 2.5  | 3 | 4 |   |   |   | 2.20 | 1 | 4 |   |  |  |
| 2.6  | 3 | 1 |   |   |   | 2.21 | 5 |   |   |  |  |
| 2.7  | 0 | , | 1 | 2 | 5 | 2.22 | 1 | 1 |   |  |  |
| 2.8  | 0 | , | 0 | 7 | 5 | 2.23 | 1 |   |   |  |  |
| 2.9  | 1 | 5 | 0 |   |   | 2.25 | 3 |   |   |  |  |
| 2.10 | 3 | 2 |   |   |   | 2.26 | 6 | 4 |   |  |  |
| 2.11 | 2 | 0 |   |   |   | 2.27 | 1 | 2 |   |  |  |
| 2.12 | 9 | 0 |   |   |   | 2.33 | 1 | 3 |   |  |  |
| 2.13 | 2 | , | 5 |   |   | 2.34 | 6 |   |   |  |  |
| 2.14 | 1 | 0 | 0 |   |   | 2.35 | 8 | 0 |   |  |  |
| 2.15 | 0 | , | 2 | 5 |   |      |   |   |   |  |  |

**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

- 2.24.** Если брусок покоится, то сумма сил, действующих на него, равна нулю (первый закон Ньютона). Если брусок находится на грани сдвига с места, значит, согласно закону сухого трения, сила трения покоя достигла максимального значения и равна  $\mu N$ , где  $N$  — сила нормальной реакции опоры. При движении вниз сила трения направлена вверх. В ходе решения следует сделать чертеж, указав на нем вектора́ всех сил, действующих на брусок; выбрать оси координат, направив их вдоль и перпендикулярно наклонной плоскости; записать II закон Ньютона в векторном виде; расписать его в проекциях на оси; добавить в систему двух уравнений выражение для закона сухого трения; решить систему трех уравнений с тремя неизвестными.

Ответ:  $F = mg(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = 0,5 \text{ Н}$ .

- 2.28. 1)** До пережигания нити сила упругости пружины равна сумме сил тяжести грузов:

$$F_{\text{упр}} = (m_1 + m_2)g. \quad (1)$$

2) Эта же сила будет действовать на груз  $m_1$  после пережигания нити. Запишем второй закон Ньютона для сил в проекции на ось  $OY$ :

$$m_1 g - F_{\text{упр}} = m_1 a_y. \quad (2)$$

3) Решим систему уравнений (1) и (2) и получим выражение в общем виде:

$$a_y = \frac{m_2}{m_1} g.$$

4) Получим числовой ответ:  $a_y = -4 \text{ м/с}^2$ .

Ускорение направлено вверх.

**2.29.** Используя второй закон Ньютона и закон сухого трения, находим ускорение бруска  $a = \mu g$ . Используя закон равноускоренного движения, находим начальную скорость для перемещения на расстояние  $L$  при движении с торможением.  $v_0 = 3$  м/с.

**2.30.** 1) Запишем второй закон Ньютона для каждого из тел в проекции на вертикальную ось, направленную вниз:

$$-m_1 a = m_1 g - T,$$

$$m_2 a = m_2 g - T, \text{ где } T \text{ — сила натяжения нити.}$$

2) Решим систему уравнений и получим ответ в общем виде:

$$a = \frac{(m_2 - m_1)g}{m_1 + m_2}.$$

3) Получим числовой ответ:  $a = 2,5$  м/с<sup>2</sup>.

**2.31.** 1) Внешняя сила, действующая на систему из двух автомобилей в направлении их движения — это сила трения, действующая на грузовик. Ее максимальное значение составляет  $F = \mu Mg \cos \alpha$ , где  $\cos \alpha = \sqrt{0,99} \approx 1$ ;

Уравнение для равнодействующей сил, действующих на систему из двух автомобилей, в проекции на направление их движения:

$$(M + m)a = \mu Mg \cos \alpha - M g \sin \alpha - m g \sin \alpha;$$

Откуда

$$a = \frac{F}{M + m} = g \left( \frac{M}{M + m} \cdot \mu \cos \alpha - \sin \alpha \right) = 2 \text{ м/с}^2.$$

**2.32.** 1) Ускорение спутника, движущегося со скоростью  $v$  по окружности радиусом  $R$ , равно  $g$ :

$$g = \frac{v^2}{R} = \frac{GM}{R^2},$$

$$\text{следовательно, } v = \sqrt{\frac{GM}{R}}.$$

Период вращения спутника:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}.$$

Для отношения периодов получаем ответ:

$$\frac{T_{\Pi}}{T_3} = \frac{\sqrt{\left(\frac{R_{\Pi}}{R_3}\right)^3}}{\sqrt{\frac{M_{\Pi}}{M_3}}},$$

$$\frac{T_{\Pi}}{T_3} = \sqrt{0,185} \approx 0,43.$$

- 2.36.** Водитель испытает состояние невесомости, если автомобиль с водителем в верхней точке перейдет в состояние свободного полета, оторвавшись от моста. В верхней точке моста равнодействующая силы тяжести и реакции моста сообщает автомобилю центростремительное ускорение. В случае невесомости реализуются условия, когда вес тела равен нулю, то есть автомобиль не давит на мост, а мост (по третьему закону Ньютона) не действует на автомобиль, то есть он движется только под действием силы тяжести. Значит, центростремительное ускорение сообщается автомобилю только силой тяжести, следовательно,  $v^2 / R = g$ , откуда  $R = v^2 / g = 40$  (м).

### Тема 3. Законы сохранения

#### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|     |   |   |   |   |  |      |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|--|------|---|---|---|---|---|
| 3.1 | 4 | 8 |   |   |  | 3.15 | 2 |   |   |   |   |
| 3.2 | 0 | , | 0 | 1 |  | 3.16 | 1 | 0 | 0 |   |   |
| 3.3 | 1 | 3 |   |   |  | 3.17 | 2 |   |   |   |   |
| 3.4 | 2 | 3 |   |   |  | 3.18 | 2 | 0 |   |   |   |
| 3.5 | 1 |   |   |   |  | 3.19 | 0 | , | 0 | 1 | 6 |
| 3.7 | — | 5 | 0 |   |  | 3.20 | 0 | , | 5 |   |   |
| 3.8 | 2 |   |   |   |  | 3.21 | 3 | 4 |   |   |   |
| 3.9 | 1 |   |   |   |  | 3.22 | 2 | 0 |   |   |   |

|      |   |   |   |   |   |      |   |   |   |  |  |
|------|---|---|---|---|---|------|---|---|---|--|--|
| 3.10 | 4 | 1 |   |   |   | 3.23 | 0 | , | 2 |  |  |
| 3.11 | 1 | 0 | 0 |   |   | 3.24 | 1 | 0 |   |  |  |
| 3.12 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 3.25 | 2 | 3 | 2 |  |  |
| 3.13 | 3 |   |   |   |   | 3.26 | 1 | 2 |   |  |  |
| 3.14 | 2 | 0 | 0 |   |   | 3.27 | 3 | 1 |   |  |  |

**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

**3.6.** Из закона равноускоренного движения определим высоту подъема снаряда:

$$h = \frac{v_0^2}{2g} = 2000 \text{ м.}$$

Из закона сохранения импульса определим начальную скорость второго осколка:

$$m_1 v_1 = m_2 v_2, \quad v_2 = \frac{v_1}{4} = 25 \text{ м/с.}$$

Тогда можно определить время падения второго осколка с высоты  $h$ :

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ с и дальность его полета: } S = v_2 t = 500 \text{ м.}$$

**3.28.** Потенциальная энергия шайбы в точке  $A$  относительно уровня  $BD$  равна  $mgH$ . За счет трения перед вылетом из желоба шайба имеет полную механическую энергию  $mgH - \Delta E$ , которая в точке  $B$  является кинетической энергией тела  $\frac{mv_0^2}{2}$ . В ходе полета после вылета из желоба эта энергия преобразуется в потенциальную энергию, частично в кинетическую. Закон сохранения полной механической энергии при перемещении шайбы из точки  $B$  в точку максимального подъема дает

$$mgH - \Delta E = \frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2}.$$

Рассмотрение полета тела, брошенного под углом к горизонту, показывает, что максимальная дальность полета при заданной начальной скорости  $v_0$  достигается при броске под углом  $\alpha = 45^\circ$ . Действительно, время полета  $t_{\text{пол}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$ , скорость движения вдоль горизонтальной оси  $v_x = v_0 \cos \alpha$ , откуда дальность полета  $L = \frac{2v_0 \sin \alpha \cdot v_0 \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha$ . Значение  $L$  принимает максимальное значение при  $\sin 2\alpha = 1$ , то есть при  $\alpha = 45^\circ$ .

Поскольку в верхней точке траектории тело движется со скоростью  $v = v_x = v_0 \cos 45^\circ = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$ , то закон сохранения энергии дает

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2} = mgh + \frac{mv_0^2}{2 \cdot 2} = mgh + \frac{mv_0^2}{4},$$

Откуда

$$mgh = \frac{mv_0^2}{4} = \frac{mgH - \Delta E}{2} \quad \text{или} \quad h = \frac{H}{2} - \frac{\Delta E}{2mg} = 2 \text{ (м)}.$$

Ответ: 2 м.

- 3.29.** При спуске с начальной высоты малый шар приобретет скорость  $v$ . Далее по условию происходит упругий удар. При таком ударе выполняются и закон сохранения механической энергии:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{Mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \quad (1)$$

и закон сохранения импульса:

$$mv = Mv_1 + mv_{2x} \quad (2)$$

В уравнении записана проекция  $v_{2x}$  вектора  $\vec{v}_2$ , поскольку неясно, отлетит легкий шарик или продолжит движение в том же направлении вслед за тяжелым шаром.



Из уравнения (2) с учетом условия  $M = 2m$  получаем  $v = 2v_1 + v_{2x}$  и, подставляя его в (1), приходим к выводу:

$$4v_1^2 + 4v_1v_{2x} + v_{2x}^2 = 2v_1^2 + v_{2x}^2, \text{ или } 2v_1^2 = -4v_1v_{2x}, \text{ или } v_{2x} = -\frac{1}{2}v_1,$$

то есть легкий шар, налетев на тяжелый шар, отлетит в обратном направлении со скоростью, равной половине скорости тяжелого шара. Тогда их кинетические энергии с учетом масс относятся как

$$\frac{E_{\text{кин1}}(\text{тяжелый})}{E_{\text{кин2}}(\text{легкий})} = \frac{2mv_1^2 \cdot 2}{2m(v_1/2)^2} = 8.$$

## Тема 4. Статика и гидростатика

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|      |   |   |   |   |      |   |   |   |   |
|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|
| 4.1  | 2 | 4 |   |   | 4.13 | 3 | 6 |   |   |
| 4.2  | 1 | 0 |   |   | 4.14 | 3 | 3 | 3 |   |
| 4.3  | 0 | , | 1 | 8 | 4.15 | 9 | 1 |   |   |
| 4.4  | 3 | 2 |   |   | 4.16 | 4 | 1 |   |   |
| 4.5  | 5 | 3 |   |   | 4.17 | 1 | 4 |   |   |
| 4.6  | 1 | 0 | 0 |   | 4.18 | 2 | 0 | 0 |   |
| 4.7  | 1 | 0 |   |   | 4.19 | 2 | 1 |   |   |
| 4.8  | 1 | 2 |   |   | 4.20 | 4 | 2 |   |   |
| 4.9  | 1 |   |   |   | 4.21 | 0 | , | 4 |   |
| 4.10 | 0 | , | 1 |   | 4.22 | 3 | 2 |   |   |
| 4.12 | 1 | 4 |   |   | 4.23 | 1 | 2 | , | 9 |

**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

- 4.11.** Условие равновесия рычага  $OA$  — равенство моментов сил натяжения нитей, вращающих рычаг по и против часовой стрелки.

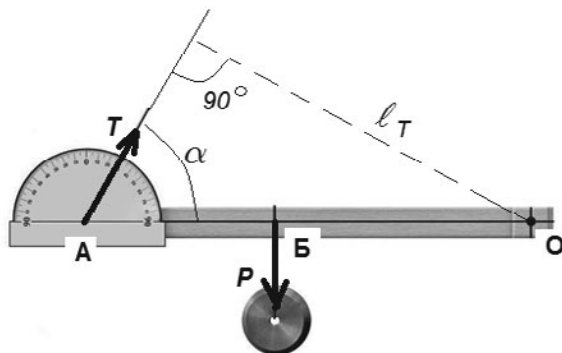
$$T \cdot l_T = P \cdot OB,$$

так как сила натяжения нити, удерживающей диск, равна весу диска

$$P = mg.$$

Плечо силы  $T$  по определению — кратчайшее расстояние от оси вращения до линии, вдоль которой действует сила (рис.), то есть  $l_T = AO \cdot \sin \alpha$ . Плечо силы  $P$  равно длине отрезка  $OB$ . Из условия задачи следует, что

$$OB = \frac{5}{9} AO = 50 \text{ см.}$$



Как видно из показаний приборов на рисунке из условия задачи, угол  $\alpha = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ , сила натяжения нити  $T = 1,5$  Н. Тогда

$$m = \frac{T \cdot AO \cdot \sin \alpha}{g \cdot BO}.$$

Ответ:  $\approx 235$  г.

**4.24.** Если при растворении соли в воде объем раствора не меняется, то плотность раствора увеличивается и выталкивающая сила возрастает. Поэтому если вода и рассол проникают в пространство между кубиком и дном стакана, то сила давления кубика на дно уменьшится. При наливании на рассол бензина, не смешивающегося с рассолом, суммарное давление в рассоле на уровне поверхности кубика и на уровне дна стакана увеличится, но архимедова сила, действующая на кубик, не изменится, так как она возникает из-за разности давлений вблизи верхней и нижней поверхности кубика. Сила давления кубика на дно по этой причине останется такой же, как была в рассоле до добавления слоя бензина.

**4.25.** Следует использовать условие плавания тела: равенство силы тяжести тела с учетом полости и архимедовой силы. Сила тяжести рассчитывается по архимедовой силе. Архимедова сила рассчитывается по объему тела, находящегося под водой. Объем металла в теле рассчитывается по силе тяжести и плотности металла. Объем полости — объем всего тела за вычетом объема металла в нем.

Ответ:  $V_{\text{полости}} = 72 \text{ см}^3$ .

**4.26.** Согласно одной из формулировок закона Архимеда выталкивающая сила равна весу жидкости, вытесненной телом. Поэтому для расчета архимедовой силы, действующей на тело, плавающее на границе двух жидкостей, нужно рассчитать сумму сил тяжести жидкостей, вытесняемых телом с учетом объема тела в первой жидкости и во второй жидкости.

Ответ:  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ .

## Тема 5. Механические колебания и волны

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|      |   |   |   |   |      |   |   |   |   |   |  |
|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|--|
| 5.1  | 0 | , | 2 | 5 | 5.14 | 2 | 0 |   |   |   |  |
| 5.2  | 6 |   |   |   | 5.15 | 1 | , | 6 |   |   |  |
| 5.3  | 1 | 5 |   |   | 5.16 | 0 | , | 0 | 0 | 8 |  |
| 5.4  | 4 | 2 |   |   | 5.20 | 8 |   |   |   |   |  |
| 5.5  | 2 | 3 |   |   | 5.21 | 2 |   |   |   |   |  |
| 5.6  | 4 | 0 | , | 1 | 5.22 | 2 | 3 |   |   |   |  |
| 5.7  | 1 |   |   |   | 5.23 | 0 | , | 5 |   |   |  |
| 5.8  | 1 | 0 |   |   | 5.24 | 3 | 2 |   |   |   |  |
| 5.9  | 1 | 6 |   |   | 5.25 | 0 | , | 8 |   |   |  |
| 5.10 | 1 | 1 |   |   | 5.26 | 1 | 2 |   |   |   |  |
| 5.11 | 3 | 9 | , | 2 | 5.27 | 3 | 0 |   |   |   |  |
| 5.12 | 2 |   |   |   | 5.28 | 1 | 3 |   |   |   |  |
| 5.13 | 1 | 2 |   |   |      |   |   |   |   |   |  |

### Ответы, указания и возможное решение заданий, требующих развернутого ответа

**5.17.** Период колебаний  $T$  математического маятника равен

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \quad T = 0,628 \text{ с.}$$

За это время автомобиль согласно графику  $Y(x)$  перемещается вдоль оси  $OX$  на расстояние, равное 20 см, тогда искомая скорость  $v = \frac{s}{T} = 0,32 \text{ м/с.}$

**5.18.** При малых частотах внешнего воздействия груз на пружине будет подниматься вместе с держателем пружины, длина пружины почти не будет меняться, то есть амплитуда вынужденных колебаний будет небольшой. При больших частотах подтягивания верхнего конца пружины амплитуда вынужденных колебаний будет также маленькая, так как равнодействующая сил, действующих на груз, будет слишком часто менять направление. При частоте внешнего воздействия, равной частоте собственных колебаний груза, на пружине наступит резонанс, то есть груз раскачается до большой амплитуды и даже может соскочить с крючка пружины.

**5.19.** Изменение импульса шарика связано с импульсом приложенной силы. Учитывая, что за одно полное колебание сила  $F$  подействует дважды, запишем выражение для импульса шарика через  $N$  полных колебаний:

$$mv = 2N Ft,$$

$$\text{откуда } v = 2N \frac{Ft}{m}.$$

Связь между высотой поднятия шарика и углом отклонения нити можно найти, исходя из закона сохранения механической энергии, связывая высоту подъема шарика  $h$  со скоростью, полученной им после действия силы.

Тогда  $\frac{mv^2}{2} = mgh = 2mgL \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ , где учтено, что

$$h = L(1 - \cos \alpha) = 2L \sin^2 \left( \frac{\alpha}{2} \right).$$

Решая систему уравнений, получаем

$$N = \frac{m \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{Ft} \sqrt{gL} = 300 \text{ колебаний}.$$

## Раздел II. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

### Тема 6. Молекулярное строение твердых тел, жидкостей и газов. Количество вещества

**Ответы на задания, требующие получения  
числового ответа или сопоставления**

|     |   |   |  |  |      |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|--|--|------|---|---|---|---|---|
| 6.1 | 2 | 3 |  |  | 6.9  | 0 | , | 0 | 3 | 2 |
| 6.2 | 2 | 1 |  |  | 6.10 | 3 | 2 |   |   |   |
| 6.3 | 1 | 4 |  |  | 6.11 | 0 | , | 5 |   |   |
| 6.4 | 1 | 3 |  |  | 6.12 | 0 | , | 6 |   |   |
| 6.5 | 1 | 4 |  |  | 6.13 | 3 | 1 |   |   |   |
| 6.6 | 3 |   |  |  | 6.14 | 3 |   |   |   |   |
| 6.7 | 5 |   |  |  | 6.15 | 0 | , | 2 | 3 |   |
| 6.8 | 2 | 5 |  |  |      |   |   |   |   |   |

### Тема 7. Идеальный газ. Изопроцессы

**Ответы на задания, требующие получения  
числового ответа или сопоставления**

|      |   |   |   |   |      |   |   |   |
|------|---|---|---|---|------|---|---|---|
| 7.1  | 2 | 4 |   |   | 7.12 | 2 | 3 | 2 |
| 7.2  | 3 | 1 |   |   | 7.13 | 2 | 0 |   |
| 7.3  | 2 |   |   |   | 7.14 | 3 |   |   |
| 7.4  | 3 |   |   |   | 7.15 | 8 | 0 |   |
| 7.5  | 2 |   |   |   | 7.16 | 3 | 1 |   |
| 7.6  | 0 | , | 2 | 5 | 7.19 | 3 | 1 |   |
| 7.7  | 1 | , | 5 |   | 7.20 | 4 |   |   |
| 7.8  | 2 | 0 | 0 |   | 7.21 | 4 |   |   |
| 7.9  | 4 |   |   |   | 7.22 | 3 | 0 |   |
| 7.10 | 0 | , | 2 | 5 | 7.23 | 4 |   |   |
| 7.11 | 8 | , | 1 |   |      |   |   |   |

**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

- 7.17.** При условии равновесия давление в обеих частях сосуда одинаково. Согласно уравнению Клапейрона — Менделеева для газов массой  $m$  в верхней и нижней частях сосуда

$$\frac{m}{M_1 V_1} RT = \frac{m}{M_2 V_2} RT, \text{ где } V_1 = (H - h)S, \quad V_2 = hS$$

( $S$  — площадь сечения цилиндрического сосуда).

Решая эту систему уравнений, получим

$$h = \frac{HM_1}{M_1 + M_2} = \frac{H}{8} = 0,1 \text{ м.}$$

- 7.18.** Условие равновесия шара перед подъемом:

$$(M_o + m)g + m_{\text{ш}}g = \rho Vg,$$

где  $M_o$  и  $m$  — масса оболочки шара и масса груза,  $m_{\text{ш}}$  — масса воздуха в шаре.

Так как  $\rho V = m_a$  — масса такого же по объему воздуха вне шара, то

$$M_o + m = m_a - m_{\text{ш}}.$$

При нагревании воздуха в шаре его давление  $p$  и объем  $V$  не меняются. Следовательно, согласно уравнению Клапейрона — Менделеева,

$$pV = \frac{m_{\text{ш}}}{M} RT_{\text{ш}} = \frac{m_a}{M} RT_a,$$

где  $M$  — молярная масса воздуха,  $T_{\text{ш}}$  и  $T_a$  — его температуры внутри и вне шара. Отсюда:

$$m_{\text{ш}} = m_a \frac{T_a}{T_{\text{ш}}} = \rho V \frac{T_a}{T_{\text{ш}}},$$

где  $\rho$  — плотность окружающего воздуха;

$$m_a - m_{\text{ш}} = \rho V \left(1 - \frac{T_a}{T_{\text{ш}}}\right); M_o + m = \rho V \left(1 - \frac{T_a}{T_{\text{ш}}}\right).$$

Следовательно,

$$\left(1 - \frac{a}{\text{ш}}\right) = \frac{M_o + m}{\rho V} = \frac{400 + 200}{1,2 \cdot 2500} = 0,2.$$

$$\text{Отсюда } \frac{T_a}{T_{\text{ш}}} = 1 - 0,2 = 0,8 \text{ и } T_{\text{ш}} = \frac{T_a}{0,8} = \frac{280}{0,8} = 350 \text{ (К)}.$$

Ответ:  $T_{\text{ш}} = 77 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## Тема 8. Термодинамика

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|      |   |   |   |   |      |   |   |   |   |
|------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|
| 8.1  | 3 | 2 |   |   | 8.22 | – | 1 | 0 | 0 |
| 8.2  | 1 |   |   |   | 8.23 | 2 | 0 | 0 |   |
| 8.3  | 2 | 3 |   |   | 8.24 | 3 | 0 | 0 |   |
| 8.4  | 4 | 5 |   |   | 8.25 | 2 | 2 |   |   |
| 8.5  | 1 | 4 |   |   | 8.26 | 3 | 1 |   |   |
| 8.6  | 0 | , | 2 | 5 | 8.27 | 3 |   |   |   |
| 8.7  | 8 |   |   |   | 8.28 | 4 | 2 |   |   |
| 8.8  | 5 | 0 | 4 |   | 8.29 | 3 | 1 |   |   |
| 8.13 | 1 | 1 |   |   | 8.30 | 4 | 5 |   |   |
| 8.14 | 3 | 1 |   |   | 8.32 | 3 | 5 |   |   |
| 8.15 | 1 | 3 |   |   | 8.33 | 1 |   |   |   |
| 8.16 | 4 |   |   |   | 8.34 | 2 |   |   |   |
| 8.17 | 1 | 8 | 0 | 0 | 8.35 | 3 | 4 |   |   |
| 8.18 | 1 | 1 | 1 |   | 8.36 | 1 | 2 |   |   |
| 8.19 | 1 |   |   |   | 8.37 | 2 | 4 |   |   |
| 8.20 | 0 | , | 5 |   | 8.38 | 5 | 2 |   |   |
| 8.21 | 2 | 0 | 0 |   | 8.39 | 5 | 0 | 0 |   |



**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

- 8.9.** В теплоизолированном сосуде с твердыми стенками суммарная кинетическая энергия молекул газов не должна изменяться, поскольку обмена энергии с внешней средой не происходит. Число молекул кислорода по условию в 4 раза больше, чем число молекул водорода. После смешивания газов разного сорта с разной средней кинетической энергией средние кинетические энергии газов выравниваются, то есть средние кинетические энергии молекул любого сорта будут одинаковы. Остается обозначить число молекул водорода  $N$ , рассчитать суммарную кинетическую энергию всех молекул двух сортов и разделить на суммарное число молекул в сосуде.

Ответ:  $1,8 \cdot 10^{-20}$  Дж.

- 8.10.** После установления теплового равновесия температура газов станет одинаковой и равной  $T$ .

Из уравнения Клапейрона — Менделеева:

$$p_{He}2V = \nu_1 RT,$$

$$p_{Ar}V = \nu_2 RT.$$

$$\text{Откуда } \frac{p_{He}}{p_{Ar}} = \frac{\nu_1}{2\nu_2} = 0,5.$$

- 8.11.** Уравнение теплового баланса позволяет приравнять количество теплоты, отданное телом, и количество теплоты, полученное железным стаканом калориметра и водой в нем, в ходе установления теплового равновесия в системе тело — стакан — вода.

Ответ:  $375 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ .

- 8.12.** При нагревании воды от 0 до 40° С она получает от нагревателя количество теплоты  $Q = mc_2\Delta T$ , где  $\Delta T = 40$  К — изменение температуры воды.

Как следует из графика, нагревание на  $\Delta T$  происходит за время  $\tau_1 = 60$  с. При мощности нагревателя  $P$  он отдает системе количество теплоты  $Q = P\tau_1$ .

Из уравнения теплового баланса

$$P\tau_1 = mc_2\Delta T,$$

$$P = \frac{mc_2\Delta T}{\tau_1} = 560 \text{ Вт.}$$

Учтя, что процесс плавления льда длится  $\tau_1 = 120$  с, получим:  $P\tau_2 = m\lambda$ .

$$\text{Откуда следует: } \lambda = \frac{P\tau_2}{m}; \quad \lambda = 3,36 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг.}$$

- 8.31.** 1) Запишем формулы расчета работы:

$$A_{123} = A_{12} + A_{23}, \quad A_{23} = \nu R \Delta T_{23}.$$

2) Применим первый закон термодинамики для адиабатного процесса, используем зависимость внутренней энергии от температуры газа, учтем равенство температур  $T_3 = T_1$ :

$$\Delta U_{12} = A_{12}, \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \text{ или } \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}.$$

$$\text{Отсюда получаем для разности температур } \Delta T_{23} = \frac{2}{3} \frac{A_{12}}{\nu R}.$$

3) Проведем преобразования и получим выражение для расчета работы газа за весь процесс:

$$A_{123} = \frac{5}{3} A_{12}, \quad A_{123} = 10 \text{ кДж.}$$

- 8.40.** После установления равновесия в системе температура обеих частей сосуда станет одинаковой и равной  $T$ , хотя только гелий равномерно распределится по всему сосуду.

Температура в сосуде определяется из закона сохранения энергии с учетом того, что внутренняя энергия гелий-аргоновой смеси равна сумме кинетических энергий поступательного движения молекул

$$\varepsilon = 2 \frac{mu^2}{2} = (\nu_{He} + \nu_{Ar}) \frac{3}{2} RT,$$

где  $\nu_{He} = \frac{m}{M_{He}}$  и  $\nu_{Ar} = \frac{m}{M_{Ar}}$  — число молей гелия и аргона.

$$\text{Отсюда } T = 2 \cdot \frac{M_{Ar} M_{He}}{M_{Ar} + M_{He}} \cdot \frac{u^2}{3R} = 73 \text{ К}.$$

Заметим, что ответ не изменится, если перегородка будет полностью проницаемой, если ее просто убрать, если она непроницаема, но теплопроводна.

- 8.41.** КПД тепловой машины, работающей по циклу 1–2–3–4:

$\eta = \frac{A_{1234}}{Q_{13}}$ , где  $A_{1234}$  — работа газа за цикл,  $Q_{13}$  — суммарное количество теплоты, полученное на участках цикла 1–2 и 2–3.

Работа газа за цикл  $A_{1234}$  равна площади прямоугольника 1–2–3–4, изображающего график цикла в координатах  $p - V$ :  $A_{1234} = 2p_0V_0$ .

На участках 1–2 по первому закону термодинамики подведенное количество теплоты затрачивается только на увеличение внутренней энергии, а на участке 2–3 на увеличение внутренней энергии и совершение работы в изобарном процессе:

$$Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{13} = \Delta U_{13} + A_{12} + A_{23} = \Delta U_{13} + A_{23},$$

$$\Delta U_{13} = \frac{3}{2} \nu RT_3 - \frac{3}{2} \nu RT_1,$$

$$\Delta U_{13} = \frac{3}{2} 2p_0 3V_0 - \frac{3}{2} p_0 V_0 = \frac{15}{2} p_0 V_0.$$

$$\text{Тогда } \eta = \frac{2p_0 V_0}{4p_0 V_0 + \frac{15}{2} p_0 V_0} = \frac{4}{23}.$$

**8.42.** Для получения ответа требуется перечертить диаграмму цикла в координатах  $p$ - $V$  и использовать графический смысл работы для диаграммы, начерченной в таких координатах (модуль работы газа на участке цикла равен площади фигуры, ограниченной: а) линией диаграммы на этом участке; б) вертикальными прямыми из концов кривой на ось  $V$ ; в) длиной отрезка на оси  $V$ , ограниченной такими вертикальными прямыми). В данном цикле такие фигуры на участках 1—2 и 3—4 окажутся прямоугольниками.

Ответ:  $A_{12}/|A_{34}| = 1$ .

## Тема 9. Изменение агрегатных состояний вещества

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|             |   |   |             |   |   |   |
|-------------|---|---|-------------|---|---|---|
| <b>9.1</b>  | 3 | 2 | <b>9.13</b> | 1 | 5 |   |
| <b>9.2</b>  | 2 | 3 | <b>9.14</b> | 9 | 0 |   |
| <b>9.3</b>  | 4 |   | <b>9.15</b> | 1 | 5 |   |
| <b>9.4</b>  | 2 | 4 | <b>9.16</b> | 3 |   |   |
| <b>9.5</b>  | 3 |   | <b>9.17</b> | 0 | , | 6 |
| <b>9.6</b>  | 3 | 2 | <b>9.18</b> | 2 | 4 |   |
| <b>9.9</b>  | 3 | 3 | <b>9.19</b> | 4 | 7 |   |
| <b>9.10</b> | 2 | 5 | <b>9.20</b> | 3 | 1 |   |
| <b>9.11</b> | 2 |   | <b>9.21</b> | 2 | 1 |   |
| <b>9.12</b> | 1 | 1 |             |   |   |   |

**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

- 9.7.** На временном интервале от 1 до 3 мин температура вещества остается постоянной, хотя к телу подводится тепло, что свидетельствует о плавлении вещества в течение этого времени. За это время ( $\tau_1 = 2$  мин) вещество в калориметре получит от нагревателя количество теплоты  $Q_1 = P\tau_1$ ,

где  $P$  — мощность нагревателя, равная теплоте плавления  $P\tau_1 = m\lambda$ .

В течение минуты после окончания плавления ( $\tau_2 = 1$  мин) температура возрастает на  $\Delta T = 40^\circ$ , поскольку вещество получает количество теплоты  $Q_2 = P\tau_2$  от нагревателя, а изменение температуры пропорционально количеству полученной теплоты  $Q_1 = mc\Delta T$ , следовательно,  $P\tau_2 = mc\Delta T$ .

Исключение значения  $P$  из двух уравнений дает

$$c = \frac{\lambda}{\Delta T} \cdot \frac{\tau_1}{\tau_2} = 1250 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

- 9.8.** Количество теплоты, отданное калориметром и водой, при остывании до  $t_{\text{смеси}}$ :

$$Q_{\text{кал}} = c_{\text{меди}} \cdot m_{\text{кал}} \cdot (t_{\text{кал}} - t_{\text{смеси}}) = c_{\text{меди}} \cdot m_{\text{кал}} \cdot \Delta t_1;$$

$$Q_{\text{теп.в}} = c_{\text{воды}} \cdot m_{\text{теп.в}} \cdot (t_{\text{теп.в}} - t_{\text{смеси}}) = c_{\text{воды}} \cdot m_{\text{теп.в}} \cdot \Delta t_1$$

и полученное льдом при плавлении и нагревании до  $t_{\text{смеси}}$

$$\begin{aligned} Q_{\text{плав}} &= \lambda_{\text{льда}} \cdot m_{\text{льда}} + c_{\text{воды}} \cdot m_{\text{льда}} \cdot (t_{\text{смеси}} - t_{\text{хол.в}}) = \\ &= \lambda_{\text{льда}} \cdot m_{\text{льда}} + c_{\text{воды}} \cdot m_{\text{льда}} \cdot \Delta t_2. \end{aligned}$$

Уравнение теплового баланса:

$$\Delta t_1 \cdot (c_{\text{воды}} \cdot m_{\text{теп.в}} + c_{\text{меди}} \cdot m_{\text{кал}}) = m_{\text{льда}} \cdot (\lambda_{\text{льда}} + c_{\text{воды}} \cdot \Delta t_2).$$

Решая это уравнение, получаем:

$$m_{\text{льда}} \approx 0,064 \text{ кг}.$$

**9.22.** Используя показания прибора на рисунке, найдите влажность воздуха в комнате и его температуру. По этим данным определяется давление насыщенных паров при данной температуре, парциальное давление паров воды в воздухе. Затем, используя уравнение Клапейрона — Менделеева, определите массу паров в  $1 \text{ м}^3$ .

Ответ:  $\approx 10 \text{ г}$ .

## Раздел III. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

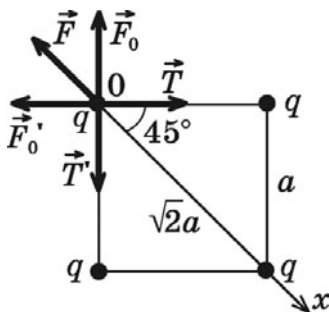
### Тема 10. Закон Кулона. Электрическое поле и его напряженность

Ответы на задания, требующие получения  
числового ответа или сопоставления

|       |   |   |   |   |   |   |       |          |          |          |          |          |   |
|-------|---|---|---|---|---|---|-------|----------|----------|----------|----------|----------|---|
| 10.1  | 1 | 1 |   |   |   |   | 10.13 | 1        | 0        |          |          |          |   |
| 10.2  | 1 | 3 |   |   |   |   | 10.14 | <i>в</i> | <i>н</i> | <i>и</i> | <i>з</i> |          |   |
| 10.3  | 3 |   |   |   |   |   | 10.16 | 5        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0 |
| 10.4  | 1 | 3 |   |   |   |   | 10.17 | 1        | 5        |          |          |          |   |
| 10.5  | 2 | 5 |   |   |   |   | 10.18 | 4        | 5        |          |          |          |   |
| 10.6  | 0 | , | 0 | 0 | 1 | 6 | 10.19 | 2        |          |          |          |          |   |
| 10.7  | 3 | 1 |   |   |   |   | 10.20 | 2        | 5        |          |          |          |   |
| 10.8  | 3 | 3 |   |   |   |   | 10.21 | <i>в</i> | <i>л</i> | <i>е</i> | <i>в</i> | <i>о</i> |   |
| 10.9  | 0 | , | 3 | 2 |   |   | 10.22 | 4        |          |          |          |          |   |
| 10.10 | 2 | 5 |   |   |   |   | 10.23 | 2        | 5        |          |          |          |   |
| 10.11 | 2 |   |   |   |   |   | 10.24 | 1        | 1        |          |          |          |   |
| 10.12 | 1 | 6 |   |   |   |   | 10.25 | 1        | 4        |          |          |          |   |

**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

- 10.15.** Выполним чертеж с указанием сил, действующих на заряд, помещенный в точке  $O$ .



Запишем условие равновесия заряда в векторной форме:

$$\vec{F}_0 + \vec{F}_0' + \vec{T} + \vec{T}' = 0.$$

Выберем координатную ось  $OX$  и запишем условие равновесия для проекций сил на ось  $OX$ , учтя, что

$$\vec{F}_0 = \vec{F}_0', \quad \vec{T} = \vec{T}'. \quad F + 2F_0 \cos 45^\circ = 2T \cos 45^\circ.$$

Запишем закон Кулона  $F = k \frac{q^2}{r^2}$  и получим выражение для силы  $F$ :  $F = \frac{F_0}{2}$ .

Получим ответ для силы, действующей со стороны одного из ближайших зарядов:  $F_0 = \frac{2T\sqrt{2}}{1 + 2\sqrt{2}}$ .

Следовательно, сила, действующая со стороны двух ближайших зарядов, будет равна:

$$|\vec{F}_0 + \vec{F}_0'| = F_0\sqrt{2} = \frac{4T}{1 + 2\sqrt{2}} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ Н.}$$

- 10.26.** При соединении пластины с полюсом источника высокого напряжения она *зарядается положительно*. Под действием поля заряженной пластины гильза *поляризуется*, то есть на ближнюю к пластине сто-

рону гильзы перемещаются электроны. В результате отрицательно заряженная сторона гильзы оказывается ближе к положительно заряженной пластине, чем положительно заряженная. Так как согласно *закону Кулона* сила электростатического взаимодействия зарядов убывает с расстоянием, гильза начнет двигаться к пластине. Если нить достаточно длинная, гильза коснется пластины и *зарядится* положительно. Так как *одноименные заряды отталкиваются*, гильза отлетит от пластины. Поколебавшись в воздухе, она замрет в положении равновесия, в котором нить отклонена от вертикали в сторону от пластины.

- 10.27.** Шарик колеблется под действием сонаправленных постоянных сил тяжести и воздействия электростатического поля на заряженный шарик. Такое движение эквивалентно движению шарика в поле тяжести с увеличенным  $g_{\text{эфф}}$ . Движение под действием силы  $m(g + \frac{qE}{m})$  приводит к уменьшению периода колебаний математического маятника.

Ответ: 0,63 с.

- 10.28.** Запишем II закон Ньютона для заряженного шарика, движущегося в электрическом поле:

$$m\vec{a} = \vec{F}_j + m\vec{g}.$$

Записав уравнение в проекции на горизонтальную ось, получим выражение для расчета проекции ускорения, определяющей перемещение частицы по горизонтали:

$$ma = qE \quad \text{или} \quad a = \frac{Eq}{m}. \quad (1)$$

Запишем формулу, связывающую путь и время при равноускоренном движении:

$$s = \frac{d}{2} = \frac{at^2}{2} \quad \text{или} \quad d = at^2. \quad (2)$$

Из выражений (1) и (2) следует:  $t = \sqrt{\frac{dm}{qE}} = 0,2 \text{ с.}$



- 10.29.** Изменение кинетической энергии тела, согласно теореме об изменении кинетической энергии, равно работе всех сил, действующих на нее.

Работа силы тяжести  $A_{mg} = mgh$ , работа сил электростатического поля  $A_{эл} = Eqh$ .

Тогда кинетическая энергия шарика перед ударом

$$E = (mg + qE)h + \frac{mv_0^2}{2} = 0,13 \text{ Дж.}$$

Эту энергию и передаст пластине шарик в результате неупругого удара, поскольку его кинетическая энергия после удара станет равной нулю.

- 10.30.** Следует рассчитать напряженность электрического поля заряженных сфер вне самой большой сферы и в промежутках между сферами, учитывая принцип суперпозиции полей, созданных каждой из сфер. Длина искомого отрезка равна сумме длин отрезков, на которых суммарная напряженность поля не равна нулю.

Ответ: 20 см.

## Тема 11. Энергетическое описание электрического поля. Плоский конденсатор

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|       |   |   |   |       |   |   |   |
|-------|---|---|---|-------|---|---|---|
| 11.1  | 1 | 3 |   | 11.13 | 4 |   |   |
| 11.2  | 3 | 3 |   | 11.14 | 0 | , | 1 |
| 11.3  | 1 | 4 |   | 11.15 | 1 | 0 | 0 |
| 11.4  | 1 | 0 | 0 | 11.16 | 3 | 2 |   |
| 11.5  | 3 |   |   | 11.17 | 0 | , | 5 |
| 11.6  | 2 | 0 |   | 11.18 | 3 | 2 |   |
| 11.7  | 1 | 5 |   | 11.19 | 2 |   |   |
| 11.8  | 1 | 2 |   | 11.20 | 3 |   |   |
| 11.9  | 3 | 4 |   | 11.21 | 0 | , | 1 |
| 11.10 | 1 | 8 | 0 | 11.22 | 2 | 2 |   |
| 11.12 | 3 | 4 |   |       |   |   |   |

**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

- 11.11.** Вклады двух внутренних сфер в потенциал электрического поля в точке  $A$  равны соответственно

$$\varphi' = k \frac{q_1}{R_A} \text{ и } \varphi'' = k \frac{q_2}{R_A},$$

где, в соответствии с условием,  $k = \frac{\varphi_1 R}{q}$ .

Вклад наружной сферы в потенциал электрического поля в точке  $A$  равен  $\varphi''' = k \frac{q_3}{3R}$ .

Таким образом, суммирование вкладов потенциалов полей, созданных всеми тремя сферами в точке  $A$ , с учетом соотношений модулей зарядов и радиусов сфер из условия задачи дает ответ в общем виде:

$$\varphi = \varphi_1 \frac{R}{q} \left[ \frac{q_1 + q_2}{R_A} + \frac{q_3}{R_3} \right]$$

и числовой ответ:  $\varphi = 153 \text{ В}$ .

- 11.23.** В ходе перераспределения зарядов выполняется закон сохранения заряда:

$$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$$

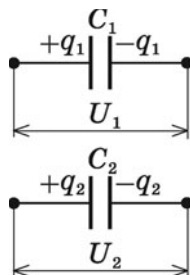
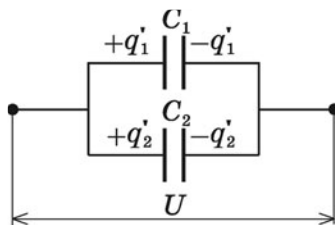
и на обоих конденсаторах устанавливается равное напряжение  $U$ :

$$U = \frac{q'_1}{C_1} = \frac{q'_2}{C_2}.$$

Так как

$$q_1 = C_1 U_1$$

$$q_2 = C_2 U_2,$$



выполнение математических преобразований дает ответ:

$$U = \frac{C_1 U_1 + C_2 U_2}{C_1 + C_2} = 66,7 \text{ В}.$$

**11.24.** Запишем выражение для начальной энергии конденсаторов:

$$W_1 = \frac{C_1 + C_2}{2} U^2.$$

Запишем выражение для энергии конденсаторов после замыкания их через резистор:

$$W_2 = \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2}, \text{ где заряды на пластинках конденса-}$$

торов находятся из выражений:  $q_1 + q_2 = C_1 U - C_2 U$

и  $\frac{q_2}{C_1} = \frac{q_1}{C_2}$ , т. к. конденсаторы соединены параллельно.

Отсюда следует, что:  $q_1 = \frac{UC_1(C_1 - C_2)}{C_1 + C_2},$

$$q_2 = \frac{UC_2(C_1 - C_2)}{C_1 + C_2}, \text{ а следовательно, } W_2 = \frac{(C_1 - C_2)^2 U^2}{2(C_1 + C_2)}.$$

Выделившееся количество теплоты равно:

$$Q = W_1 - W_2 = \frac{2C_1 C_2 U^2}{C_1 + C_2},$$

$$Q = 48 \text{ мкДж.}$$

Анализ итоговой формулы показывает, что ответ не зависит от значения сопротивления резистора.

## Тема 12. Законы постоянного тока

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|      |   |   |  |       |   |   |   |   |   |
|------|---|---|--|-------|---|---|---|---|---|
| 12.1 | 9 | 0 |  | 12.16 | 1 | 1 | 0 | , | 5 |
| 12.2 | 1 | 4 |  | 12.17 | 3 | 2 |   |   |   |
| 12.3 | 2 | 4 |  | 12.18 | 3 | 4 |   |   |   |
| 12.4 | 4 | 3 |  | 12.19 | 2 | 3 |   |   |   |
| 12.5 | 3 |   |  | 12.20 | 2 | 1 |   |   |   |

|       |   |   |   |       |   |   |   |   |  |
|-------|---|---|---|-------|---|---|---|---|--|
| 12.6  | 3 | 5 |   | 12.21 | 1 | 3 |   |   |  |
| 12.7  | 0 | , | 8 | 12.22 | 1 | 6 |   |   |  |
| 12.8  | 4 |   |   | 12.23 | 0 | , | 9 |   |  |
| 12.9  | 6 |   |   | 12.25 | 4 |   |   |   |  |
| 12.10 | 4 |   |   | 12.26 | 2 |   |   |   |  |
| 12.11 | 4 | 5 |   | 12.27 | 1 | , | 8 |   |  |
| 12.13 | 4 | 3 |   | 12.28 | 1 | 4 | 4 | 0 |  |
| 12.14 | 4 |   |   | 12.29 | 0 | , | 3 | 2 |  |
| 12.15 | 2 |   |   |       |   |   |   |   |  |

**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

**12.12.** Считается, что в длинном проводнике электроны движутся под действием однородного электрического поля. Сила тока  $I$  в последовательно соединенных проводниках одинакова. Разности потенциалов на концах проводника (электрическое напряжение)  $U$  связаны с напряженностью однородного электрического поля в проводнике:

$$U_1 = E_1 l,$$

$$U_2 = E_2 l.$$

По закону Ома для участка цепи:

$$U_1 = IR_1,$$

$$U_2 = IR_2,$$

где  $R_1$  и  $R_2$  — сопротивления проводников.

Сопротивления проводников связаны с длиной, площадью поперечного сечения и удельным электрическим сопротивлением  $\rho$  материала проводника:

$$R_1 = \frac{\rho l}{S_1},$$

$$R_2 = \frac{\rho l}{S_2},$$

где  $S_1 = \pi r_1^2$  и  $S_2 = \pi r_2^2$  площади поперечных сечений проводников.

Выполняя математические преобразования, получим:

$$E_1 = \frac{\rho I}{\pi r_1^2},$$

$$E_2 = \frac{\rho I}{\pi r_2^2}.$$

Откуда: 
$$\frac{E_1}{E_2} = \left( \frac{r_2}{r_1} \right)^2.$$

- 12.24.** Энергия, запасенная в конденсаторе емкостью  $C$  и напряжением  $U$ :

$$W = \frac{CU^2}{2}.$$

Напряжение на конденсаторе равно напряжению на резисторе сопротивлением  $2R$ .

$$U = I \cdot 2R.$$

Сила тока через резистор сопротивлением  $2R$  рассчитывается по закону Ома для замкнутой цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + 3R}.$$

Объединяя уравнения, получим

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C}{2} \left( \frac{\mathcal{E}}{r + 3R} \right)^2 (2R)^2 = \frac{2C\mathcal{E}^2 R^2}{(r + 3R)^2}.$$

- 12.30.** Следует количество теплоты, выделяющейся в нагревателе кофейника, умножить на КПД и приравнять полученное количество теплоты к количеству теплоты, необходимой для нагревания 1 кг воды на  $80^\circ$  и превращения в пар при температуре кипения.

Ответ: через 3245 с.

- 12.31.** После расчета сопротивлений всех ламп по их маркировке рассчитывается сопротивление внешней части цепи, сила тока через источник по закону Ома для полной цепи и сила тока через лампу  $L3$  с учетом того, что сопротивления ламп  $L2$  и  $L3$  одинаковы. Закон Джоуля — Ленца позволяет затем рассчитать количество теплоты, выделившейся в лампе  $L3$  за 60 с.

Ответ: 120 Дж.

### Тема 13. Закономерности протекания тока в различных средах

#### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|      |   |   |       |   |   |   |   |
|------|---|---|-------|---|---|---|---|
| 13.1 | 4 | 5 | 13.10 | 3 | 1 |   |   |
| 13.2 | 1 | 3 | 13.11 | 2 | 4 |   |   |
| 13.3 | 2 | 1 | 13.12 | 2 | 4 |   |   |
| 13.4 | 3 | 4 | 13.13 | 2 | 4 |   |   |
| 13.5 | 1 | 4 | 13.14 | 4 |   |   |   |
| 13.6 | 1 | 2 | 13.15 | 3 |   |   |   |
| 13.7 | 3 |   | 13.16 | 3 |   |   |   |
| 13.8 | 1 | 4 | 13.17 | 0 | , | 2 | 5 |

#### Ответы, указания и возможное решение заданий, требующих развернутого ответа

- 13.9.** Требуется рассчитать число атомов германия в  $1 \text{ м}^3$  исходя из плотности и молярной массы германия, а затем число атомов германия и примеси в этом объеме.
- Ответ:  $4 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ .

**13.18.** При последовательном соединении ламп сила тока в них одинакова, а напряжение на концах цепи из двух ламп (оно же напряжение на источнике) равно сумме напряжений. Напряжение на каждой лампе находится из графика.

Ответ: 340 В.

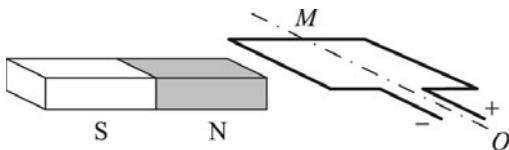
### Тема 14. Магнитное поле и его характеристики. Силы Ампера и Лоренца

**Ответы на задания, требующие получения  
числового ответа или сопоставления**

|      |   |   |   |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |
|------|---|---|---|---|---|---|-------|---|---|---|---|---|---|
| 14.1 | 3 | 5 |   |   |   |   | 14.9  | о | т |   | н | а | с |
| 14.2 | о | т |   | н | а | с | 14.10 | 3 | 2 |   |   |   |   |
| 14.3 | 2 | 5 |   |   |   |   | 14.11 | 2 | 5 |   |   |   |   |
| 14.4 | в | л | е | в | о |   | 14.14 | 4 | 2 |   |   |   |   |
| 14.5 | 2 | 1 |   |   |   |   | 14.15 | 1 | 2 |   |   |   |   |
| 14.6 | 0 | , | 0 | 2 | 5 |   | 14.16 | 0 | , | 5 |   |   |   |
| 14.7 | 0 | , | 0 | 6 |   |   | 14.17 | 1 |   |   |   |   |   |
| 14.8 | 0 | , | 1 |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |

**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

**14.12.** Рамка повернется по часовой стрелке и встанет перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» окажется внизу. Рассмотрим сечение рамки плоскостью рисунка в условии задачи. В исходном положении в левом звене рамки ток направлен к нам, а в правом — от нас.



На левое звено рамки действует сила Ампера  $\vec{F}_{A1}$ , направленная вверх, а на правое звено — сила Ампера  $\vec{F}_{A2}$ , направленная вниз. Эти силы разворачивают рамку на неподвижной оси  $MO$  по часовой стрелке (рис.). Рамка устанавливается перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» оказывается внизу. При этом силы Ампера  $\vec{F}_{A1}$  и  $\vec{F}_{A2}$  обеспечивают равновесие рамки на оси  $MO$  (рис.), растягивая противоположные стороны рамки в вертикальной плоскости вверх и вниз.

- 14.13.** Общие энергозатраты на процесс (расход электроэнергии или работа тока в двигателе) —  $UIt$ . Механическая работа, совершенная двигателем, —  $mgvt$ . Остальные затраты энергии — это и есть количество теплоты, выделившееся в обмотке двигателя.

Ответ:  $\approx 8$  мДж.

- 14.18.** Для описания движения частицы по окружности с центростремительным ускорением под действием силы Лоренца используем второй закон Ньютона:

$$F_n = Bvq = \frac{mv^2}{r} = ma_u.$$

Откуда с учетом того, что масса  $\alpha$ -частицы примерно равна массе атома гелия  $m = \frac{M}{N_A}$ , получим

$$v = \frac{2BerN_A}{M} = 9,6 \cdot 10^7 \text{ м/с}.$$



## Тема 15. Явление электромагнитной индукции

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|       |   |   |   |   |       |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|---|-------|---|---|---|---|
| 15.1  | 2 | 5 |   |   | 15.15 | 1 | 4 |   |   |
| 15.2  | 2 | 3 |   |   | 15.16 | 2 | 5 |   |   |
| 15.3  | 2 | 4 |   |   | 15.17 | 4 |   |   |   |
| 15.4  | 3 | 5 |   |   | 15.20 | 2 | 5 |   |   |
| 15.5  | 4 |   |   |   | 15.21 | 2 |   |   |   |
| 15.6  | 0 | , | 5 |   | 15.22 | 1 | 1 |   |   |
| 15.7  | 3 | 4 |   |   | 15.23 | 1 | 6 |   |   |
| 15.8  | 0 | , | 2 | 5 | 15.24 | 0 | , | 0 | 4 |
| 15.9  | 1 |   |   |   | 15.25 | 2 | 5 |   |   |
| 15.13 | 3 | 5 |   |   | 15.26 | 1 |   |   |   |
| 15.14 | 3 | 4 |   |   | 15.27 | 1 | 4 |   |   |

### Ответы, указания и возможное решение заданий, требующих развернутого ответа

**15.10.** По закону электромагнитной индукции с учетом однородности магнитного поля

$$\left| \mathcal{E}_{\text{инд}} \right| = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = S \left| \frac{\Delta B_z}{\Delta t} \right|.$$

Используя закон Ома для полной цепи в применении к ЭДС индукции, можно записать:

$$\left| \mathcal{E}_{\text{инд}} \right| = IR.$$

Из определения силы тока

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

Решая систему уравнений, получим

$$\left| \Delta q \right| = \left| I \Delta t \right| = \frac{S}{R} \left| B_{2z} - B_{1z} \right| = 0,006 \text{ Кл.}$$

- 5.11.** При повороте рамки меняется магнитный поток через нее, возникает ЭДС индукции и связанный с ней индукционный ток в рамке  $-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \mathcal{E}_{\text{инд}} = IR$ .

При повороте на малый угол получаем:

$$-\Delta\Phi = I\Delta t R = \Delta q R.$$

Поэтому  $\Delta q = -\Delta\Phi/R$ . Суммируя вклады от последовательных малых поворотов, получаем для полного заряда, протекшего через рамку при ее повороте:

$$q = \frac{(\Phi_1 - \Phi_2)}{R},$$

где  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  — значения магнитного потока через рамку в ее начальном и конечном положении. В нашем случае

$$q = \frac{[BS - (-BS)]}{R} = \frac{2BS}{R} = 0,4 \text{ Кл.}$$

- 15.12.** Под действием магнитного поля электроны смещаются и возникает электрическое поле с напряженностью  $E$ . Запишем условие равномерного движения электронов под действием взаимно перпендикулярных полей:

$$F_{\text{э}} = F_{\text{м}};$$

$$\text{Учтя, что } F_{\text{э}} = eE, \text{ а } E_{\text{м}} = evB,$$

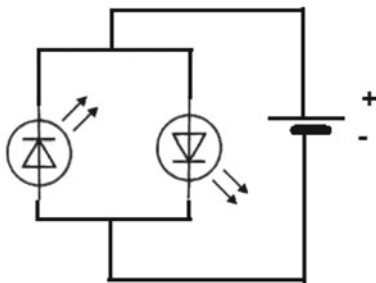
$$\text{получим: } E = vB = 2 \text{ В/м.}$$

Разность потенциалов между центром куба и одной из его вершин равна:  $\Delta\varphi = E \frac{a}{2} = 0,1 \text{ В.}$

- 15.18.** При приближении магнита к катушке в ней генерируются индукционные токи, поскольку поток индукции магнитного поля магнита через катушку нарастает. Направление токов таково (следует показать на чертеже), что магнит и катушка отталкиваются. Поскольку катушка закреплена, тормозится движение магнита. При удалении магнита от катушки генерируются токи про-

тнотположного направления, но и магнит, пролетевший сквозь катушку, повернут к катушке противоположным полюсом. Его движение опять будет замедлено по сравнению со свободным падением. Смена полюса в начальной точке падения не изменит рассуждений, поэтому магнит также пролетит то же расстояние за большее время, чем при свободном падении. Можно провести рассуждения и с использованием правила Ленца.

- 15.19.** По правилу Ленца направление индукционного тока при явлении электромагнитной индукции должно быть таким, чтобы вызвать явления, препятствующие причине, вызвавшей индукционный ток. Так как причиной возникновения тока является приближение к катушке южного полюса магнита, то индукционный ток в катушке должен превратить катушку в электромагнит, отталкивающий приближающийся южный полюс постоянного магнита. Такое направление тока соответствует протеканию его в ближней к нам стороне витков катушки слева направо. Тогда ЭДС самоиндукции в эквивалентной схеме процесса должна быть включена, как показано на рисунке. Это означает, что вспыхнет правый светодиод.



- 15.28.** По данным задачи следует рассчитать общее сопротивление цепи, действующее значение силы тока в цепи. Это позволяет рассчитать среднюю мощность, выделяющуюся на сопротивлении  $R$  (искомая полезная мощность).

ность) и выделяющуюся на подводящих проводах длиной  $2L$  (потери энергии на подводящих проводах), и долю потерянной энергии при передаче ее потребителю.

Ответ:  $\approx 8$  кВт.

## Тема 16. Колебательный контур. Излучение электромагнитных волн радиодиапазона

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|       |   |   |   |       |   |   |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|-------|---|---|---|---|---|---|
| 16.1  | 2 | 5 |   | 16.19 | 4 | 5 |   |   |   |   |
| 16.2  | 4 | 5 |   | 16.20 | 3 | 5 |   |   |   |   |
| 16.3  | 4 | 5 |   | 16.21 | 1 | 4 |   |   |   |   |
| 16.4  | 1 | 3 |   | 16.22 | 4 |   |   |   |   |   |
| 16.5  | 5 |   |   | 16.23 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16.6  | 1 | 5 |   | 16.24 | 2 | 2 |   |   |   |   |
| 16.7  | 2 |   |   | 16.25 | 1 | , | 6 |   |   |   |
| 16.10 | 3 | 5 |   | 16.26 | 4 | 5 |   |   |   |   |
| 16.11 | 2 | 5 | 0 | 16.27 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 16.12 | 1 |   |   | 16.28 | 3 | 2 |   |   |   |   |
| 16.13 | 2 |   |   | 16.29 | 1 | , | 2 |   |   |   |
| 16.14 | 1 |   |   | 16.30 | 7 | 5 |   |   |   |   |
| 16.18 | 4 | 5 |   |       |   |   |   |   |   |   |

### Ответы, указания и возможное решение заданий, требующих развернутого ответа

**16.8.** Достаточно воспользоваться определением индуктивности и выражением для энергии магнитного поля катушки.

Ответ: 40 Дж.

- 16.9.** Пока ключ  $K$  замкнут, через катушку индуктивности идет ток

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}, \text{ конденсатор заряжен до напряжения}$$

$$U = IR = \frac{\mathcal{E}R}{R + r}.$$

В контуре заключена энергия

$$W = \frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{L\mathcal{E}^2}{2(R + r)^2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \cdot \frac{R^2}{(R + r)^2}.$$

После размыкания ключа в процессе затухания колебаний вся эта энергия (потерями на излучение пренебрегаем) выделится на резисторе, т. е.  $Q = W = 3,75 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$ .

- 16.15.** Требуется по таблице определить период колебаний в контуре и применить формулу Томсона.

Ответ: 16 мГц.

- 16.16.** Требуется использовать закон сохранения энергии для электромагнитных колебаний в колебательном контуре.

Ответ: 80 мДж.

- 16.17.** В идеальном контуре сохраняется суммарная энергия катушки и конденсатора:

$$\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}, \quad (1)$$

$$\frac{q_m^2}{2C} = \frac{LI_m^2}{2}. \quad (2)$$

Из равенства (1) следует:  $I^2 = I_m^2 - \frac{q^2}{LC}$ .

Из равенства (2):  $LC = \frac{q_m^2}{I_m^2}$ .

В результате получаем:  $I = I_m \sqrt{1 - \frac{q^2}{q_m^2}} = 8 \text{ мА}$ .

**16.31.** Требуется, рассчитав площадь рамки, применить закон электромагнитной индукции для вычисления ЭДС индукции. Затем, используя эквивалентную электрическую схему, можно применить закон Ома для полной цепи для расчета силы тока в ходе убывания магнитного поля. ЭДС индукции — это отношение работы вихревого поля к заряду, протекающему через поперечное сечение проводника. Заряд находится из определения силы тока.

Ответ: 0,2 Дж.

## Тема 17. Геометрическая оптика

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|       |   |   |  |       |   |   |   |
|-------|---|---|--|-------|---|---|---|
| 17.1  | 1 |   |  | 17.17 | 3 | 2 |   |
| 17.2  | 1 | 0 |  | 17.18 | 1 | 1 |   |
| 17.3  | 2 |   |  | 17.19 | 1 | , | 2 |
| 17.4  | 1 | 1 |  | 17.22 | 6 |   |   |
| 17.5  | 3 |   |  | 17.23 | 1 | 4 |   |
| 17.6  | 4 | 8 |  | 17.24 | 1 | 4 |   |
| 17.7  | 4 |   |  | 17.25 | 2 | 1 |   |
| 17.8  | 2 | 0 |  | 17.26 | 2 | 2 |   |
| 17.12 | 3 | 2 |  | 17.27 | 1 | 5 |   |
| 17.13 | 1 | 4 |  | 17.28 | 2 | 2 |   |
| 17.14 | 4 |   |  | 17.29 | 3 | 5 |   |
| 17.15 | 4 |   |  | 17.30 | 6 | 0 |   |
| 17.16 | 1 | 3 |  |       |   |   |   |



ласти пространства, ограниченной пересечением этих областей, то есть плоскостью зеркала и лучами  $MK$  и  $ND$  (рис.).

- 17.11.** Для ответа на первый вопрос следует нарисовать изображение стрелки за плоскостью зеркала и соединить глаз с краем зеркала. Продолжение этой линии со стрелкой отметить на изображении стрелки точкой, разделяющей стрелку на части, которую глаз видит и которую не видит, находясь в данной точке пространства (обоснование см. в решении **17.10**). Для ответа на второй вопрос нужно нарисовать стрелку в два раза короче и провести рассуждения, приведенные в решении задания **17.10**.

Ответ: При данном положении глаза видна  $1/6$  часть стрелки. Если переместить глаз, например, на 2 клетки к плоскости зеркала, а затем на 1 клетку вверх, то будет видна вся стрелка.

- 17.20.** Угол между свaeй и лучом, определяющим границу тени, находится из закона преломления, длина тени из соотношения между углами и сторонами в прямоугольном треугольнике. Чертеж обязателен.

Ответ:  $\approx 1,2$  м.

- 17.21.** Зная угол при вершине равнобедренного треугольника с углом при вершине  $60^\circ$ , легко найти угол преломления на границе воздух–стекло, откуда показатель преломления находится по закону преломления.

Ответ:  $n \approx 1,7$ .

- 17.31.** Следует учесть знаки перед слагаемыми в формуле тонкой линзы.

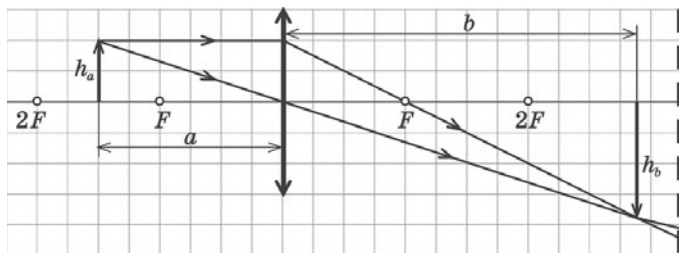
Ответ: 120 см.

- 17.32.** Линза рассеивающая, так как изображение мнимое и уменьшенное. Применяем формулу тонкой линзы с учетом того, что она рассеивающая.

Ответ: 4 см.



- 17.33.** Ход лучей при получении изображения в собирающей линзе показан на рисунке.



Используя формулу тонкой линзы  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$  и связь между увеличением  $k$  и расстояниями от изображения и предмета до линзы  $k = \frac{h_b}{h_a} = \frac{b}{a}$ , получим искомое значение  $k = \frac{f}{a - F}$ .

Ответ: 6,5.

- 17.34.** Используем совместно формулу тонкой линзы (собирающей) и связь увеличения с расстояниями от линзы до предмета и до линзы.

Ответ: 4,1 дптр.

- 17.35.** Запишем формулу линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}, \quad (1)$$

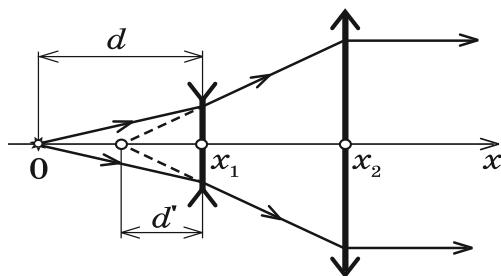
где  $d'$  — расстояние от линзы до фотопленки,  $d$  — расстояние от линзы до чертежа. Увеличение  $k$  равно, с одной стороны, отношению высот кадра ( $h$ ) и чертежа ( $H$ ), с другой стороны, отношению расстояний от линзы до пленки ( $d'$ ) и до чертежа ( $d$ ):

$$k = \frac{h}{H} = \frac{d'}{d}. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1) и (2), найдем

$$d = \frac{F(h + H)}{h} = 55 \text{ см.}$$

**17.36.** Изобразим ход лучей через систему линз.



Запишем условие, задающее параллельность лучей при выходе из собирающей линзы  $(x_2 - x_1) + d' = f_2$ , и найдем расстояние от линзы до мнимого изображения источника света:  $d' = 4$  см.

Запишем формулу для рассеивающей линзы с учетом правила знаков  $\frac{1}{d} - \frac{1}{d'} = -\frac{1}{f_1}$  и определим фокусное расстояние рассеивающей линзы  $f_1$ :

$$f_1 = \frac{dd'}{d - d'} = 6,7 \text{ см. Тогда оптическая сила рассеивающей линзы } D = -\frac{1}{f_1} = -15 \text{ дптр.}$$

## Тема 18. Волновая оптика

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|      |   |   |   |  |  |       |   |   |
|------|---|---|---|--|--|-------|---|---|
| 18.1 | 3 |   |   |  |  | 18.11 | 2 | 4 |
| 18.2 | 2 | 1 |   |  |  | 18.12 | 4 |   |
| 18.3 | 2 | 5 |   |  |  | 18.13 | 1 | 5 |
| 18.4 | 1 | , | 5 |  |  | 18.14 | 6 | 0 |
| 18.5 | 1 | 2 |   |  |  | 18.15 | 3 | 5 |

|       |   |   |   |   |   |       |   |   |
|-------|---|---|---|---|---|-------|---|---|
| 18.6  | 3 | 1 |   |   |   | 18.16 | 3 | 5 |
| 18.7  | 4 | 5 |   |   |   | 18.17 | 1 | 5 |
| 18.8  | 2 | 3 |   |   |   | 18.18 | 2 | 5 |
| 18.9  | 6 | 0 | 1 | 2 | 0 | 18.19 | 2 | 2 |
| 18.10 | 3 | 4 |   |   |   |       |   |   |

**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

- 18.20.** Задача решается в модели, которая предполагает, что волны, отраженные от первого и второго полупрозрачных зеркал, интерферируют так, что гасят друг друга, то есть в отраженном свете для излучения данной длины волны наблюдается интерференционный минимум. В силу закона сохранения энергии это должно означать, что свет данной длины волны полностью проходит сквозь систему из двух полупрозрачных зеркал, то есть для него наблюдается интерференционный максимум в проходящем свете. Так работают интерференционные светофильтры.

$$2d = n\lambda + \frac{\lambda}{2}.$$

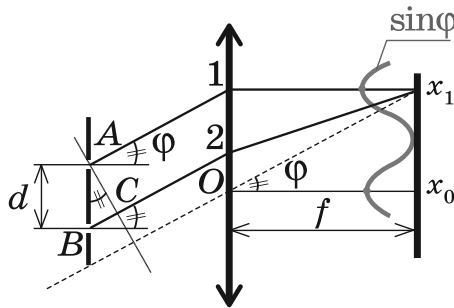
Откуда минимальная толщина при  $n = 0$

$$d = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4\nu} = \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 6 \cdot 10^{14}} = 125 \text{ нм}.$$

- 18.21.** Независимо от того, точная ( $x_n = L \cdot \operatorname{tg}(\arcsin \frac{n\lambda}{d})$ ) или приближенная ( $x_n = \frac{n\lambda L}{d}$ ) формула используется для определения положения дифракционного минимума, совпадение направлений для двух разных излучений при разных  $n$  (разный порядок спектра) означает, что  $(n + 1)\lambda_{\text{фиол}} = n\lambda_{\text{красн}}$ . В данном случае  $2\lambda_{\text{фиол}} = \lambda_{\text{красн}}$ . Откуда  $\lambda_{\text{фиол}} = 375 \text{ нм}$ .

**18.22.** Светлые полосы на экране свидетельствуют о том, что волны от разных щелей приходят в эти точки в одинаковой фазе и интерferируют, давая максимум интенсивности световой волны.

На рисунке показан ход лучей 1 и 2, показывающих направление распространения световых волн, образующих интерференционный максимум первого порядка на расстоянии  $x_1$  от центрального (нулевого) максимума. Ход лучей, образующих второй максимум, строится аналогично.



Условия интерференционных максимумов первого и второго порядков:

$$d \sin \varphi_1 = \lambda, \quad d \sin \varphi_2 = 2\lambda.$$

Вычислим расстояние между первым и вторым максимумами с использованием фокусного расстояния линзы и малости углов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ :

$$x_1 = f \tan \varphi_1 \approx f \sin \varphi_1,$$

$$x_2 = f \tan \varphi_2 \approx f \sin \varphi_2.$$

Откуда искомое расстояние между максимумами равно:

$$x_2 - x_1 = \frac{f \lambda}{d} = 6 \text{ мм}.$$

## Тема 19. Основы СТО

**Ответы на задания, требующие получения  
числового ответа или сопоставления**

|      |   |   |   |   |   |   |
|------|---|---|---|---|---|---|
| 19.1 | 3 | 5 |   |   |   |   |
| 19.2 | 1 | 1 |   |   |   |   |
| 19.3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19.4 | 2 |   |   |   |   |   |
| 19.5 | 2 | 2 |   |   |   |   |
| 19.6 | 3 | 5 |   |   |   |   |
| 19.7 | 3 | 4 |   |   |   |   |

## Раздел IV. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

### Тема 20. Фотонная теория света

**Ответы на задания, требующие получения  
числового ответа или сопоставления**

|       |   |   |       |   |   |   |
|-------|---|---|-------|---|---|---|
| 20.1  | 1 | 3 | 20.19 | 2 |   |   |
| 20.2  | 1 | 4 | 20.20 | 3 | , | 2 |
| 20.3  | 1 | 3 | 20.23 | 3 | 2 |   |
| 20.4  | 2 |   | 20.24 | 1 | 4 |   |
| 20.5  | 5 |   | 20.25 | 1 | 4 |   |
| 20.6  | 3 |   | 20.26 | 1 | 4 |   |
| 20.7  | 3 |   | 20.27 | 1 | 2 |   |
| 20.8  | 5 |   | 20.28 | 1 |   |   |
| 20.17 | 4 | 1 | 20.29 | 6 | 6 | 0 |
| 20.18 | 2 |   |       |   |   |   |

**Ответы, указания и возможное решение заданий,  
требующих развернутого ответа**

**20.9.** Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}.$$

Длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта, и работа выхода связаны соотношением:

$$\frac{hc}{\lambda_0} = A.$$

Выражение для запирающего напряжения:

$$\frac{mv^2}{2} = eU.$$

Получаем систему уравнений, решаем ее и получаем ответ:

$$U = \frac{hc(\lambda - \lambda_0)}{\lambda\lambda_0e} \approx 1,03 \text{ В.}$$

**20.10.** Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}.$$

Условие равенства максимальной кинетической энергии электрона и потенциальной энергии электрона (считая потенциальную энергию электрона равной нулю на заземленной пластине) в электростатическом поле дает уравнение:

$$\frac{mv^2}{2} - eU = 0.$$

Уравнение, связывающее разность потенциалов с зарядом на конденсаторе:

$$q = C_1 U.$$

Получаем систему уравнений, решая которую можно получить ответ в алгебраической и числовой форме:

$$\lambda = \frac{hc}{A + \frac{eq}{C_1}} = 330 \text{ нм.}$$

- 20.11.** Запишем уравнение Эйнштейна для красной границы фотоэффекта (равенство энергии фотона, соответствующего длине волны красной границы фотоэффекта, работе выхода):

$$\frac{ch}{\lambda_{\text{кр}}} = A_{\text{вых}}.$$

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}, \text{ где } \lambda = \frac{c}{\nu}.$$

Выполнив математические преобразования, получим:

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{hc}{\frac{hc}{\lambda} - \frac{mv^2}{2}} = \frac{\lambda}{1 - \frac{mv^2}{2} \cdot \frac{\lambda}{hc}} \approx 641 \text{ нм}.$$

- 20.12.** Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + E_{\kappa},$$

где  $E_{\kappa} = eU$ ,  $U$  — задерживающий потенциал.

Условие красной границы фотоэффекта связано с работой выхода электронов соотношением

$$h\nu_0 = A.$$

Решение системы уравнений дает алгебраическое выражение для ответа:

$$\nu = \nu_0 + \frac{eU}{h}.$$

Ответ в числовой форме получаем подстановкой табличных значений фундаментальных констант и данных задачи:  $\nu = 1,57 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ .

- 20.13.** Задания **20.13—20.16** решаются аналогично предыдущим с использованием уравнения Эйнштейна для фотоэффекта.

Ответ:  $8 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ .

- 20.14.** Ответ:  $0,8 \text{ мТл}$ .

- 20.15.** Ответ:  $1500 \text{ км/с}$ .

**20.16.** Ответ:  $3 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ .

**20.21.** Для расчета изменения температуры тела требуется рассчитать энергию всех фотонов, падающую на тело за время  $t$ , и приравнять его количеству теплоты, которое тело получает в ходе теплопередачи излучением.

$$0,1 \cdot Pt = cm\Delta T.$$

Для расчета числа фотонов, поглощенных телом, следует энергию, поглощенную телом, поделить на энергию одного фотона:

$$N = \frac{0,1Pt}{h\nu}.$$

**20.22.** По второму закону Ньютона сила воздействия паруса на отражающиеся фотоны:

$$F = N \frac{\Delta p_\phi}{\Delta t} = N \frac{2p_\phi}{\Delta t} = N \frac{2 \frac{h\nu}{c}}{\Delta t} = \frac{2WS}{c},$$

где  $\Delta p_\phi$  — изменение импульса одного фотона при зеркальном отражении.

По третьему закону Ньютона сила воздействия фотонов на парус имеет такое же значение. Тогда ускорение космического аппарата

$$a = \frac{F}{m}.$$

Изменение его скорости за промежуток времени  $\tau$

$$\Delta v = a\tau.$$

Математические преобразования дают ответ в общем виде:

$$\Delta v = \frac{2WS\tau}{cm}.$$

Правильный числовой ответ:  $\Delta v = 32 \text{ м/с}$ .



## Тема 21. Боровская модель атома

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|      |   |   |   |   |   |   |       |   |   |  |  |  |
|------|---|---|---|---|---|---|-------|---|---|--|--|--|
| 21.1 | 2 | 5 |   |   |   |   | 21.8  | 4 | 3 |  |  |  |
| 21.2 | 3 |   |   |   |   |   | 21.9  | 3 | 5 |  |  |  |
| 21.3 | 1 | 5 |   |   |   |   | 21.10 | 2 | 3 |  |  |  |
| 21.4 | 3 | 5 |   |   |   |   | 21.11 | 1 | 2 |  |  |  |
| 21.5 | 1 | 3 |   |   |   |   | 21.12 | 2 | 3 |  |  |  |
| 21.6 | 0 | , | 0 | 0 | 1 | 9 | 21.13 | 3 | 4 |  |  |  |
| 21.7 | 0 | , | 0 | 0 | 2 |   |       |   |   |  |  |  |

### Ответы, указания и возможное решение заданий, требующих развернутого ответа

**21.14.** Энергия поглощенного фотона  $E_{\text{ф}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ . Согласно закону сохранения энергии,  $E_{\text{ф}} = E_{\text{к}} - E_{(1)}$ , где  $E_{\text{к}}$  кинетическая энергия электрона, вылетевшего из атома  $E_{\text{к}} \gg E_{\text{ион}}$ , а  $E_{(1)}$  — энергия ионизации, равная по модулю энергии первого (основного) состояния атома по отношению к энергии свободного иона и электрона.

$$\text{Отсюда } \frac{mv^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} + E_{(1)} \text{ и } v = \sqrt{\frac{2\left(\frac{hc}{\lambda} + E_{(1)}\right)}{m}} \approx 8 \cdot 10^5 \text{ м/с.}$$

**21.15.** Средняя сила давления света, полностью поглощаемого пластиной, определяется импульсом поглощенных фотонов и временем поглощения. Давление света — отношение силы давления на пластину к площади светового пятна на ней.

Ответ: 1,3 мПа.

## Тема 22. Физика атомного ядра

### Ответы на задания, требующие получения числового ответа или сопоставления

|       |   |   |   |       |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|-------|---|---|---|---|
| 22.1  | 2 | 1 |   | 22.16 | 2 | 4 |   |   |
| 22.2  | 3 | 2 |   | 22.17 | 3 | 5 |   |   |
| 22.3  | 2 | 1 |   | 22.18 | 7 | 5 |   |   |
| 22.4  | 1 | 1 |   | 22.19 | 1 | 2 | 0 |   |
| 22.6  | 2 | 3 |   | 22.20 | 2 |   |   |   |
| 22.7  | 1 | 4 | 6 | 22.21 | 0 | , | 2 | 5 |
| 22.8  | 1 |   |   | 22.22 | 4 | 5 |   |   |
| 22.9  | 4 | 1 |   | 22.24 | 3 | 1 |   |   |
| 22.10 | 9 | 1 |   | 22.25 | 1 | 2 |   |   |
| 22.11 | 2 | 3 |   | 22.26 | 1 | 2 |   |   |
| 22.12 | 2 | 3 |   | 22.27 | 1 | 1 |   |   |
| 22.13 | 3 | 1 |   | 22.28 | 4 |   |   |   |
| 22.14 | 3 | 4 |   | 22.29 | 1 | 2 |   |   |
| 22.15 | 4 |   |   |       |   |   |   |   |

### Ответы, указания и возможное решение заданий, требующих развернутого ответа

**22.5.** Если заряд частиц  $q$  и счетчик Гейгера за время  $t$  зафиксировал  $N$  частиц, значит, за это время из образца вылетело  $nN$  частиц, несущих заряд  $nNq$ . Если интенсивность потока частиц постоянна, то они создают во втором приемнике силу тока  $I = nNq/t$ . Откуда  $q = It/nN$ . Если заряд выражать в величинах, кратных элементарному заряду  $e$ , то заряд частицы будет равен  $+It/nNe$ .

**22.23.** Активность всего объема крови пациента по прошествии времени  $t$  равна  $a(t) = a_0 2^{\frac{t}{T}}$ .

Активность образца крови в момент времени  $t$ :

$$a = a(t) \frac{V_0}{V}.$$

$$\text{Отсюда } V_0 = V \frac{a \cdot 2^{\frac{t}{T}}}{a_0}.$$

Ответ:  $V_0 \approx 1 \text{ см}^3$ .

**22.30.** В системе отсчета, где мезон покоился, должен выполняться закон сохранения импульса для двух образовавшихся фотонов, т.е.  $h\nu_1/c = h\nu_2/c$ . Следовательно, энергия фотонов также одинакова  $h\nu_1 = h\nu_2 = h\nu$ . Из закона сохранения энергии  $2h\nu = mc^2$ , где  $m$  — масса мезона. Откуда  $h\nu = mc^2/2$ , а искомый импульс кванта  $h\nu/c = mc/2$ .

**22.31.** Вспомните, как связаны модуль заряд и масса  $\alpha$ -частицы с зарядом электрона и массой протона с учетом строения  $\alpha$ -частицы. Изменением массы ядра по сравнению с массой нуклонов, образующих частицу, можно пренебречь. Используйте второй закон Ньютона для частицы,двигающейся по окружности постоянного радиуса в однородном магнитном поле под действием силы Лоренца.

Ответ: 20 мТл.

**22.32.** В равновесном состоянии выделяющаяся в ходе термоядерных реакций на Солнце энергия вся излучается в окружающее пространство. Запишите реакцию термоядерного синтеза из предложенных частиц и рассчитайте ее энергетику. Рассчитайте, сколько атомов гелия должно образоваться, чтобы за секунду выделилась энергия, численно равная мощности излучения

Солнца. Далее останется использовать знания молекулярной физики, чтобы рассчитать массу образовавшегося числа ядер (атомов) гелия.

Ответ: 630 млн тонн.

**22.33.** 1 — кадмиевые стержни (поглотители нейтронов), 2 — зона ядерного топлива, работающего на основе цепных ядерных реакций, инициируемых нейтронами, 3 — теплообменник, переносящий тепло из зон ядерного реактора и нагревающий пар, поступающий на турбину, 4 — паровая турбина, 5 — генератор тока, вращаемый осью турбины.

**22.34.** С учетом числа нуклонов, входящих в ядро и в продукты реакции, считается полная энергия исходных ядер и продуктов реакции ( $E_{\text{уд}} \cdot A$ ). Энергия, выделяющаяся в реакции, равна разнице полных энергий продуктов и исходных частиц. Энергия, выделяющаяся в одной реакции деления, примерно в 10 раз больше, чем в реакции термоядерного синтеза. Однако в расчете на массу исходных ядер выделяющаяся энергия примерно в 8 раз больше для реакции синтеза.

## Раздел V. МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

### Тема 23. Методы научного познания

Ответы на задания, требующие получения  
числового ответа или сопоставления

|      |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23.1 | 0 | , | 1 | 4 |   |   |   |   |
| 23.2 | 2 | 5 |   |   |   |   |   |   |
| 23.3 | 1 | , | 7 | 5 | 0 | , | 2 | 5 |
| 23.4 | 0 | , | 3 | 5 |   |   |   |   |

# ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

|       |   |   |   |   |  |  |  |  |
|-------|---|---|---|---|--|--|--|--|
| 23.5  | 5 |   |   |   |  |  |  |  |
| 23.6  | 2 | 3 |   |   |  |  |  |  |
| 23.7  | 4 | 5 |   |   |  |  |  |  |
| 23.8  | 4 | 5 |   |   |  |  |  |  |
| 23.9  | 1 | 0 | 0 | 2 |  |  |  |  |
| 23.10 | 2 | 5 |   |   |  |  |  |  |
| 23.11 | 1 | 3 |   |   |  |  |  |  |
| 23.12 | 1 |   |   |   |  |  |  |  |
| 23.13 | 2 | 4 |   |   |  |  |  |  |
| 23.14 | 1 |   |   |   |  |  |  |  |
| 23.15 | 2 |   |   |   |  |  |  |  |
| 23.16 | 1 | 4 |   |   |  |  |  |  |
| 23.17 | 2 | 5 |   |   |  |  |  |  |
| 23.18 | 1 | 4 |   |   |  |  |  |  |
| 23.19 | 2 | 4 |   |   |  |  |  |  |
| 23.20 | 1 | 2 | 3 | 5 |  |  |  |  |
| 23.21 | 2 | 3 |   |   |  |  |  |  |
| 23.22 | 1 | 3 |   |   |  |  |  |  |
| 23.23 | 2 | 3 |   |   |  |  |  |  |
| 23.24 | 1 | 5 |   |   |  |  |  |  |
| 23.25 | 3 | 5 |   |   |  |  |  |  |
| 23.26 | 3 | 5 |   |   |  |  |  |  |
| 23.27 | 4 | 5 |   |   |  |  |  |  |
| 23.28 | 2 | 4 |   |   |  |  |  |  |
| 23.29 | 4 | 5 |   |   |  |  |  |  |
| 23.30 | 3 | 5 |   |   |  |  |  |  |

## Справочные материалы

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении заданий.

| Десятичные приставки |             |           |              |             |            |
|----------------------|-------------|-----------|--------------|-------------|------------|
| Наименование         | Обозначение | Множитель | Наименование | Обозначение | Множитель  |
| 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           | $10^{-12}$ |
| санти                | с           | $10^{-2}$ | фемто        | ф           | $10^{-15}$ |

| Константы                                      |  |
|--|--|
| константа                                      | $\pi = 3,14$   |
| ускорение свободного падения на Земле          | $g = 10 \text{ м/с}^2$   |
| гравитационная постоянная                      | $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$                      |
| 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                            | $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль}$   |
| скорость света в вакууме                       | $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$   |
| коэффициент пропорциональности в законе Кулона | $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$ |
| заряд электрона                                | $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$   |

| Константы                         |  |
|-----------------------------------|--|
| постоянная Планка                 | $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ |
| масса Земли                       | $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$                       |
| масса Солнца                      | $2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$                       |
| расстояние между Землей и Солнцем | $1 \text{ а.е.} \approx 150 \text{ млн км}$        |
| 1 астрономическая единица         | $\approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$              |
| примерное число секунд в году     | $3 \cdot 10^7 \text{ с}$                           |

| Соотношение между различными единицами |   |
|--|---|
| температура                            | $0 \text{ К} = -273,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$    |
| атомная единица массы                  | $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ |
| 1 атомная единица массы эквивалента    | $931,5 \text{ МэВ}$                                 |
| 1 электрон-вольт                       | $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$      |

| Масса частицы |  |
|---------------|--|
| 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            | $1000 \text{ кг/м}^3$    |
| древесины (ели) | $450 \text{ кг/м}^3$     |
| парафина        | $900 \text{ кг/м}^3$     |
| пробки          | $250 \text{ кг/м}^3$     |
| алюминия        | $2700 \text{ кг/м}^3$    |
| ртути           | $13\,600 \text{ кг/м}^3$ |

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Нормальные условия</b> | давление $10^5$ Па, температура $0^\circ\text{C}$ |
|---------------------------|---|

| <b>Молярная масса</b> |                            |                  |                             |
|-----------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------|
| азота                 | $28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль | золота           | $197 \cdot 10^{-3}$ кг/моль |
| аргона                | $40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль | кислорода        | $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль  |
| водорода              | $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль  | лития            | $6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль   |
| водяных паров         | $18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль | неона            | $20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль  |
| гелия                 | $4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль  | серебра          | $108 \cdot 10^{-3}$ кг/моль |
| германия              | $73 \cdot 10^{-3}$ кг/моль | углекислого газа | $44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль  |

| <b>Энергия покоя</b> |           |
|----------------------|-----------|
| электрона            | 0,5 МэВ   |
| нейтрона             | 939,6 МэВ |
| протона              | 938,3 МэВ |

|                                  |            |                                       |             |
|----------------------------------|------------|---------------------------------------|-------------|
| ядра водорода ( $^1_1\text{H}$ ) | 938,3 МэВ  | ядра фосфора ( $^{30}_{15}\text{P}$ ) | 27917,1 МэВ |
| ядра дейтерия ( $^2_1\text{H}$ ) | 1875,6 МэВ | ядра азота ( $^{14}_7\text{N}$ )      | 13040,3 МэВ |
| ядра трития ( $^3_1\text{H}$ )   | 2809,4 МэВ | ядра кислорода ( $^{15}_8\text{O}$ )  | 13971,3 МэВ |
| ядра гелия ( $^3_2\text{He}$ )   | 2808,4 МэВ | ядра кислорода ( $^{17}_8\text{O}$ )  | 15830,6 МэВ |
| ядра гелия ( $^4_2\text{He}$ )   | 3727,4 МэВ | ядра неона ( $^{20}_{10}\text{Ne}$ )  | 18617,7 МэВ |
| ядра лития ( $^6_3\text{Li}$ )   | 5601,5 МэВ | ядра натрия ( $^{23}_{11}\text{Na}$ ) | 21409,2 МэВ |



# ПРИЛОЖЕНИЕ

|  |             |  |             |
|--|-------------|--|-------------|
| ядра лития<br>( ${}^7_3\text{Li}$ )      | 6533,8 МэВ  | ядра натрия<br>( ${}^{24}_{11}\text{Na}$ )   | 22341,9 МэВ |
| ядра бериллия<br>( ${}^8_4\text{Be}$ )   | 7454,9 МэВ  | ядра магния<br>( ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ )   | 22335,8 МэВ |
| ядра бериллия<br>( ${}^9_4\text{Be}$ )   | 8392,8 МэВ  | ядра алюминия<br>( ${}^{27}_{13}\text{Al}$ ) | 25126,6 МэВ |
| ядра бора ( ${}^{10}_5\text{B}$ )        | 9324,4 МэВ  | ядра кремния<br>( ${}^{30}_{14}\text{Si}$ )  | 27913,4 МэВ |
| ядра углерода<br>( ${}^{12}_6\text{C}$ ) | 11174,9 МэВ | ядра аргона<br>( ${}^{38}_{18}\text{Ar}$ )   | 35352,8 МэВ |
| ядра углерода<br>( ${}^{13}_6\text{C}$ ) | 12109,5 МэВ |  |             |

**600**  
**ЗАДАНИЙ**  
**С ОТВЕТАМИ**

# ЕГЭ

## 2020



**УСПЕХ НА ЕГЭ ГАРАНТИРОВАН!**

**НАСТОЯЩЕЕ ИЗДАНИЕ СОДЕРЖИТ:**

- задания разных типов;
- ответы и решения.

**ФИЗИКА**

**СБОРНИК ЗАДАНИЙ**

Аналогичные учебные пособия выходят по основным предметам: русскому языку, литературе, математике, истории, обществознанию, биологии, географии, физике, химии, информатике и английскому языку.

Для комплексной подготовки к ЕГЭ выходят серии:

- Тренировочные варианты
- Тематические тренировочные задания
- Сборник заданий
- Универсальный справочник

ISBN 978-5-04-102866-4



[www.vk.com/eksmo\\_kids](http://www.vk.com/eksmo_kids)