

ФИЗИКА

Единый Государственный Экзамен

Готовимся к итоговой аттестации

Доченька,
не забудь сдать телефон и,
конечно, не вздумай
пользоваться шпаргалкой!

ВХОД
В ППЭ

Мама, не волнуйся!
Ведь я готовилась ко всем экзаменам
по пособиям Издательства
«Интеллект-Центр» и уверена
в своих знаниях!

#ЕГЭучебник2020



Н.К. Ханнанов, В.А. Орлов

ФИЗИКА

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

ГОТОВИМСЯ К ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ



Москва
Издательство «Интеллект-Центр»
2020

УДК 373.167.1:53

ББК 22.3я721

Ф48

Научный редактор:

Т.А. Ханнанова – кандидат педагогических наук

Ханнанов, Н.К.

Ф48 Физика. Единый государственный экзамен. Готовимся к итоговой аттестации : [учебное пособие] / Н.К. Ханнанов, В.А. Орлов. – Москва: «Издательство «Интеллект-Центр», 2020. – 288 с.

ISBN 978-5-907157-41-5

Данное пособие предназначено для подготовки учащихся 10–11-х классов к Единому государственному экзамену (ЕГЭ) по физике. Издание включает типовые задания по всем содержательным линиям экзаменационной работы, а также примерные варианты в формате ЕГЭ 2020 года.

Пособие поможет школьникам проверить свои знания и умения по предмету, а учителям – оценить степень достижения требований образовательных стандартов отдельными учащимися и обеспечить их целенаправленную подготовку к экзамену.

Пособие может быть также использовано учителями как сборник заданий в формате ЕГЭ при системном изучении курса физики в 10–11-х классах.

УДК 373.167.1:53

ББК 22.3я721

Генеральный директор

М.Б. Миндюк

Редактор *Д.П. Локтионов*

Художественный редактор *Е.Ю. Воробьёва*

Компьютерная верстка и макет *Е.В. Лупенко*

Серийное оформление обложки: *М.В. Борисов, Е.В. Лупенко*

Подписано в печать 03.09.2019. Формат 60х84/8. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 26,0.

Тираж 5000 экз. Заказ №9692.

Отпечатано в ООО «Типография «Миттель Пресс».

г. Москва, ул. Руставели, д. 14, стр. 6.

Тел./факс +7 (495) 619-08-30, 647-01-89.

E-mail: mittelpress@mail.ru

ООО «Издательство «Интеллект-Центр»

125445, Москва, ул. Смольная, д. 24А, этаж 7, пом. I, ком. 14

ISBN 978-5-907157-41-5

© ООО «Издательство «Интеллект-Центр», 2020

© Ханнанов Н.К., Орлов В.А., 2018

Введение

Уважаемые выпускники средней школы!

Перед Вами новая книга «Физика. ЕГЭ. Готовимся к итоговой аттестации». Она предназначена для подготовки обучающихся к итоговой проверке знаний и умений по физике.

Речь не идет о «натаскивании» учащихся для успешной сдачи экзамена по физике в форме ЕГЭ, хотя, безусловно, они знакомятся с заданиями ЕГЭ из открытых вариантов прошлых лет.

Большая часть книги – тематические тренировочные материалы по всем разделам школьного курса физики. Эта часть существенно расширена по сравнению с изданиями прошлых лет. Этот материал могут использовать учителя при преподавании физики и учащиеся при изучении физики на уроках и в процессе самоподготовки. Книга содержит обширную подборку заданий разного характера: задания на получение числового ответа, задания на сопоставление двух классов понятий и задания с развёрнутым ответом (проверяющие умение анализировать физические процессы и решать расчётные задачи). Они охватывают весь материал, изучение которого предусмотрено кодификатором ЕГЭ. В эту часть книги включён также отдельный раздел с заданиями по астрофизике, трудность которых соответствует трудности заданий, вошедших в КИМ ЕГЭ по физике 2018–2019 года. Помимо заданий, аналогичных заданиям первой части КИМ ЕГЭ, в книге имеется подборка тренировочных заданий, требующих письменного ответа на качественный вопрос, а также сложных расчётных задач, требующих развёрнутого ответа. Они составлены на основе анализа открытого банка заданий ЕГЭ с 2001 по 2018 год.

В КИМ 2020 года первая часть работы включает два блока заданий: первый проверяет освоение понятийного аппарата школьного курса физики, а второй – овладение методологическими умениями. Первый блок включает 21 задание, которые группируются исходя из тематической принадлежности: 7 заданий по механике, 5 заданий по молекулярной физике, 6 заданий по электродинамике, 3 задания по квантовой физике и в конце части 1 предлагается одно задание, базирующееся на астрономическом материале.

Группа заданий по каждому разделу начинается с заданий с самостоятельной формулировкой ответа в виде числа, двух чисел или слова, затем идет задание на множественный выбор (двух верных ответов из пяти предложенных), а в конце – задания на изменение физических величин в различных процессах или на установление соответствия между физическими величинами и графиками или формулами, в которых ответ записывается в виде набора из двух цифр. В тематических разделах по механике и по электродинамике представлены все три типа этих заданий, в разделе по молекулярной физике – два (одно из них на множественный выбор, а второе либо на изменение физических величин в процессах, либо на соответствие), в разделе по квантовой физике – только одно задание на изменение физических величин или на соответствие.

В структуре КИМ 2020 года форма заданий жестко «привязана» к его положению в варианте.

Например, раздел «Электродинамика» в первой части работы представлен 6 заданиями:

- *задание 13* с кратким ответом базового уровня проверяет умение определять направление векторных величин (кулоновские силы, силы Ампера, Лоренца, направление индукции магнитного поля, направление индукционного тока). Направление выбирается из шести предложенных в тексте задания: вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя. В ответ нужно записать слово, соответствующее выбранному направлению.
- *задания 14 и 15* базового уровня сложности с кратким ответом (с самостоятельной записью числового ответа) проверяют различные формулы и законы с использованием простейших расчетов (закон Кулона, Ома Джоуля–Ленца, электромагнитной индукции, отражения и преломления света, расчет силы тока, напряжения, сопротивления участков цепи, характеристики плоского конденсатора, поток вектора магнитной индукции, индуктивность, энергия магнитного поля катушки с током, колебательный контур, ход лу-

чей в линзе). Ответ следует привести в виде числа в заданных единицах измерения с заданной точностью округления.

- задания 16–18 – двухбалльные и могут конструироваться на любых элементах содержания электродинамики. Ответ в них состоит из двух цифр. Одно из двухбалльных заданий относится к базовому уровню, а два других – к повышенному. Позиция, на которой стоит задание базового уровня, может изменяться. Задание 16 проверяет умения объяснять изученные явления и процессы, интерпретировать результаты исследований, представленные в виде таблицы или графиков. По форме это задание – выбор двух утверждений из пяти предложенных. Задание 17 представляет собой задание на анализ изменения физических величин в различных процессах. Задание 18 – на установление соответствия между физическими величинами и графиками или формулами.

Задания 22 и 23 КИМ 2020 г. базового уровня сложности и проверяют различные методологические умения. Задание 22 направлено на проверку умения записывать показания различных приборов при измерении физических величин с учетом абсолютной погрешности измерений. Для снятия показаний приборов предлагаются задания по рисункам или фотографиям различных приборов (амперметр, вольтметр, мензурка, термометр, гигрометр), то есть могут относиться по содержанию к разным разделам физики. Задание 23 проверяет умение выбирать оборудование для проведения опыта по заданной гипотезе. Оно представляет собой задание на множественный выбор (2 верных элемента из 5 предложенных), но оценивается в 1 балл, если верно указаны оба элемента ответа. Порядок записи элементов ответа значения не имеет. Это может быть задание: а) на выбор двух рисунков, представляющих соответствующие схемы установок; б) на выбор двух строк в пяти строках таблицы, которая описывает характеристики установок для опытов; в) на выбор названия двух элементов оборудования или приборов, которые необходимы для проведения указанного опыта.

Задание 24 имеет астрономическое содержание. В нем необходимо выбрать все верные утверждения из пяти предложенных. Их может быть 2 или 3. Этот тип заданий был введен в вариант КИМ ЕГЭ по физике только в 2018 г. в связи с возвращением в школьный курс обучения обязательного предмета – астрономия. Задания, демонстрирующие форму заданий по этой теме и примерный круг вопросов, на которые должен уметь отвечать ученик, приведены в тематическом блоке № 17. Как правило, задание строится на базе таблицы с перечнем данных о небесных объектах или диаграммы (схемы).

Задания, располагаемые в КИМ ЕГЭ в первой части, приведены в части I этого пособия и распределены по 16 тематических блокам, соответствующим темам школьного курса физики для средней (полной) школы. Это облегчает их использование не только для непосредственной подготовки к ЕГЭ, но и в ходе систематического изучения физики в 10–11 классах. Такое использование пособия позволяет учащимся не только привыкнуть к характеру формулировок заданий в рамках ЕГЭ, но и приобрести большой опыт деятельности по применению получаемых в школе знаний для анализа разнообразных физических процессов. Ко всем заданиям даются ответы.

В начале каждого тематического раздела книги даются указания об особенностях задания данной темы, рекомендации по их выполнению.

Вторая часть КИМ ЕГЭ посвящена проверке умения решать задачи. Это традиционно наиболее значимый результат освоения курса физики средней школы и наиболее востребованная деятельность при дальнейшем изучении предмета в вузе. В этой части 8 различных задач: 2 расчетных с самостоятельной записью числового ответа повышенного уровня сложности и 6 с развернутым ответом, из которых одна качественная и четыре – расчетные.

Задания 25–27 КИМ ЕГЭ представляют собой три расчетные задачи повышенного уровня сложности. В них предполагается использование изученного алгоритма решения задачи. В этих задачах предпочтение отдается стандартным формулировкам, а их подбор осуществляется преимущественно с ориентацией на открытый банк заданий. При решении этих задач необ-

ходимо обратить внимание на запись ответа. После каждой задачи указывается формат записи ответа, место для числового ответа и единицы измерения, в которых необходимо выразить ответ. После решения задачи на черновике учащийся вносит в указанное место КИМ числовой ответ. В конце работы в бланк ответа № 1 переносится **только число без единиц измерения**. При решении этих задач учащиеся должны убедиться, что в ответе получается целое число или десятичная дробь, не нуждающаяся в округлении, либо округлить ответ в соответствии с теми требованиями, которые приведены в задании.

ВНИМАНИЕ! В 2020 году в КИМ ЕГЭ внесено требование к заданию №25 также приводить развернутое решение и записать его в Бланк ответов №2.

Задание 28 проверяет умение делать качественные выводы на основании приведенной графической или табличной информации, описания качественного эксперимента, наблюдения или природного явления. Здесь также могут быть задания, которые требуют дополнить рисунок изображением сил, ускорений и т.д., обосновав направления и длину векторов; начертить график зависимости одной величины от другой по словесному описанию или по информации, приведенной на рисунке, графике, в таблице; нарисовать электрическую или оптическую схему с определенными элементами.

Задание 29 в варианте КИМ всегда будет задачей по механике.

Задание 30 – задача по МКТ и термодинамике.

Задание 31 – задача по электродинамике.

Задание 32 может быть как по электродинамике, так и по квантовой физике.

Для расчетных задач 29–32 высокого уровня сложности необходим анализ всех этапов решения, поэтому они предлагаются в виде заданий с развернутым ответом. Здесь используются измененные ситуации, в которых необходимо оперировать большим, чем в типовых задачах, числом определений физических величин и законов, комбинировать знания, изучаемые в разных разделах физики, вводить дополнительные обоснования в решении и т.п. Также могут быть использованы совершенно новые ситуации, которые не встречались ранее в учебной литературе и предполагают серьезную деятельность по анализу физических процессов и самостоятельный выбор физической модели для решения задачи.

Сложность задач определяется как характером деятельности, так и контекстом. Приступая к выполнению расчетных задач 29–32, целесообразно сначала ознакомиться с содержанием всех четырех задач, оценить их сложность и начать с наиболее простых заданий.

В данном пособии расчетные задачи повышенного уровня сложности с самостоятельной записью только числового ответа включены в первую часть пособия в соответствующие тематические блоки.

Во второй части книги дана подборка тренировочных сложных заданий, требующих развернутого ответа. Их можно использовать как тренировочные при подготовке к самой сложной части КИМ ЕГЭ. К заданиям, требующим описания явления на качественном уровне, выполнения или анализа чертежей (схем, фотографий опытов) и т.п. (задание № 28 в варианте КИМ ЕГЭ), даны краткие указания и ответы в четвертой части книги. К заданиям, требующим развернутого решения (задания № 29–32 в варианте КИМ ЕГЭ), там же даются только ответы или краткие указания. Примерные требования к оформлению заданий с развернутым ответом и критериями их оценивания даны в четвертой части книги «Ответы» перед анализом решений тренировочного Варианта № 1. Для ознакомления с методами решения сложных заданий открытого банка ЕГЭ по физике рекомендуется использовать пособие¹.

В третьей части книги предлагается 5 тренировочных вариантов, составленных по спецификации вариантов ЕГЭ 2020 г. К заданиям, требующим краткого ответа, даны ответы; к зада-

¹ Ханнанов Н.К. Физика. Решение заданий повышенного и высокого уровня сложности. Как получить максимальный балл на ЕГЭ. Учебное пособие. – Москва: Интеллект-Центр, 2017. – 216 с.

ниям, требующим развернутого ответа, даны варианты решений. При выполнении вариантов следует использовать справочные величины, данные в таблице на стр. 7, 8.

Все ответы при выполнении вариантов должны быть вычислены с использованием справочных данных, округленных так, как в этой таблице. Как правило, в первой части работы ответы к расчётным заданиям представляют собой целые числа или конечные десятичные дроби, а во второй части – ответы необходимо округлять с указанной точностью.

Все формулы, выносимые на экзамен, собраны в «Кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников для проведения единого государственного экзамена по физике» (<http://fipi.ru/egge-i-gve-11/demoversii-specifikacii-kodifikatory>).

Формулы в кодификаторе учитываются при оценивании расчетных задач с развернутым ответом. Полное правильное решение таких задач предполагает запись всех физических законов и формул, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом. При оценивании принимаются в качестве исходных уравнений для решения задач только те законы и формулы, которые указаны в кодификаторе, где учтены различные формы записи закономерностей. Формулы, полученные путем преобразования одной или нескольких формул из кодификатора, нужно выводить в ходе решения.

Очень полезно при подготовке к экзамену составить список буквенных обозначений, входящих в формулы величин, пользуясь Кодификатором, сопроводив каждую величину единицей ее измерения. Обратите внимание, что в разных частях курса одна и та же буква может обозначать разные физические величины (вес и мощность или число молей и частота).

При решении расчетных задач № 28–32 также должны быть описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин, если они не являются: а) физическими константами, указанными в справочной таблице перед вариантом КИМ, б) обозначениями величин в условии задачи или стандартными обозначениями величин, используемыми в Кодификаторе. Если участник экзамена записал «Дано» в обозначениях физических величин, которые указаны в кодификаторе, то других дополнительных пояснений не требуется. Обращаем внимание на то, что в разных учебниках и учебных пособиях одна и та же величина обозначаться разными буквами (например, молярная масса).

Словесные пояснения необходимы только в тех случаях, когда по ходу решения появляется новая физическая величина (например, промежуточное значение скорости или параметры газа, не указанные в условии и т.п.). Однако здесь так же надо учитывать, что используемые обозначения должны соответствовать стандартным обозначениям Кодификатора.

Желаем успеха в подготовке и удачи на экзамене!

Авторы

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ И ТРЕНИРОВОЧНЫХ ВАРИАНТОВ

Десятичные приставки

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

Константы

Число π	$\pi = 3,14$
Ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
Гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
Постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$
Модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

Температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
Атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц

Электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
Протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
Нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность

Воды	1000 кг/м ³
Древесины (сосна)	400 кг/м ³
Керосина	800 кг/м ³
Подсолнечного масла	900 кг/м ³
Алюминия	2700 кг/м ³
Железа	7800 кг/м ³
Ртуту	13 600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость

Воды	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)
Льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)
Железа	460 Дж/(кг · К)
Свинца	130 Дж/(кг · К)
Алюминия	900 Дж/(кг · К)
Меди	380 Дж/(кг · К)
Чугуна	500 Дж/(кг · К)

Удельная теплота

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

Нормальные условия

Давление	10 ⁵ Па
Температура	0 °С

Молярная масса

Азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
Аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
Водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
Воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
Воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
Гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
Кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
Лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
Неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
Углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

Часть I

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОДБОРКИ ЗАДАНИЙ, ТРЕБУЮЩИХ КРАТКОГО ОТВЕТА

ЗАДАНИЯ НА ПОЛУЧЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО ОТВЕТА, СОПОСТАВЛЕНИЕ И МНОЖЕСТВЕННЫЙ ВЫБОР (задания № 1–27 в вариантах КИМ ЕГЭ)

Тематический блок № 1 «Кинематика»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания предполагает знание и умение использовать по данной теме следующие уравнения, описывающие движение тела в заданной системе отсчета.

1. При равномерном движении по прямой по оси x .

$$x(t) = x_0 + v_x t;$$

$$v_x(t) = v_{0x} = \text{const},$$

v_x – проекция вектора скорости на ось x .

2. При равноускоренном движении по прямой

$$x(t) = x_0 + v_{0x}t + a_x \frac{t^2}{2};$$

$$v_x(t) = v_{0x} + a_x t;$$

$$a_x = \text{const};$$

$$v_{2x}^2 - v_{1x}^2 = 2a_x(x_2 - x_1),$$

a_x – проекция вектора ускорения на ось x .

3. При движении тела, брошенного под углом к горизонту и двигающегося по параболе с ускорением свободного падения \vec{g} в следующей системе отсчета, связанной с поверхностью земли

$$x(t) = x_0 + v_{0x}t = x_0 + v_0 \cos \alpha t;$$

$$y(t) = y_0 + v_{0y}t + g_y t^2/2 = y_0 + v_0 \sin \alpha t - gt^2/2;$$

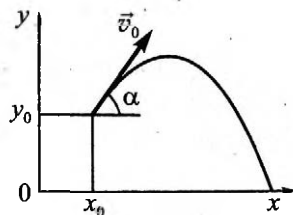
$$v_x(t) = v_{0x} = v_0 \cos \alpha;$$

$$v_y(t) = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin \alpha - gt,$$

$$g_x = 0;$$

$$g_y = -g = \text{const};$$

v_0 и g – модули начальной скорости и ускорения.



4. При равномерном движении тела по окружности радиусом R (с постоянной по модулю скоростью $v = \omega R$, где $\omega = 2\pi/T$ – угловая скорость обращения точки по окружности, T – период обращения)

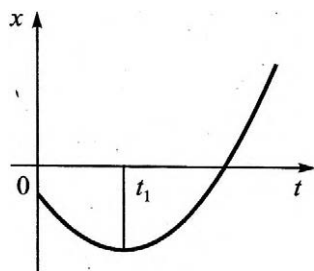
$$v = 2\pi R/T;$$

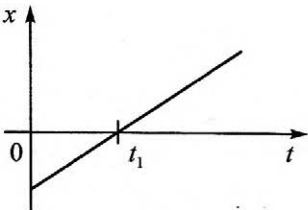
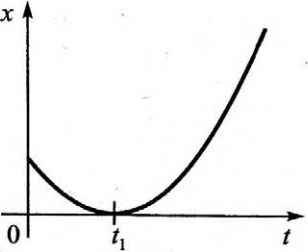
$$a_{\text{ис}} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R,$$

$a_{\text{ис}}$ – центростремительное ускорение все время перпендикулярное скорости (нормальное ускорение) и направленное в центр окружности.

Умение применять и трактовать эти уравнения проверяется и в виде заданий, где следует проанализировать уравнения с числовыми коэффициентами, и в виде заданий, где следует истолковать график зависимости величин от времени, и в виде заданий на сопоставление графиков и аналитических зависимостей их описывающих, и в виде решения расчетных задач, на основе решения системы уравнений, сочетающих зависимость от времени координаты и скорости и т.д. Например:

График зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox , от времени t представляет собой параболу (см. рисунок). Установите соответствие между графиками А и Б зависимости физических величин от времени t и названиями физических величин, характеризующих движение этого тела. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Графики	Физические величины
 <p style="text-align: center;">А</p>  <p style="text-align: center;">Б</p>	<p>1) модуль ускорения тела</p> <p>2) проекция скорости тела на ось Ox</p> <p>3) проекция ускорения тела на ось Ox</p> <p>4) модуль скорости тела</p>

Ответ:

А	Б

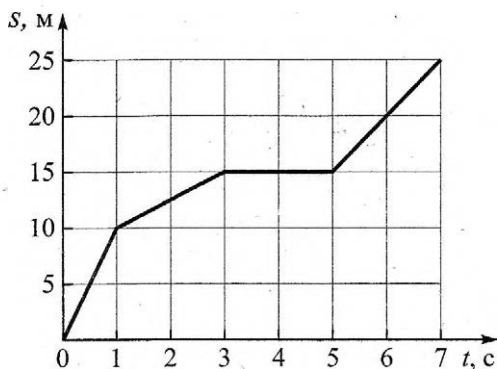
1.1. Два автомобиля движутся по прямой дороге в одном направлении: один со скоростью 40 км/ч, а другой – со скоростью 60 км/ч. Чему равна скорость второго автомобиля относительно первого?

Ответ: _____ км/ч

1.2. Моторная лодка движется на противоположный берег по кратчайшему пути в системе отсчета, связанной с берегом. Скорость течения реки 6 км/ч, а скорость лодки относительно воды 10 км/ч. Чему равен модуль скорости лодки относительно берега?

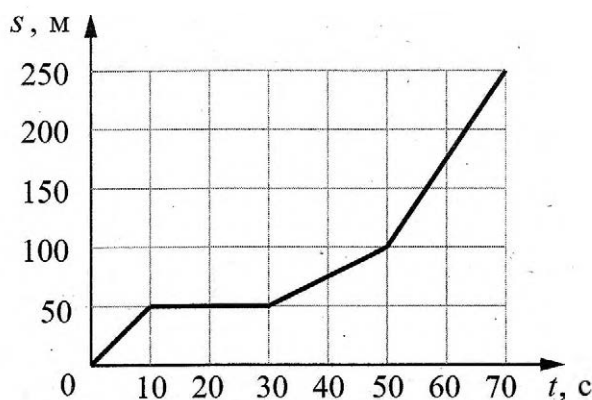
Ответ: _____ км/ч

1.3. Определите по зависимости пройденного телом пути от времени скорость тела на участке 1–3 с.



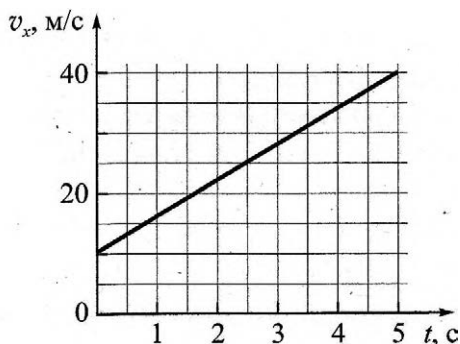
Ответ: _____ м/с

1.4. На рисунке представлен график зависимости пути s велосипедиста от времени t . Определите скорость велосипедиста в интервале от 30 до 50 с.



Ответ: _____ м/с

1.5. На графике приведена зависимость проекции скорости тела v_x от времени при прямолинейном движении. Определите ускорение тела.



Ответ: _____ м/с²

1.6. Регистрируются проекции скоростей тел A и B в разные моменты времени и проекции их перемещений в те же моменты времени.

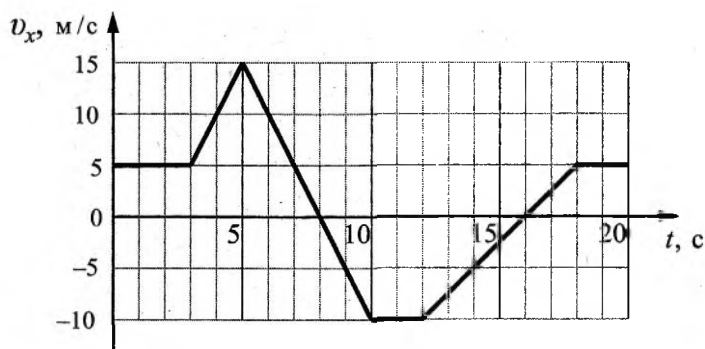
Установите соответствие между зависимостями от времени для двух регистрируемых величин для тела A и для тела B . К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Проекция скорости	Проекция перемещения
A) $v_x = 3 - 2t$ Б) $v_x = -2 + 3t$	1) $s_x = 3t + 2t^2$ 2) $s_x = -2t + 3t^2$ 3) $s_x = 3t - t^2$ 4) $s_x = -2t + 1,5t^2$

Ответ:

А	Б

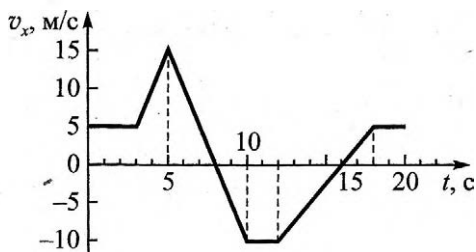
1.7. На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела v_x от времени.



Чему равен промежуток времени, в течение которого проекция ускорения на ось Ox составляла -5 м/с^2 ?

Ответ: _____ с

1.8. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



Выберите два верных утверждения из приведенных. В ответе укажите номера утверждений.

- 1) За время наблюдения тело двигалось равномерно 6 с.
- 2) Максимальное по модулю ускорение у тела было в интервале от 12 до 18 с.
- 3) Модули ускорений на интервалах от 3 до 5 с и от 5 до 10 с одинаковы.
- 4) Путь, пройденный телом с 3 по 5 с, равен 20 м.
- 5) В интервале от 5 до 10 с тело двигалось против оси Ox .

Ответ:

--	--

1.9. Находящемуся на горизонтальной поверхности стола бруску сообщили скорость 5 м/с . Под действием сил трения брусок движется с ускорением, равным по модулю 1 м/с^2 . Чему равен путь, пройденный бруском за 6 с?

Ответ: _____ м

1.10. Установите соответствие между зависимостью проекции скорости тела от времени (все величины выражены в СИ) и зависимостью координаты этого тела от времени (начальная координата тела равна 0).

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

Скорость	Координата
А) $v_x = -2$	1) $x = -2t$
Б) $v_x = 5 - t$	2) $x = -2t^2$
	3) $x = 5t - 0,5t^2$
	4) $x = 5t + 2t^2$

О т в е т:

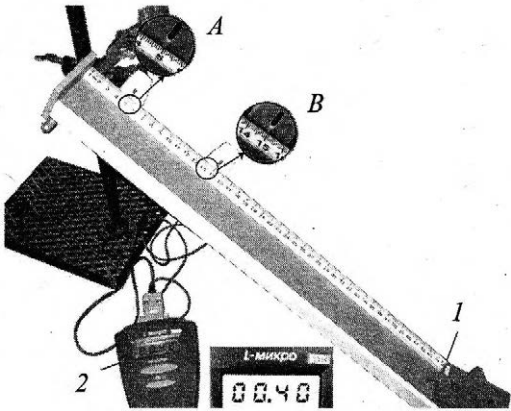
А	Б

1.11. На рисунке представлена фотография установки для исследования равноускоренного скольжения каретки (1) массой 0,1 кг по наклонной плоскости, установленной под углом 30° к горизонту.

В момент начала движения каретки верхний датчик (А) включил секундомер (2), а при прохождении каретки мимо нижнего датчика (В) секундомер выключился. Числа на линейке обозначают длину в сантиметрах.

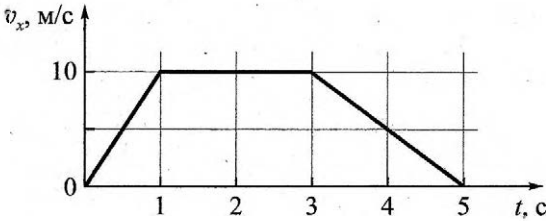
Чему равна скорость каретки через 0,1 с?

О т в е т: _____ м/с



1.12. (Б, КО). На рисунке представлен график зависимости проекции скорости v_x автомобиля от времени t при его прямолинейном движении. Найдите путь, пройденный автомобилем за 5 с.

О т в е т: _____ м



1.13. Ученик исследовал движение бруска по наклонной плоскости. Он определил, что брусок, начиная движение из состояния покоя, проходит 20 см с ускорением 2,6 м/с². Установите соответствие между зависимостями физических величин от времени и от пройденного пути, полученными при исследовании движения бруска (см. левый столбец), и уравнениями, выражающими эти зависимости (см. правый столбец).

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

Зависимости физических величин	Уравнения, отражающие зависимости
А) Зависимость пути, пройденного бруском, от времени	1) $l = At^2$, где $A = 1,3 \text{ м/с}^2$
Б) Зависимость модуля скорости бруска от пройденного пути	2) $l = Bt^2$, где $B = 2,6 \text{ м/с}^2$
	3) $v = C\sqrt{l}$, где $C = 2,3 \sqrt{\text{м/с}}$
	4) $v = Dl$, где $D = 2,3 \text{ м/с}$

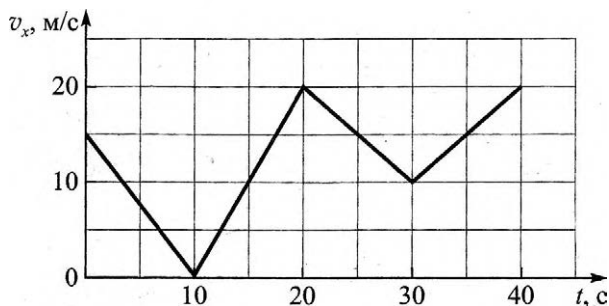
О т в е т:

А	Б

1.14. Мимо остановки по прямой улице с постоянной скоростью проезжает грузовик. Через 5 с от остановки вдогонку грузовику отъезжает мотоциклист, движущийся с ускорением 3 м/с^2 , и догоняет грузовик на расстоянии 150 м от остановки. Чему равна скорость грузовика?

Ответ: _____ м/с

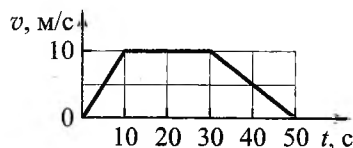
1.15. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость проекции скорости автомобиля на ось Ox от времени.



Чему равен максимальный модуль ускорения тела на этом отрезке времени?

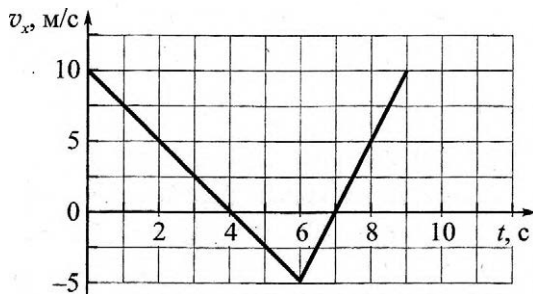
Ответ: _____ м/с²

1.16. На рисунке представлен график зависимости модуля скорости v автомобиля, движущегося прямолинейно в одном направлении, от времени t . Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале времени от 20 до 50 с.



Ответ: _____ м

1.17. На рисунке показан график зависимости проекции скорости тела на ось Ox от времени при его прямолинейном движении.



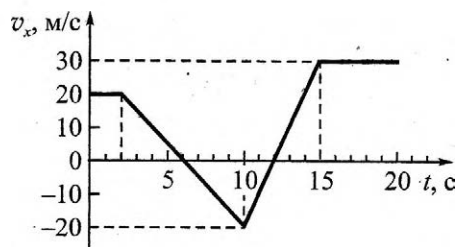
Сколько времени тело двигалось против оси Ox ?

Ответ: _____ с

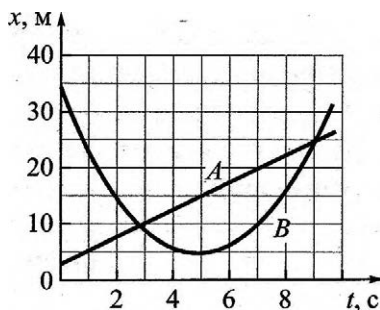
1.18. На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела v_x от времени при его прямолинейном движении по оси Ox .

Чему равен модуль перемещения тела за первые 10 с движения?

Ответ: _____ м



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

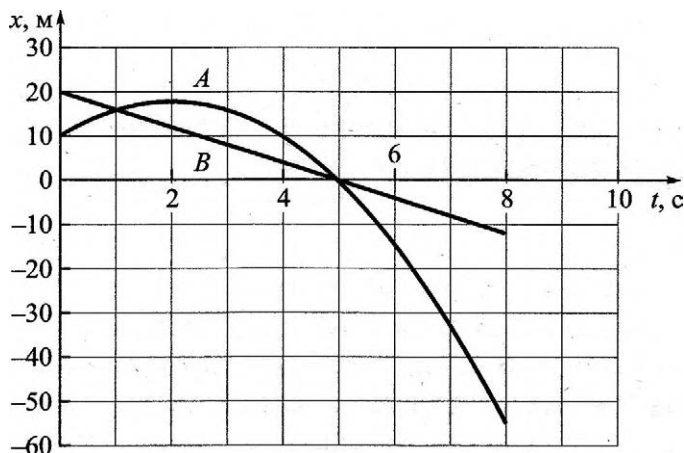


- 1) Тело A движется со скоростью 3 м/с.
- 2) Временной интервал между встречами тел A и B составляет 6 с.
- 3) Тело B в момент времени 5 с имело нулевую скорость.
- 4) Тела все время движутся в направлении оси Ox .
- 5) В момент времени 2 с тело B имело скорость, равную 15 м/с.

Ответ:

--	--

1.20. На графике приведены зависимости координат двух тел, которые двигались по одной прямой, вдоль которой направлена ось Ox .



Выберите два верных утверждения, описывающих движение тел A и B .

- 1) Ни на одном отрезке времени скорости тел не совпадали.
- 2) Скорость тела B в момент времени $t = 5$ с равнялась нулю.
- 3) Модуль начальной скорости тела A равен 6 м/с.
- 4) Модуль начальной скорости тела B равен 4 м/с.
- 5) Модуль ускорения тела A равен 4 м/с².

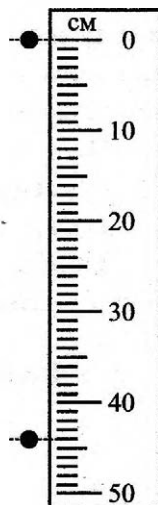
Ответ: _____

1.21. С аэростата, зависшего над Землёй, упал груз. Через 10 с он достиг поверхности Земли. На какой высоте находился аэростат? Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

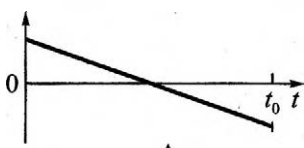
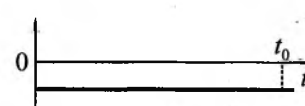
Ответ: _____ м

1.22. Специальный фотоаппарат зафиксировал два положения падающего в воздухе из состояния покоя шарика: в начале падения и через 0,31 с (см. рисунок). Чему равно ускорение свободного падения по результатам такого опыта? Ответ округлить до десятых.

Ответ: _____ м/с²



1.23. Шарик брошен вертикально вверх с начальной скоростью \vec{v} (см. рисунок). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять (t_0 – время полета). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Графики	Физические величины
 <p>А</p>	 <p>Б</p>
	1) Координата шарика y 2) Проекция скорости шарика v_y 3) Проекция ускорения шарика a_y 4) Модуль силы тяжести, действующий на шарик

Ответ:

А	Б

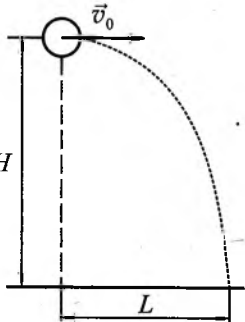
1.24. Небольшой камень бросили с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту. На какую максимальную высоту поднялся камень, если ровно через 1 с после броска его скорость была направлена горизонтально?

Ответ: _____ м

1.25. Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью v_0 , за время t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок).

Что произойдет с временем полета, дальностью полета и ускорением шарика, если на этой же установке уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. 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.

Время полёта	Дальность полёта	Ускорение

1.26. Как меняются модуль проекции скорости тела на горизонтальную ось и модуль угла между вектором скорости и горизонтальной осью для тела, брошенного под углом к горизонту, при движении тела от верхней точки полета до земли? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Модуль проекции скорости тела на горизонтальную ось	Модуль угла между вектором скорости и горизонтальной осью

1.27. В таблице приведены результаты измерения координат x и y в зависимости от времени наблюдения за материальной точкой, вылетевшей из начала декартовой системы координат в момент времени $t = 0$ под углом к горизонту. Точка движется в свободном полете.

Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Координата x , м	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
Координата y , м	0,35	0,60	0,75	0,80	0,75	0,60	0,35	0

Выберите два верных утверждения, описывающих движение точки.

- 1) В момент времени $t = 0,4$ с скорость тела равна 3 м/с.
- 2) Проекция скорости v_y в момент времени $t = 0,2$ с равна 2 м/с.
- 3) Тело бросили со скоростью 6 м/с.
- 4) Тело бросили под углом 45° .
- 5) Тело поднялось на максимальную высоту, равную 1,2 м.

О т в е т:

--	--

1.28. Стальной шарик брошен вверх под углом к горизонту. Как меняются модуль ускорения шарика и горизонтальная составляющая его скорости на этапе приближения шарика к земле? Сопротивлением воздуха пренебречь.

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.

Модуль ускорения шарика	Горизонтальная составляющая скорости шарика

1.29. Точка движется по окружности радиусом R . Период обращения T . После уменьшения радиуса окружности в 4 раза центростремительное ускорение точки осталось прежним. Выберите два верных утверждения об изменениях величин, описывающих движение. В ответе укажите номера утверждений.

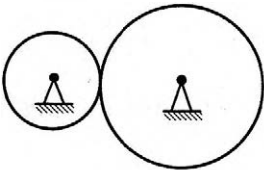
- 1) Частота обращения увеличилась в 4 раза.
- 2) Период обращения остался прежним.
- 3) Линейная скорость движения уменьшилась в 2 раза.
- 4) Частота обращения уменьшилась в 2 раза.
- 5) Период обращения уменьшился в 2 раза.

О т в е т:

--	--

1.30. Две шестерни, сцепленные друг с другом, вращаются вокруг неподвижных осей (см. рисунок). Большая шестерня радиусом 40 см делает 40 оборотов за 20 с. Сколько оборотов в секунду делает шестерня радиусом 20 см?

О т в е т: _____ об/с



Тематический блок № 2

«Динамика и статика»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания предполагает знание и умение использовать по данной теме следующие понятия и законы.

1. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея.

2. Сила. Принцип суперпозиции сил

$$\vec{F}_{\text{равнодейств}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

3. Второй закон Ньютона для материальной точки в ИСО

$$\vec{F} = m\vec{a}; \quad \Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t \quad \text{при } F = \text{const.}$$

Масса тела. Плотность вещества

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

4. Третий закон Ньютона для материальных точек

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}.$$

5. Закон всемирного тяготения

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}.$$

6. Сила тяжести на высоте h от поверхности планеты

$$mg = G \frac{Mm}{(R_0 + h)^2}.$$

Движение небесных тел и их искусственных спутников

$$G \frac{m_1 m_2}{R^2} = \frac{m_1 v^2}{R}.$$

Первая космическая скорость

$$v_{1x} = \sqrt{g_0 R_0} = \sqrt{\frac{GM}{R_0}}.$$

Вторая космическая скорость

$$v_{2k} = \sqrt{2} v_{1k} = \sqrt{\frac{2GM}{R_0}}.$$

7. Сила упругости. Закон Гука

$$F_x = -kx.$$

8. Сила трения. Закон сухого трения для сил трения покоя и скольжения

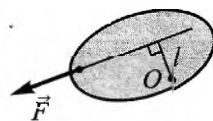
$$F_{\text{тр}} \leq \mu N$$

(μ – коэффициент трения).

9. Момент силы относительно оси вращения

$$M = \pm Fl$$

(l – плечо силы F относительно оси, проходящей через точку O перпендикулярно рисунку, знак зависит от того, вращает сила тело по или против часовой стрелки).



Условия равновесия твердого тела в ИСО:

$$\begin{cases} M_1 + M_2 + \dots = 0; \\ \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0. \end{cases}$$

10. Давление

$$p = \frac{F_{\perp}}{S}$$

(F_{\perp} – перпендикулярная составляющая силы давления на поверхность). Закон Паскаля. Давление в жидкости, покоящейся в ИСО,

$$p = p_0 + \rho gh.$$

11. Закон Архимеда: если тело и жидкость покоятся в ИСО, то

$$F_{\text{Арх}} = \rho g V_{\text{вытесн}}.$$

Условие плавания тел.

Хотя в учебниках первый закон Ньютона формулируется как существование ИСО, для решения задач требуется понимать, какие системы отсчета можно считать инерциальными:

- для тел, движущихся по другим телам, находящимся на поверхности Земли, на небольшие расстояния, это СО, связанная с поверхностью Земли;
- для движения спутников по околоземной орбите – геоцентрическая СО;
- для описания движения тел в Солнечной системе – гелиоцентрическая СО.

Тогда первый закон Ньютона можно формулировать как движение тела по инерции ($\vec{v} = \text{const}$) при равенстве нулю равнодействующей всех сил.

При применении второго закона Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}$ главное не воспринимать \vec{F} как единственную силу, а как векторную сумму всех сил, действующих на тело. После векторной записи закона следует выбрать оси так, чтобы ускорение было направлено вдоль одной из осей, и расписать векторное уравнение в проекциях на эти оси. Применение второго закона Ньютона для расчета ускорений (или сил при известном ускорении) не приведет к успеху, если не уметь рассчитывать силу тяжести (тяготения), упругости (по закону Гука) и силу трения (по закону сухого трения). В случае связанных грузов второй закон Ньютона записывается для каждого груза независимо на разные оси.

Для описания равновесия протяженных твердых тел (в статике) важно прикладывать силу тяжести к центру тяжести (для симметричных тел в геометрическом центре) и записывать не только равенство суммы всех сил, действующих на тело, но и равенство суммы моментов тел, вращающих его по и против часовой стрелки относительно выбранной оси. Ось выбирается так, чтобы «нужные» силы вошли в уравнение с моментами сил, а «ненужные» имели плечи, равные нулю относительно выбранной оси. Это предполагает, что ученик легко находит плечи любой силы относительно любой оси, используя геометрические построения и вычисления.

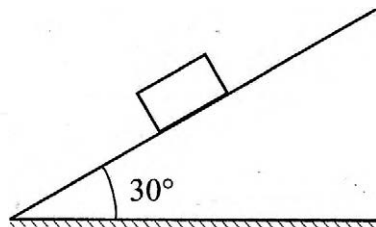
В законе Архимеда не следует забывать, что она определяется объемом части тела, погруженной в жидкость, прикладывается к центру подводной части, если задание содержит дополнительные элементы равновесия протяженных твердых тел. Условие плавания тел следует записывать как равенство архимедовой силы силе тяжести, и не забывать, что масса тела – это произведение плотности сплошного тела на его объем, а архимедова сила – это произведение ускорения свободного падения на плотность жидкости и на объем части тела, погруженной в жидкость.

2.1. Камень массой 0,2 кг брошен под углом 60° к горизонту. Чему равен модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска?

О т в е т: _____ Н

2.2. Сила трения, действующая на брусок, покоящийся на наклонной плоскости, равна 0,5 Н (см. рис.). Чему равна сила тяжести бруска, если наклонная плоскость образует с горизонтом угол 30° ?

О т в е т: _____ Н



2.3. Расстояние от спутника до центра Земли равно двум радиусам Земли, сила притяжения спутника 2000 Н. Какой станет сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до центра Земли увеличится в 2 раза?

О т в е т: _____ Н

2.4. Космонавт на Земле притягивается к ней с силой 700 Н. С какой силой он будет притягиваться к Марсу, находясь на его поверхности, если считать, что радиус Марса в 2 раза, а масса – в 10 раз меньше, чем у Земли?

О т в е т: _____ Н

2.5. Масса Марса в 10 раз меньше массы Земли, а радиус его орбиты в 1,5 раза больше земного. Чему равно отношение сил притяжения Земли и Марса к Солнцу F_3 / F_M , если орбиты планет считать окружностями?

О т в е т: _____

2.6. Две упругие пружины растягиваются силами одной и той же величины F . Удлинение второй пружины Δl_2 в 2 раза меньше, чем удлинение первой пружины Δl_1 .

Чему равно отношение жесткости второй пружины к жесткости первой?

О т в е т: _____

2.7. При подвешивании к пружине груза массой 500 г, она растянулась от 2 до 6 см. Какова жёсткость этой пружины?

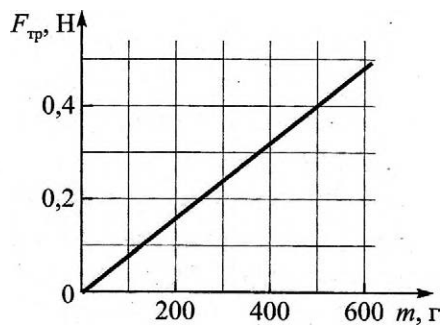
О т в е т: _____ Н/м

2.8. На горизонтальном полу стоит ящик массой 10 кг. Коэффициент трения между полом и ящиком равен 0,25. К ящику в горизонтальном направлении прикладывают силу 16 Н, но он остается в покое. Какова сила трения между ящиком и полом?

О т в е т: _____ Н

2.9. Зависимость силы трения скольжения $F_{тр}$ бруска при движении по горизонтальной поверхности стола от массы m бруска вместе с грузом, поставленным на него, показана на графике (см. рисунок). Чему равен коэффициент трения по этим данным?

О т в е т: _____

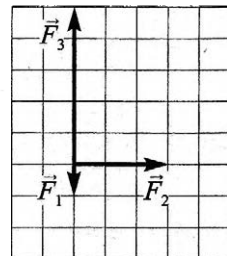


2.10. Деревянный брусок массой m , площади граней которого связаны соотношением $S_1 : S_2 : S_3 = 1 : 2 : 3$, скользит равномерно и прямолинейно по горизонтальной шероховатой опоре сначала касаясь стола гранью 3, а затем гранью 2. Чему равно отношение модулей горизонтальных сил F_3/F_2 , под действием которых происходит такое движение? Качество поверхности всех граней одинаково.

Ответ: _____

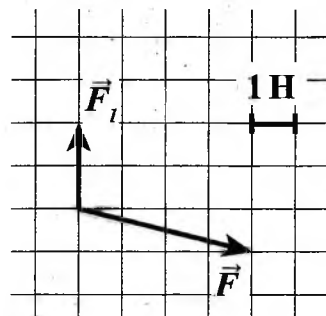
2.11. На тело, находящееся на горизонтальной плоскости, действуют 3 горизонтальные силы (см. рисунок). Каков модуль равнодействующей этих сил, если $F_1 = 1 \text{ Н}$?

Ответ: _____ Н



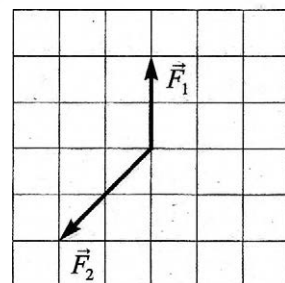
2.12. Чему равен модуль силы \vec{F}_2 , если направление и модуль силы \vec{F}_1 и равнодействующей двух сил $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ показаны на рисунке.

Ответ: _____ Н



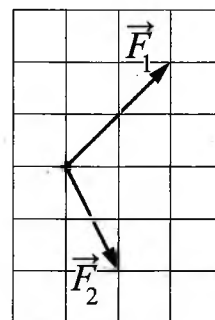
2.13. На тело массой 200 г действуют две силы (см. рисунок). Сила F_1 равна по модулю 0,8 Н. Чему равно ускорение тела?

Ответ: _____ м/с²

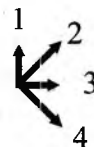


2.14. На тело в инерциальной системе отсчёта действуют две силы (см. рисунок а). Направление какой стрелки на рис.б соответствует направлению ускорения в этой системе отсчёта?

Ответ: _____ Н



а)



б)

2.15. На рисунке 1 представлены направления векторов скорости \vec{v} и ускорения \vec{a} мяча в инерциальной системе отсчёта. Какое из представленных на рисунке 2 направлений имеет вектор равнодействующей всех сил \vec{F} , приложенных к мячу?

Ответ: _____

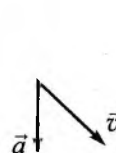


Рис. 1



Рис. 2

2.16. В инерциальной системе отсчёта сила 10 Н сообщает телу массой m ускорение 2 м/с^2 . Чему равно ускорение тела массой $2m$, если на него будет действовать сила 5 Н?

О т в е т: _____ м/с^2

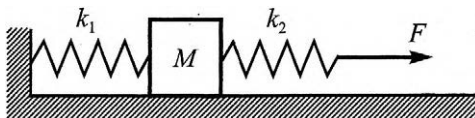
2.17. Груз массой 4 кг подвешен к укреплённому в лифте динамометру. Лифт начинает спускаться с верхнего этажа с постоянным ускорением. Показания динамометра при этом равны 36 Н. Чему равно ускорение лифта?

О т в е т: _____ м/с^2

2.18. Лифт из состояния покоя движется равноускоренно вниз и проходит за 2 с расстояние, равное 5 м. Во время такого движения кабины лифта груз, подвешенный на пружине жёсткостью 50 Н/м к потолку лифта, растягивает пружину на 3 см. Какова масса груза?

О т в е т: _____ кг

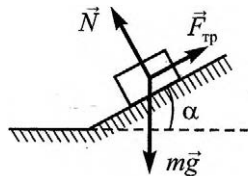
2.19. К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила величиной $F = 9 \text{ Н}$ (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплен к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 300 \text{ Н/м}$. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600 \text{ Н/м}$. Чему равно удлинение второй пружины?



О т в е т: _____ см

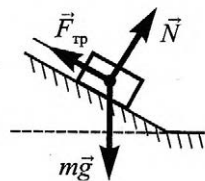
2.20. Брусok массой 866 г покоится на наклонной плоскости с углом наклона 30° . Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен 0,6. Чему равна сила трения бруска о плоскость?

О т в е т: _____ Н



2.21. Брусok массой 100 г лежит на шероховатой опоре, наклонённой к горизонту под углом 30° (см. рисунок). На брусok действуют 3 силы: сила тяжести, сила упругости опоры и сила трения. Коэффициент трения между бруском и опорой равен 0,6. Чему равен модуль равнодействующей сил $\vec{F}_{\text{тр}}$ и \vec{N} , если брусok покоится?

О т в е т: _____ Н



2.22. Грузовик массой m , движущийся по прямолинейному горизонтальному участку дороги со скоростью v , совершает торможение до полной остановки. При торможении колёса грузовика не вращаются. Коэффициент трения между колёсами и дорогой равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические величины	Формулы
А) Модуль силы трения, действующей на грузовик Б) Тормозной путь грузовика	1) μmg ; 2) μg ; 3) $\frac{v}{\mu g}$ 4) $\frac{v^2}{2\mu g}$

О т в е т:

А	Б

2.23. Один конец доски, на которой находится брусок массой 2 кг, постепенно поднимают. В таблице представлена зависимость модуля силы трения от угла наклона плоскости.

$\alpha, ^\circ$	0	3	6	12	18	24	30	36	40	45	50	60
$F_{\text{тр}}, \text{Н}$	0	1,0	2,1	4,16	6,18	8,13	7,71	7,2	6,82	6,29	5,72	4,45

Какие два вывода, сделанные на основании данных таблицы, верны?

- 1) Коэффициент трения скольжения примерно равен 0,45.
- 2) При увеличении угла наклона от 0 до 30 градусов сила трения все время растет.
- 3) При угле наклона плоскости 18 градусов брусок покоится.
- 4) При угле наклона плоскости 3 градуса, сила нормальной реакции больше 20 Н.
- 5) Сила трения скольжения не зависит от угла наклона плоскости.

Ответ:

--	--

2.24. Проводится два опыта. В первом – брусок перемещают равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости при помощи нити, натянутой вдоль наклонной плоскости. Во втором – к бруску крепят сверху груз, а прочие условия не меняют.

Как изменятся при переходе от первого опыта ко второму натяжение нити и коэффициент трения между бруском и плоскостью?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Сила натяжения нити	Коэффициент трения

2.25. На наклонной плоскости находится брусок массой 4 кг, для которого составили таблицу зависимости модуля силы трения $F_{\text{тр}}$ от угла наклона плоскости к горизонту α (с погрешностью не более 0,01 Н). Основываясь на данных, приведённых в таблице, и используя закон сухого трения, выберите два верных утверждения.

$\alpha, \text{рад}$	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$F_{\text{тр}}, \text{Н}$	0	2,00	4,00	7,72	7,52	7,26	6,92	6,50	6,02	5,50	4,90	4,26

- 1) Коэффициент трения скольжения равен 0,5.
- 2) При увеличении угла наклона от 0 до 0,1 рад сила трения покоя увеличивается.
- 3) Брусок покоится, когда угол наклона плоскости составляет 0,6 рад.
- 4) В случае, когда угол наклона плоскости составляет 0,1 рад, сила нормальной реакции больше 20 Н.
- 5) Сила трения скольжения не зависит от угла наклона плоскости.

Ответ:

--	--

2.26. Мальчик толкнул санки с вершины горки. Сразу после толчка санки имели скорость 5 м/с, а у подножия горки она равнялась 15 м/с. Трение санок о снег пренебрежимо мало. Какова высота горки?

Ответ: _____ м

2.27. Проводится два опыта. В первом – брусок скользит с наклонной плоскости, во втором – брусок движется вверх по наклонной плоскости после толчка у основания той же плоскости.

Как изменятся при переходе от первого опыта ко второму модуль силы трения бруска о плоскость и модуль ускорения бруска?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

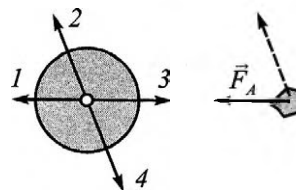
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль силы трения	Модуль ускорения

2.28. Мальчик медленно поднимает гирию массой 10 кг, действуя на неё с силой 100 Н. С какой силой гирия действует на руку мальчика?

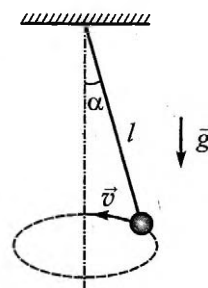
О т в е т: _____ Н

2.29. Мимо Земли летит астероид в направлении, показанном на рисунке штриховой стрелкой. Вектор \vec{F}_A показывает силу притяжения астероида Землей. Укажите, вдоль какой стрелки направлена сила, действующая на Землю со стороны астероида.



О т в е т: _____

2.30. Шарик массой m , подвешенный на нити, вращается в горизонтальной плоскости равномерно (см. рисунок). Нить длиной l отклонена от вертикали на угол α . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих движение шарика.



Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Формулы	Физические величины
А) $mg \operatorname{tg} \alpha$ Б) $\sqrt{gl \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha}$	1) Сила натяжения нити 2) Равнодействующая всех сил, действующих на шарик 3) Период обращения шарика 4) Линейная скорость движения

О т в е т:

А	Б

2.31. Искусственный спутник обращается вокруг планеты по круговой орбите радиусом 4000 км со скоростью 3,4 км/с. Ускорение свободного падения на поверхности планеты равно 4 м/с^2 . Чему равен радиус планеты?

О т в е т: _____ км

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Радиус орбиты	Скорость движения по орбите	Период обращения вокруг Земли

2.33. Космический аппарат для научных наблюдений Марса был переведен с одной круговой орбиты около планеты на другую. В результате перехода скорость движения аппарата уменьшилась. Как изменились в результате этого перехода центростремительное ускорение аппарата и период его обращения вокруг планеты?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Центростремительное ускорение	Период обращения вокруг Марса

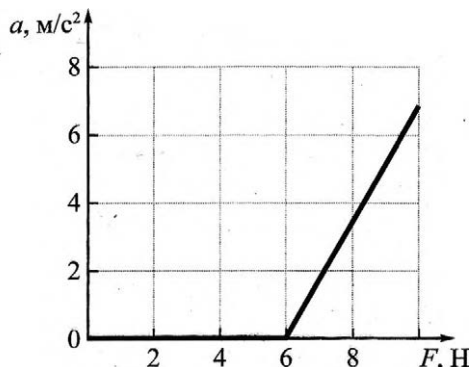
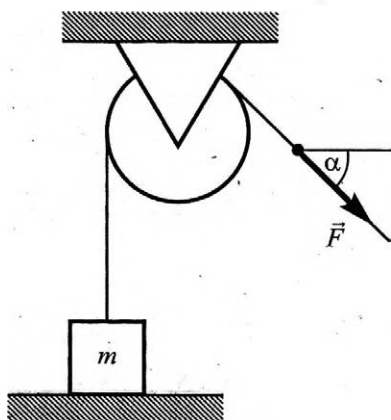
2.34. Прыгун массой m в высоту после толчка движется вверх, над перекладиной, затем вниз. Поставьте в соответствие соотношению веса P и силы тяжести $F_{\text{тяж}}$ спортсмена на разных стадиях прыжка.

Стадия прыжка	Соотношение между силой тяжести и весом спортсмена
А) Толчок Б) Полет из верхней точки траектории вниз	1) $P = F_{\text{тяж}} = mg$ 2) $P = 0, F_{\text{тяж}} = mg$ 3) $P = 0, F_{\text{тяж}} = 0$ 4) $P > mg, F_{\text{тяж}} = mg$

Ответ:

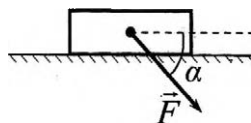
А	Б

2.35. Массивный груз, покоящийся на горизонтальной опоре, привязан к лёгкой нерастяжимой верёвке, перекинутой через идеальный блок. К верёвке прикладывают постоянную силу \vec{F} , направленную под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту (см. рисунок). Зависимость модуля ускорения груза от модуля силы \vec{F} представлена на графике. Чему равна масса груза?



Ответ: _____ кг

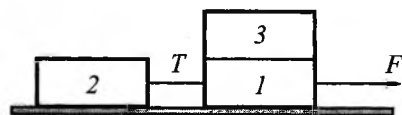
2.36. На брусок, лежащий на горизонтальной плоскости, начинает действовать сила \vec{F} , направленная вниз под углом 30° к горизонту и равная по модулю 5,4 Н (см. рисунок). Брусок движется с ускорением $2,5 \text{ м/с}^2$. Какова масса бруска, если коэффициент трения бруска о плоскость равен 0,3.



Ответ округлите до десятых.

Ответ: _____ кг

2.37. Одинаковые бруски массой $m = 2 \text{ кг}$ каждый связаны нитью и движутся под действием внешней силы $F = 9 \text{ Н}$ по гладкой горизонтальной поверхности (см. рисунок). Чему равно ускорение грузов и сила натяжения нити T , если бруски неподвижны относительно друг друга?

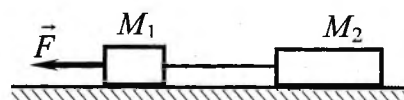


Ответ:

$a, \text{ м/с}^2$	$T, \text{ Н}$

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

2.38. К двум связанным грузам, лежащим на гладком столе, прикладывают силу $F = 9 \text{ Н}$, направленную влево (см. рис.), и бруски начинают двигаться по горизонтальной поверхности. Чему равен модуль силы натяжения нити, если массы грузов $M_1 = 0,5 \text{ кг}$ и $M_2 = 4 \text{ кг}$, а связывающая грузы нить нерастяжима?



Ответ: _____ Н

2.39. Два тела массами $m_1 = 0,4$ кг и $m_2 = 0,6$ кг, связанные невесомой нерастяжимой нитью, могут без трения скользить по гладкой горизонтальной поверхности под действием постоянной силы F (см. рисунки *a* и *б*). Чему равно отношение сил натяжения нити F_a/F_b в случаях *a* и *б*?

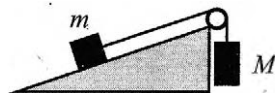


Ответ: _____

2.40. К концам невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый неподвижный блок без трения в оси, подвешены грузы с массами $m_1 = 200$ г и $m_2 = 300$ г. Каково ускорение, с которым движется второй груз?

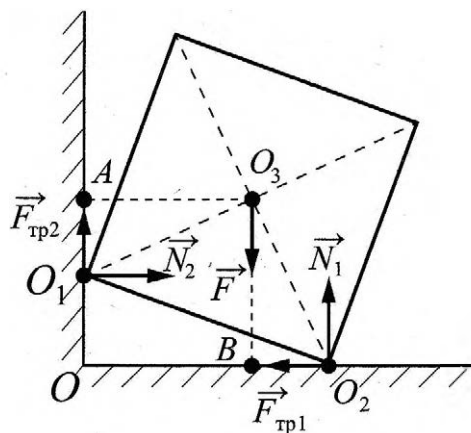
Ответ: _____ м/с²

2.41. Брусек массой $m = 200$ г соединён с грузом массой $M = 300$ г невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок (см. рисунок). Брусек скользит без трения по закреплённой наклонной плоскости, составляющей угол 30° с горизонтом. Чему равно ускорение бруска?



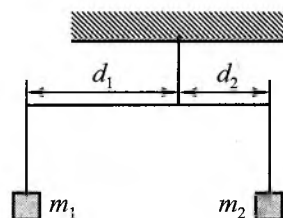
Ответ: _____ м/с²

2.42. Однородный куб с длиной ребра 10 см опирается одним ребром на пол, другим – на вертикальную стену (см. рисунок). Чему равно плечо силы упругости \vec{N}_2 относительно оси, проходящей через точку O_2 перпендикулярно плоскости рисунка, если угол OO_2O_1 равен 30° ?



Ответ: _____ см

2.43. Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два тела массами m_1 и m_2 (см. рисунок), находится в равновесии. Плечо d_1 увеличивают в 4 раза и подвешивают на той же нити груз массой m_3 вместо груза m_1 . Чему равно отношение m_3/m_1 , если равновесие сохранилось? (Коромысло и нити считать невесомыми.)

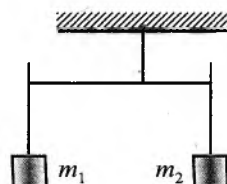


Ответ: _____

2.44. Шар плотностью 8 г/см³ и объёмом 500 см³ целиком опущен в воду. Чему равна архимедова сила, действующая на шар?

Ответ: _____ Н

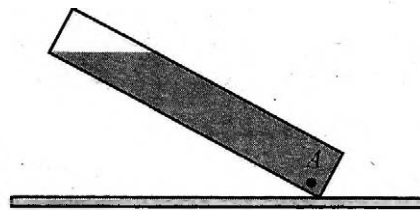
2.45. Невесомый рычаг длиной 1 м находится в равновесии, когда масса $m_1 = 200$ г, а $m_2 = 300$ г. На сколько сантиметров надо придеться сдвинуть точку подвеса рычага на нити, чтобы он остался в равновесии, если левый груз заменить на груз массой в 450 г, не меняя второго груза?



Ответ: _____ см

2.46. Трубка длиной 30 см заполнена водой и отклонена от вертикали на 60° . Рассчитайте давление в точке A вблизи дна трубки, создаваемое столбом воды. Атмосферное давление не учитывать.

О т в е т: _____ кПа

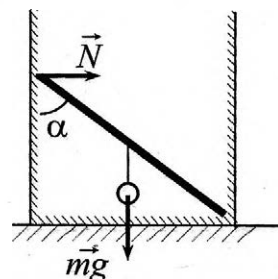


2.47. Однородная лестница массой 10 кг, приставленная к гладкой вертикальной стене, покоится, когда угол между лестницей и вертикальной стеной равен $\alpha = 45^\circ$. При больших углах она начинает скользить. Каков коэффициент трения скольжения между лестницей и полом?

О т в е т: _____

2.48. В стакане с гладкими дном и стенками находится невесомый стержень (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$, к середине стержня подвешен на нити шарик массой 1 кг. Каков модуль силы упругости \vec{N} , действующей на стержень со стороны вертикальной стенки стакана?

О т в е т: _____ Н

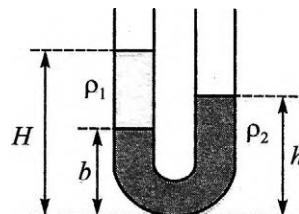


2.49. В сосуд высотой 40 см налита вода, уровень которой ниже края сосуда на 4 см. Чему равна сила давления воды на дно сосуда, если площадь дна $0,005 \text{ м}^2$? Атмосферное давление не учитывать.

О т в е т: _____ Н

2.50. В широкую U-образную трубку с вертикальными прямыми коленами налиты неизвестная жидкость плотностью ρ_1 и вода плотностью $\rho_2 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ (см. рисунок). На рисунке $b = 10 \text{ см}$, $h = 24 \text{ см}$, $H = 30 \text{ см}$. Чему равна плотность жидкости ρ_1 ?

О т в е т: _____ кг/м^3



2.51. Два одинаковых бруска толщиной по 3 см каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). На сколько увеличится глубина погружения стопки, если в нее добавить ещё один такой же брусок?

О т в е т: _____ см



2.52. На поверхности воды плавает сплошной деревянный брусок в форме параллелепипеда, наполовину погрузившись в воду. Как изменятся сила Архимеда и глубина погружения пустой коробочки той же массы, формы и размеров, изготовленной из алюминия, если она будет плавать в воде вместо бруска.

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.

Архимедова сила	Глубина погружения

2.53. На поверхности воды плавает деревянная доска. Как изменится масса вытесненной воды и действующая на доску сила Архимеда, если доску стесать так, чтобы ее толщина стала меньше?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Масса вытесненной воды	Сила Архимеда

2.54. Используя цилиндр с нанесенными на его поверхность делениями, изучают зависимость показаний динамометра F от глубины погружения h основания цилиндра (рис. 1). В результате получен график, показанный на рис. 2

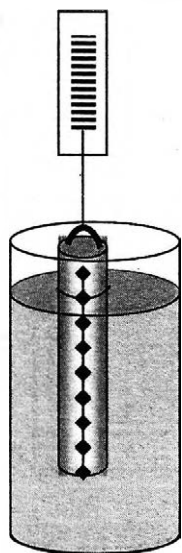


рис. 1

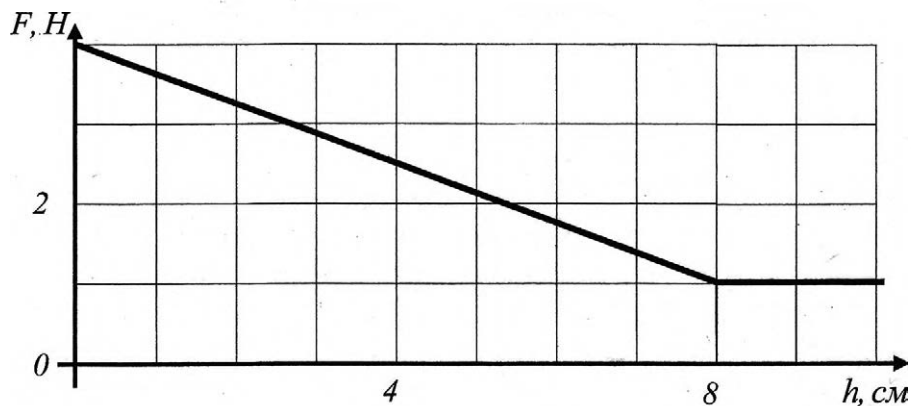


рис. 2

Выберите два утверждения, которые вытекают из полученных данных. Укажите их номера.

- 1) Выталкивающая сила уменьшается пропорционально объему тела, погруженного в жидкость
- 2) При погружении цилиндра выталкивающая сила растет пропорционально объему тела, находящемуся под поверхностью воды
- 3) Высота стакана 8 см
- 4) При полном погружении цилиндра выталкивающая сила равна 1 Н
- 5) При полном погружении цилиндра выталкивающая сила равна 3 Н

Ответ:

--	--

2.55. Установите соответствие между техническими устройствами (приборами) и физическими явлениями, лежащими в основе принципов их действия.

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

Технические устройства	Физические явления
А) Гидравлический пресс Б) Поршневой жидкостный насос	1) Передача давления внутри жидкости 2) Поведение жидкости в сообщающихся сосудах 3) Тепловое расширение жидкостей 4) Действие атмосферного давления

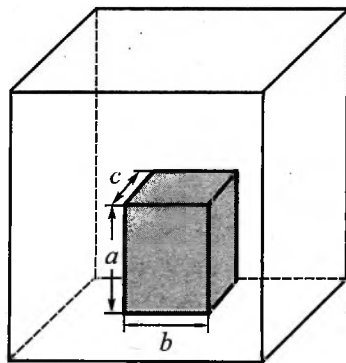
О т в е т:

А	Б

2.56. В равномерно движущемся вверх лифте поднимают канистру в форме параллелепипеда, заполненную водой (см. рисунок). Высота a канистры в 2 раза больше ширины b и в 4 раза больше толщины c .

Выберите два верных утверждения:

- 1) Давление канистры на пол лифта в 2 раза меньше, когда вертикальна сторона длиной a , нежели когда вертикальна сторона длиной b .
- 2) Давление, создаваемое водой на стенку канистры, соприкасающейся с полом, в 2 раза больше, когда вертикальна сторона длиной a , нежели когда вертикальна сторона длиной b .
- 3) Сила давления воды на дно канистры в состоянии, приведенном на рисунке, в 4 раза больше по сравнению с положением, когда канистра соприкасается с полом ребрами длиной a и b .
- 4) Давление канистры на пол лифта увеличится при остановке лифта.
- 5) Давление воды на дно канистры уменьшится при остановке лифта.



О т в е т: _____

Тематический блок № 3

«Законы сохранения в механике»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания предполагает знание и умение использовать по данной теме следующие понятия и законы.

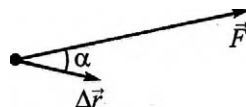
1. Импульс материальной точки $\vec{p} = m\vec{v}$ и импульс системы тел $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots$
2. Закон изменения импульса системы тел

$$\Delta \vec{p} \equiv \Delta(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots) = \vec{F}_{1\text{внешн}} \Delta t + \vec{F}_{2\text{внешн}} \Delta t + \dots$$

Закон сохранения импульса системы тел: в ИСО импульс системы тел сохраняется, если а) сумма внешних сил равна нулю или б) равнодействующая внешних сил конечна и они действуют короткое время Δt . Если имеется ось, на которую проекция равнодействующей всех внешних сил равна нулю, то сохраняется сумма проекций импульса тел системы на эту ось.

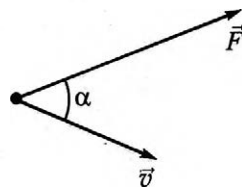
3. Работа силы: на малом перемещении

$$A = |\vec{F}| |\Delta \vec{r}| \cos \alpha = F_x \Delta x.$$



4. Мощность силы

$$P = \frac{\Delta A}{\Delta t} \Big|_{\Delta t \rightarrow 0} = |\vec{F}| |\vec{v}| \cos \alpha.$$



5. Кинетическая энергия материальной точки

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Закон изменения кинетической энергии системы материальных точек: в ИСО изменение суммы кинетических энергий системы точек равно работе всех сил. Для одного тела

$$\Delta E_{\text{кин}} = A_{\text{всех сил}}.$$

6. Потенциальная энергия для тела в однородном поле тяжести

$$E_p = mgh$$

и для упруго деформированного тела

$$E_p = \frac{kx^2}{2}.$$

7. Закон изменения механической энергии ($E_{\text{мех}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{потенц}}$) в ИСО

$$\Delta E_{\text{мех}} = A_{\text{всех не потенц. сил}}$$

(например, работе силы трения),

8. Закон сохранения механической энергии:

если в ИСО $A_{\text{всех не потенц. сил}} = 0$, то

$$\Delta E_{\text{мех}} = 0 \quad \text{или} \quad E_{\text{кин}} + E_{\text{потенц}} = \text{const.}$$

Расчет физических величин на основе приведенных формул не представляет сложности.

Использование закона сохранения импульса (ЗСИ) в чистом виде возможно только, если все внешние силы уравновешены (столкновение шаров, вагонеток или расталкивание лодки и прыгающего с нее человека). Чаще он выполняется приближенно, если процесс быстрый, внешние силы конечны (разрыв снаряда или столкновение шаров в воздухе). А иногда ЗСИ в векторном виде явно не выполняется, но выполняется в проекции на одну ось (падение мешка сверху на катящуюся по горизонтальным рельсам вагонетку). При расположении векторов импульсов сталкивающихся или разлетающихся тел под углом друг к другу следует записывать закон сохранения импульса в проекциях на две оси.

Закон сохранения механической энергии (ЗСЭ) позволяет вычислить скорость тела при ее изменении в случаях, когда использование второго закона Ньютона для этой цели затруднительно. При этом работа всех сил кроме силы тяжести и упругости должна быть равна нулю. Наиболее часто реализуемые для этих целей в заданиях ситуации, когда силу трения отсутствует и можно применить ЗСЭ, это:

- а) свободный полет тел;
- б) движение груза на нити в вертикальной плоскости, если второй конец нити закреплен неподвижно;
- в) движение по гладкой горке произвольной формы;
- г) колебания груза на пружине.

Наиболее сложны для анализа ситуации неупругого удара, когда следует применять ЗСИ и ЗСЭ в определенной последовательности (например, два пластилиновых шара, двигающиеся на нити сталкиваются и продолжают движение после слипания). До столкновения следует применить ЗСЭ для вычисления скорости каждого перед ударом, в ходе столкновения следует применить ЗСИ, так как удар неупругий, и в ходе столкновения за счет сил внутреннего трения слоев пластилина часть механической энергии переходит во внутреннюю. После столкновения можно применить ЗСЭ для того, чтобы найти на какую высоту поднимутся слипшиеся шары на нитях или для того, чтобы вычислить какая доля механической энергии перешла во внутреннюю (пошла на нагревание шаров).

В случае наличия силы трения удобно применять закон изменения кинетической энергии, когда работа силы трения равна изменению механической энергии. Например, при скольжении из состояния покоя бруска с наклонной плоскости с трением произведение силы трения на длину плоскости будет равно разности потенциальной энергии в верхней точке и кинетической энергии у основания плоскости. В этом случае кроме закона об изменении кинетической энергии придется подключить второй закон Ньютона и закон сухого трения для вычисления силы трения. Однако расчет конечной скорости бруска все равно будет проще.

3.1. На тело, поступательно движущееся в инерциальной системе отсчёта по прямой, действует равнодействующая постоянная сила \vec{F} в течение времени Δt . Если время Δt действия силы увеличится, то как изменятся модуль ускорения тела и модуль изменения импульса тела?

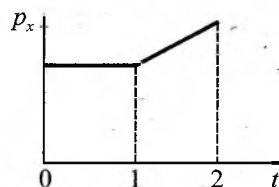
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Модуль ускорения тела	Модуль изменения импульса тела

3.2. На рисунке приведён график зависимости проекции импульса тела, движущегося по прямой, от времени. Поставьте в соответствие каждому интервалу времени (0–1 и 1–2) и характер движения тела.



Интервал	Характер движения тела
А) 0–1 Б) 1–2	1) Состояние покоя 2) Равномерное движение 3) Равноускоренное движение 4) Движение с переменным ускорением

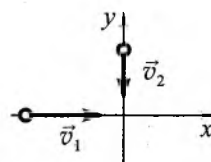
Ответ:

А	Б

3.3. Дом стоит на краю поля. С балкона на высоте 5 м от поверхности земли мальчик бросил камешек в горизонтальном направлении. Начальная скорость камешка 7 м/с, его масса 0,1 кг. Чему равен импульс камешка через 2 с после броска?

Ответ: _____ кг·м/с

3.4. Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Массы тел по 200 г, а скорости равны $v_1 = 4$ м/с и $v_2 = 3$ м/с. Чему равен модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?

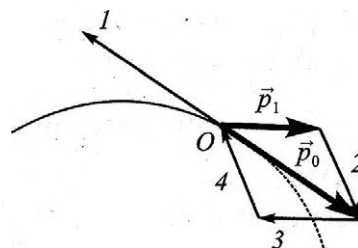


Ответ: _____ кг·м/с

3.5. Охотник массой 60 кг, стоящий на гладком льду, стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда 0,03 кг. Скорость дробинок при выстреле 300 м/с. Какова скорость охотника после выстрела?

Ответ: _____ м/с

3.6. Снаряд, имеющий в точке O траектории импульс \vec{p}_0 , разорвался на два осколка. Один из осколков имеет импульс \vec{p}_1 . Укажите номер вектора, показывающего направление движения второго осколка.



Ответ: _____

3.7. На вагонетку массой m , движущуюся по горизонтальным рельсам со скоростью 3 м/с, сверху вертикально опускается груз, имеющий массу $m/2$ и скорость перед ударом 2 м/с. Какова скорость вагонетки с грузом после падения груза?

Ответ: _____ м/с

3.8. Тело массой 200 г вращается в горизонтальной плоскости на нити длиной 0,5 м. Чему равна работа силы тяжести за один оборот вращения тела?

Ответ: _____ Дж

3.9. Потенциальная энергию упругой деформации равна 2 Дж при деформации пружины, равной 1 см. Деформацию увеличивают еще на 1 см. На какую величину увеличилась при этом потенциальная энергия этой пружины?

Ответ: _____ Дж

3.10. Снаряд разрывается на два осколка, причем один из осколков летит под углом 90° к первоначальному направлению, а второй – под углом 60° . Какова масса снаряда до разрыва, если скорость снаряда перед разрывом 100 м/с , а второй осколок массой 1 кг сразу после разрыва имеет скорость 400 м/с ? Массой взрывчатого вещества можно пренебречь.

О т в е т: _____ кг

3.11. Скорость груза массой $0,2 \text{ кг}$ равна 3 м/с . Определите кинетическую энергию груза.

О т в е т: _____ Дж

3.12. Самосвал массой m при движении на пути к карьере имеет кинетическую энергию $2,5 \cdot 10^5 \text{ Дж}$. Какова его кинетическая энергия после загрузки, если он движется с прежней скоростью, а масса его увеличилась в 2 раза?

О т в е т: _____ кДж

3.13. Скорость тела массой 2 кг , движущегося по оси Ox , изменяется по закону $v_x = v_{0x} + a_x t$, где $v_{0x} = 10 \text{ м/с}$, $a_x = -2 \text{ м/с}^2$. Чему равна кинетическая энергия тела через 2 с после начала движения?

О т в е т: _____ Дж

3.14. Автомобиль везет песок на объект, имея кинетическую энергию, равную $5 \cdot 10^5 \text{ Дж}$. Какова его кинетическая энергия на обратном пути после разгрузки, если он движется с той же скоростью, а масса песка равна массе автомобиля?

О т в е т: _____ кДж

3.15. Тело движется вдоль оси Ox , при этом его координата изменяется во времени в соответствии с формулой $x(t) = 20 + 2t - 3t^2$ (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимости от времени в условиях данной задачи, если масса тела 100 г .

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

Физические величины	Формулы
А) кинетическая энергия тела $E_K(t)$	1) $20 + 2t$
Б) перемещение тела $s(t)$	2) $0,1 (2 + 6t)^2$
	3) $0,2 - 1,2t + 1,8t^2$
	4) $2t - 3t^2$

О т в е т:

А	Б

3.16. График зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox , от времени t представляет собой параболу (рис. 1). Установите соответствие между графиками А и Б и названиями физических величин, характеризующих движение этого тела.

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

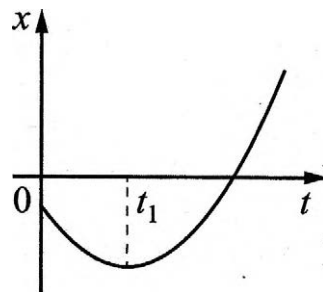
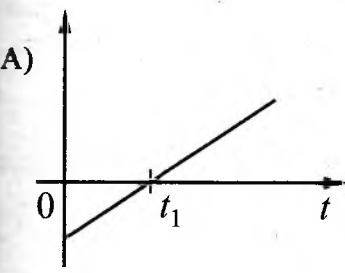
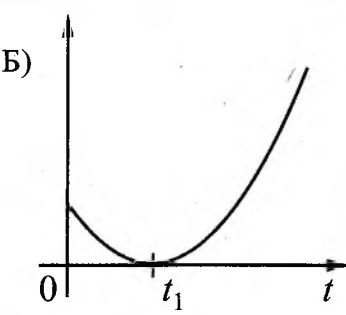


Рис. 1

Графики		Физические величины
А) 	Б) 	1) модуль импульса тела
		2) проекция скорости тела на ось Ox
		3) кинетическая энергия тела
		4) модуль ускорения тела

Ответ:

А	Б

3.17 График зависимости координаты x тела, движущегося равноускоренно вдоль оси Ox , от времени t представляет собой параболу (рис. 1). Установите соответствие между графиками А и Б и названиями этих физических величин (правый столбец).

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

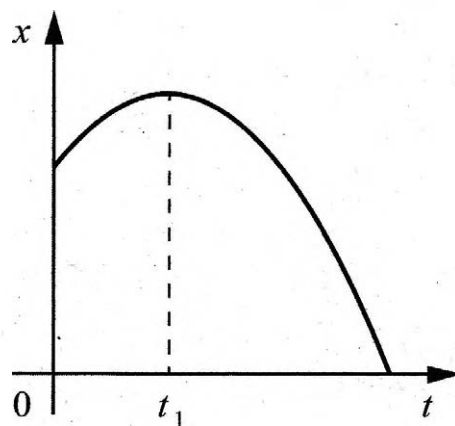
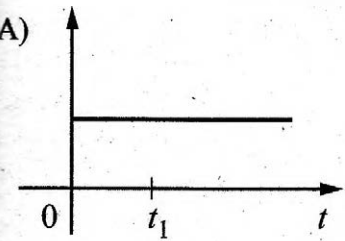
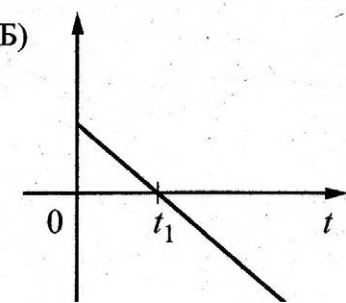


Рис. 1

Графики		Физические величины
А) 	Б) 	1) кинетическая энергия тела
		2) модуль ускорения тела
		3) модуль импульса тела
		4) проекция скорости тела на ось x

Ответ:

А	Б

3.18. Для сообщения неподвижному телу заданной скорости v требуется совершение 150 Дж работы. Какую работу надо совершить для увеличения скорости этого тела от значения v до значения $2v$?

Ответ: _____ Дж

3.19. К моменту падения на землю шарик, падающий с высоты 10 м с нулевой начальной скоростью, потерял 10% полной механической энергии за счёт работы сил сопротивления воздуха. Какова кинетическая энергия шарика в момент падения, если масса шарика 100 г?

Ответ: _____ Дж

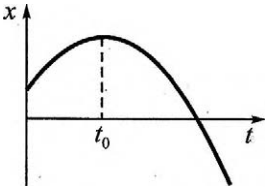
3.20. После удара клюшкой шайба стала скользить вверх по ледяной горке, и у ее вершины имела скорость 5 м/с. Высота горки 10 м. Трение шайбы о лед пренебрежимо мало. Чему равнялась скорость шайбы сразу после удара?

Ответ: _____ м/с

3.21. Тело падает с высоты 20 м и имеет перед ударом о землю скорость 10 м/с. Какая часть механической энергии была потеряна телом за счет трения о воздух?

Ответ: _____ %

3.22. График зависимости координаты тела от времени при движении по прямой показан на рисунке. Требуется установить соответствие между графиками А и Б и физическими величинами, также характеризующими это движение.

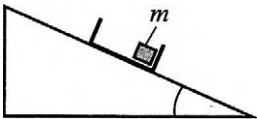


Графики	Физические величины
<div> <p>А</p> </div> <div> <p>Б</p> </div>	<div>1) Проекция импульса тела на ось x</div> <div>2) Модуль ускорение тела на ось x</div> <div>3) Кинетическая энергия тела</div> <div>4) Модуль скорости тела</div>

Ответ:

А	Б

3.23. С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой m (см. рисунок). Как изменятся время движения и модуль работы силы трения, если с той же наклонной плоскости будет скользить та же коробочка с грузом массой $m/2$?



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.

Время движения	Модуль работы силы трения

3.24. По гладкой горе высотой H из состояния покоя съезжает брусок массой m . Чему равны в конце горки модуль импульса бруска и его кинетическая энергия?

Установите соответствие между физическими величинами и формулами для их вычисления.

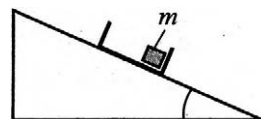
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физическая величина	Формулы
А) Импульс бруска Б) Кинетическая энергия бруска	1) mgH ; 2) $2mgH$; 3) $m\sqrt{2gh}$; 4) $2m\sqrt{gh}$

Ответ:

А	Б

3.25. С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой m (см. рисунок). Как изменятся ускорение и модуль работы силы тяжести при перемещении груза от вершины до основания наклонной плоскости, если массу груза увеличить до $2m$?



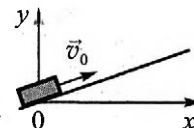
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Ускорение	Модуль работы силы трения

3.26. Шайбе сообщают скорость \vec{v}_0 , как показано на рисунке, и она скользит вверх по гладкой наклонной плоскости. Через время $t = t_0$ после начала отсчета (момент начала движения) она возвращается в исходное положение.



Установите соответствие между графиками А и Б и физическими величинами, характеризующими движение шайбы, изменение которых от времени эти графики могут отображать.

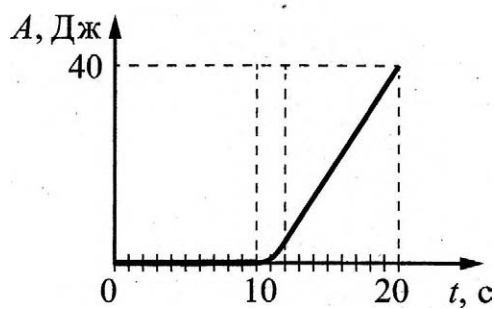
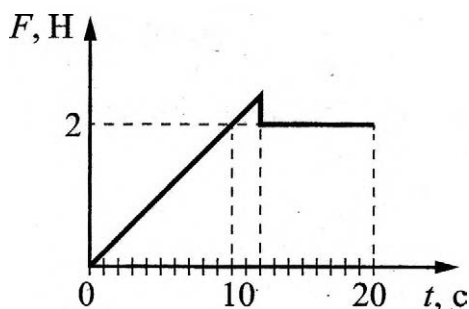
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Графики	Физические величины
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>А</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Б</p> </div> </div>	1) Кинетическая энергия E_k 2) Координата y 3) Потенциальная энергия E_p 4) Проекция импульса p_y

Ответ:

А	Б

3.27. На брусок массой 1 кг начинают действовать горизонтальная сила F , направленная вдоль шероховатой поверхности. Модуль силы зависит от времени так, как показано на рисунке слева. На рисунке справа показана зависимость работы этой силы от времени. Выберите два верных утверждения на основании анализа представленных зависимостей.



Укажите их номера.

- 1) Через 20 с после начала наблюдения кинетическая энергия бруска достигла 40 Дж.
- 2) В интервале времени 12 с – 20 с брусок двигался с постоянной скоростью.
- 3) В интервале времени 12 с – 20 с кинетическая энергия бруска нарастала.
- 4) В интервале времени 0 с – 10 с брусок двигался с постоянной скоростью.
- 5) Сила трения скольжения равна 2 Н.

Ответ:

--	--

3.28. Какую мощность развивает сила тяги трактора, перемещая прицеп со скоростью 18 км/ч, если она составляет 16,5 кН?

Ответ: _____ Вт

3.29. Тело движется в инерциальной системе отсчёта по прямой в одном направлении. Под действием постоянной силы величиной 12 Н тело массой 3 кг двигалось из состояния покоя 3 с. Чему равна мощность силы в конце третьей секунды движения?

Ответ: _____ Вт

3.30. Камень брошен вверх под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как меняются с набором высоты модуль ускорения камня, его потенциальная энергия в поле тяжести и горизонтальная составляющая его скорости?

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.

Модуль ускорения камня	Потенциальная энергия камня	Горизонтальная составляющая скорости камня

3.31. Космический корабль массой $5 \cdot 10^7$ кг перешел на круговую орбиту движения вокруг Земли. Его кинетическая энергия равна $3,35 \cdot 10^{14}$ Дж. Определите радиус орбиты космического корабля, считая массу Земли равной $6 \cdot 10^{24}$ кг.

Ответ: _____ км

3.32. На тележку массой 0,8 кг, которая движется со скоростью 2,5 м/с, с высоты 50 см вертикально падает кусок пластилина массой 0,2 кг и прилипает к ней. Рассчитайте энергию, которая перешла во внутреннюю при этом ударе.

Ответ: _____ Дж

3.33. Ученик исследовал зависимость модуля силы упругости F пружины от ее растяжения x и получил следующие результаты:

$F, \text{ Н}$	0	0,5	1	1,5	2	2,5
$x, \text{ м}$	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10

Определите потенциальную энергию пружины при растяжении на 0,08 м.

О т в е т: _____ Дж

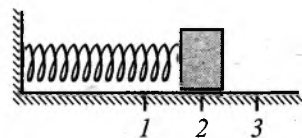
3.34. При деформации, равной 1 см, стальная пружина имеет потенциальную энергию упругой деформации 1 Дж. Найдите изменение потенциальной энергии этой пружины при увеличении деформации еще на 1 см.

О т в е т: _____ Дж

3.35. Груз изображенного на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются кинетическая энергия груза маятника, скорость груза и жесткость пружины при движении груза маятника от точки 2 к точке 1?

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.

Кинетическая энергия груза маятника	Скорость груза	Жесткость пружины

3.36. Пластилиновый шар налетает на неподвижную тележку, прикрепленную к невесомой пружине, и прилипает к ней (см. рисунок). Что происходит с величинами, характеризующими систему тел «шар + тележка», в ходе процесса соударения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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



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

Механическая энергия системы тел	Импульс системы тел	Полная энергия системы тел

3.37. Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. Выберите два верных утверждения об изменениях энергии спутника.

- 1) Потенциальная и полная механическая энергия спутника достигают максимальных значений в точке минимального удаления от Земли.
- 2) Потенциальная и полная механическая энергия спутника достигают максимальных значений в точке максимального удаления от Земли.

- 3) Потенциальная энергия достигает максимального значения в точке максимального удаления от Земли, полная механическая энергия спутника неизменна.
- 4) Потенциальная энергия достигает максимального значения в точке минимального удаления от Земли, полная механическая энергия спутника неизменна.
- 5) Кинетическая энергия спутника достигает максимального значения в точке минимального удаления от Земли.

Ответ:

--	--

3.38. В результате перехода спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода потенциальная энергия спутника в поле тяжести Земли, модуль его импульса на орбите и период обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Потенциальная энергия	Модуль импульса на орбите	Период обращения вокруг Земли

Тематический блок № 4 «Механические колебания и волны»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания включает по данным темам следующие понятия и законы.

1. Кинематическое описание гармонических колебаний. Связь амплитуды колебаний координаты с амплитудами колебаний её скорости и ускорения.

$$x = X_m \cos(\omega t + \varphi_0);$$

$$v_x = x' = -\omega X_m \sin(\omega t + \varphi_0);$$

$$a_x = x'' = -\omega^2 X_m \cos(\omega t + \varphi_0),$$

где x – отклонение от положения равновесия; $X_m = A$ – амплитуда и $(\omega t + \varphi_0)$ – фаза колебаний; $\omega = 2\pi/T$ – циклическая частота; T – период колебаний; v_x – проекция скорости; $a_x = v'_x$ – проекция ускорения на ось Ox с началом в положении равновесия

2. Динамическое описание гармонических колебаний

$$ma_x = -kx,$$

где $k = m\omega^2$; k – коэффициент определяющий равнодействующую сил, пропорциональную отклонению тела от положения равновесия (в простейшем случае горизонтального пружинного маятника k – жесткость пружины)

3. Энергетическое описание (закон сохранения механической энергии в ходе колебаний)

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \text{const.}$$

4. Период T и частота $\nu = 1/T$ малых свободных колебаний маятников:

– математического

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}};$$

– пружинного

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

5. Вынужденные колебания. Резонанс. Резонансная кривая.

6. Поперечные и продольные волны. Скорость распространения и длина волны

$$\lambda = vT$$

(T -период колебаний физической величины в гармонической волне). Интерференция и дифракция волн.

7. Звук. Скорость звука, длина звуковой волны и период колебаний давления (плотности среды) в звуковой волне.

Требуется определять численное значение периода, частоты, циклической частоты, амплитуды колебаний, амплитуды скорости и ускорения по графику, табличным данным или по алгебраическому выражению кинематического описания колебаний. Использовать энергетическое описание колебаний для вычисления максимальной скорости колебаний по амплитуде колебаний при известных параметрах колебательной системы, анализировать, что произойдет с той или иной характеристикой колебаний при изменении параметров колебательной системы. Наиболее сложной задачей темы является получение зависимости периода колебаний сложной колебательной системы (заряженный шарик на нити в однородном электрическом поле, поплавков на поверхности жидкости и т.п.), используя метод аналогий. Для этого используется динамическое описание колебательной системы и из второго закона Ньютона получается выражение, аналогичное для периода колебаний пружинного или нитяного маятника. Например:

Полый металлический шарик массой 3 г подвешен на шелковой нити длиной 50 см над положительно заряженной плоскостью, создающей однородное электрическое поле напряженности $2 \cdot 10^6$ В/м. Электрический заряд шарика отрицателен и по модулю равен $6 \cdot 10^{-8}$ Кл. Определите циклическую частоту свободных гармонических колебаний данного маятника.

Возможное решение

Шарик будет двигаться под действием силы натяжения нити, силы тяжести и постоянной электростатической силы притяжения плоскостью, равное qE . Такое движение эквивалентно движению под действием силы тяжести, равной

$$m\left(g + \frac{qE}{m}\right),$$

то есть движению с изменившимся ускорением свободного падения

$$g_{\text{эфф}} = \left(g + \frac{qE}{m}\right).$$

Как известно, такое движение шарика – это гармонические колебания. Если при движении под действием силы тяжести mg , шарик движется с периодом колебаний

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

то под действием увеличенной силы

$$T_{\text{эфф}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_{\text{эфф}}}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g + \frac{qE}{m}}}.$$

Таким образом, искомая циклическая частота колебаний

$$\omega = \frac{2\pi}{T_{\text{эфф}}} = \sqrt{\frac{g + \frac{qE}{m}}{l}} = \sqrt{\frac{10 + \frac{6 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^{-3}}}{0,5}} \approx 10 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

При анализе механических волн (на поверхности воды или звуковых) следует определить длину волны, частоту колебаний или скорость волны по словесному описанию или графическому изображению изменения этих физических величин. Для звуковой волны важно знать, что частота колебаний определяет высоту тона (чем больше частота, тем выше звук), а амплитуда волны – громкость звука, пропорциональную энергии, переносимой волной.

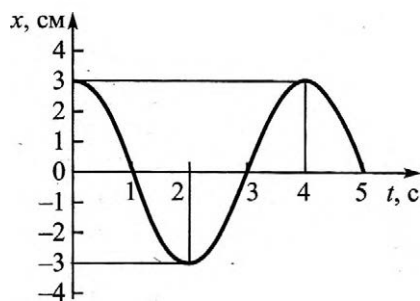
4.1. При гармонических колебаниях пружинного маятника координата груза

$$x(t) = A \sin\left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi_0\right).$$

Изменение координаты с течением времени t показано на рисунке. Чему равны период T и амплитуда колебаний A маятника?

Ответ:

Период, с	Амплитуда, см



В бланк ответов записываются два числа без пробелов.

4.2. Скорость тела, совершающего гармонические колебания, меняется с течением времени в соответствии с уравнением $v = 3 \cdot 10^{-2} \sin 2\pi t$, где все величины выражены в СИ. Чему равна амплитуда колебаний скорости?

Ответ: _____ м/с

4.3. Если увеличить массу горизонтального пружинного маятника, то как изменятся 3 величины: период его колебаний, их частота, период изменения его потенциальной энергии?

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	Частота колебаний	Период изменения потенциальной энергии

4.4. На гладком горизонтальном столе пружинный маятник совершает свободные незатухающие колебания. Затем пружину заменяют на пружину большей жёсткости, а амплитуду колебаний оставляют неизменной. Как изменятся при этом три величины: период колебаний, максимальная потенциальная энергия маятника, его максимальная кинетическая энергия?

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 потенциальная энергия маятника	Максимальная кинетическая энергия маятника

4.5. Подвешенный на пружине груз совершает вынужденные гармонические колебания под действием силы, меняющейся с частотой ν . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими этот процесс, и частотой их изменения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические величины	Частота изменения, характеризующая процесс
А) Кинетическая энергия груза	1) $(1/2)\nu$
Б) Скорость груза	2) ν
В) Потенциальная энергия пружины	3) 2ν

Ответ:

А	Б	В

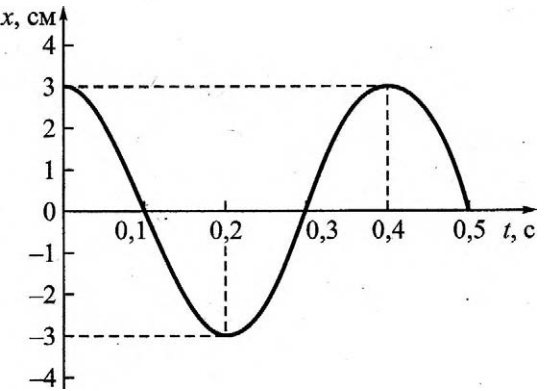
4.6. На рисунке приведен график зависимости координаты груза массой 200 г, который колеблется на вертикальной пружине.

Выберите два правильных утверждения из приведенных.

- 1) Начало координат системы отсчета расположено в точке подвеса пружины.
2) В момент начала отсчета длина пружины равна 3 см.
3) В момент времени 0,2 с кинетическая энергия груза максимальна.
4) Жесткость пружины равна примерно 50 Н/м.
5) В момент времени 0,3 с груз движется с максимальной скоростью.

Ответ:

--	--



4.7. Материальная точка совершает гармонические колебания. Координаты точки в определенной системе отсчета приведены в таблице.

$t, \text{ с}$	0	0,157	0,314	0,471	0,628	0,785	0,942	1,10
$x, \text{ см}$	6	3	0	3	6	3	0	3

Какова максимальная скорость движения точки в этой системе отсчета?

О т в е т: _____ м/с

4.8. Пружинный маятник совершает гармонические колебания. Значение координат груза в выбранной системе координат в определенные моменты времени показаны в таблице.

$t, \text{ с}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
$x, \text{ см}$	0	2	4	2	0	-2	-4	-2	0	2	4	0

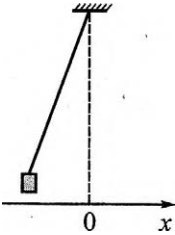
Выберите два верных утверждения из приведенных ниже.

- 1) Амплитуда колебаний равна 2 см.
- 2) Потенциальная энергия пружины в момент времени 0,8 с максимальна.
- 3) Период колебаний шарика равен 0,8 с.
- 4) Кинетическая энергия шарика в момент времени 0,6 с максимальна.
- 5) Максимальная скорость груза равна примерно 0,31 м/с.

О т в е т:

--	--

4.9. Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.



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

Графики	Физические величины
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>А</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Б</p> </div> </div>	1) Координата x 2) Проекция скорости v_x 3) Кинетическая энергия E_k 4) Потенциальная энергия E_p

О т в е т:

А	Б

4.10. Груз горизонтального пружинного маятника скользит по горизонтальной плоскости. Его координата изменяется со временем по закону $x(t) = A \sin \omega t$. Как зависят от времени кинетическая энергия груза и проекция равнодействующей всех сил, действующих на груз?

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их изменения во времени.

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

Физическая величина	Формулы
А) кинетическая энергия груза $E_k(t)$	1) $-kA \sin \omega t$
Б) проекция $F_x(t)$ равнодействующей силы на ось x	2) $-kA^2 \sin^2 \omega t$
	3) $kA^2 \sin \omega t$
	4) $\frac{kA^2}{2} \cos^2 \omega t$

Ответ:

А	Б

4.11. Груз на пружине массой 200 г движется вдоль горизонтальной оси Ox , так, что его координата изменяется во времени по закону $x(t) = 0,03 \cdot \cos(10t)$ (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимости от времени.

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

Физическая величина	Формулы
А) потенциальная энергия пружины $E_{\text{п}}(t)$	1) $0,6 \sin^2(10t)$
Б) импульс тела $p_x(t)$	2) $9 \cdot 10^{-3} \cos^2(10t)$
	3) $-0,06 \sin(10t)$
	4) $0,09 \cos(20t)$

Ответ:

А	Б

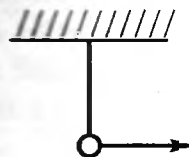
4.12. Шарик, подвешенный на нити, отклоняют влево и отпускают. Через какое время кинетическая энергия шарика будет максимальной, если период колебаний равен 1 с?

Ответ: _____ с

4.13. Пружинный и математический маятники имеют одинаковые частоты колебаний. Длину математического маятника сократили в 4 раза, затем массу груза пружинного маятника изменили так, чтобы частоты колебаний опять выровнялись. Чему равно отношение конечной массы груза пружинного маятника к начальной?

Ответ: _____

4.14. Шарику на нити длиной L , находящемуся в положении равновесия, сообщили небольшую горизонтальную скорость v_0 (см. рисунок). Шарик поднялся на максимальную высоту h , при этом нить отклонилась на угол α от вертикали.



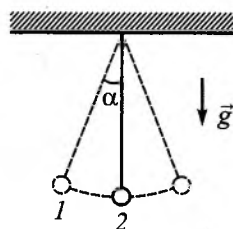
Установите соответствие между величинами, упомянутыми в условии задачи.

Рассчитываемые величины	Формулы для расчета
А) Высота h Б) Косинус угла отклонения нити $\cos \alpha$	1) $\frac{v_0^2}{2g}$; 2) $L - \frac{v_0^2}{g}$; 3) $\frac{v_0^2}{2gL}$; 4) $1 - \frac{v_0^2}{2gL}$

Ответ:

А	Б

4.15. Шарик массы m на нити отклоняют на угол α (в положение 1) и отпускают без начальной скорости. Установите соответствие между силами натяжения нити в положениях 1 и 2 и формулами для расчета каждой из них.

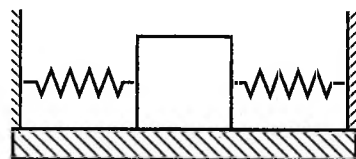


Сила натяжения нити	Формулы для расчета
А) T_1 (в положении 1) Б) T_2 (в положении 2)	1) mg 2) $mg \cos \alpha$ 3) $mg \sin \alpha$ 4) $mg(1 - \cos \alpha)$ 5) $mg(3 - 2 \cos \alpha)$

Ответ:

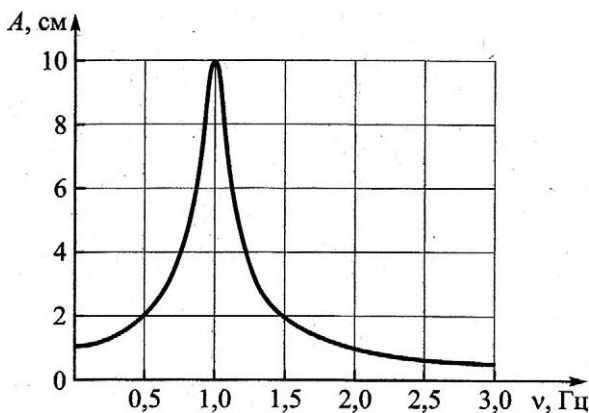
А	Б

4.16. Тело массой $m = 1$ кг заключено между двумя пружинами $k_1 = 10$ Н/м и $k_2 = 6$ Н/м (см. рисунок). Чему равен период свободных колебаний тела при отсутствии трения тела о подставку?



Ответ: _____ с

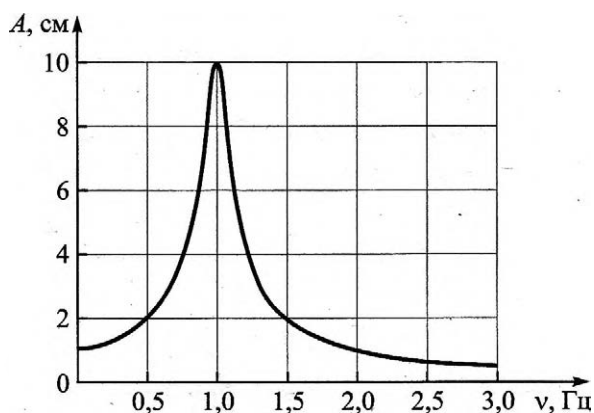
4.17. Резонансная кривая (зависимость амплитуды установившихся гармонических колебаний маятника от частоты вынуждающей силы) показана на рисунке. Чему равно отношение максимальной скорости маятника при воздействии на маятник вынуждающей силы, меняющейся по гармоническому закону с частотой 1,5 Гц, к максимальной скорости при воздействии силы, меняющейся с частотой 0,5 Гц?



Ответ: _____

4.18. На рисунке представлена резонансная кривая – зависимость амплитуд установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы. Чему равно отношение амплитуд установившихся вынужденных колебаний при частотах колебаний вынуждающей силы 0,5 и 1,0 Гц?

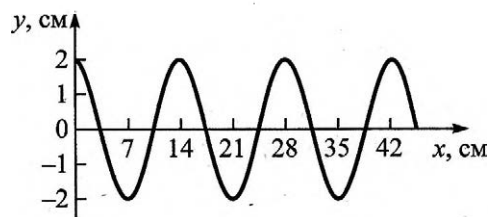
Ответ: _____



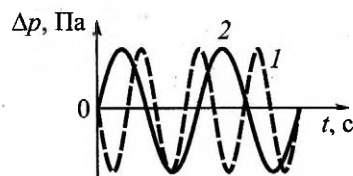
4.19. По поверхности воды бежит волна, профиль которой показан на рисунке.

Чему равна длина волны?

Ответ: _____ см



4.20. При подаче на динамик электрических сигналов разной частоты в воздухе с помощью микрофонов, расположенных рядом, зарегистрированы два сигнала. На их основе получены графики изменения давления воздуха вблизи микрофонов от времени (см. рис.) при распространении звуковых волн, издаваемых динамиками. Выберите два верных утверждения о звуковых волнах, издаваемых динамиком в 1 и 2 случаях.

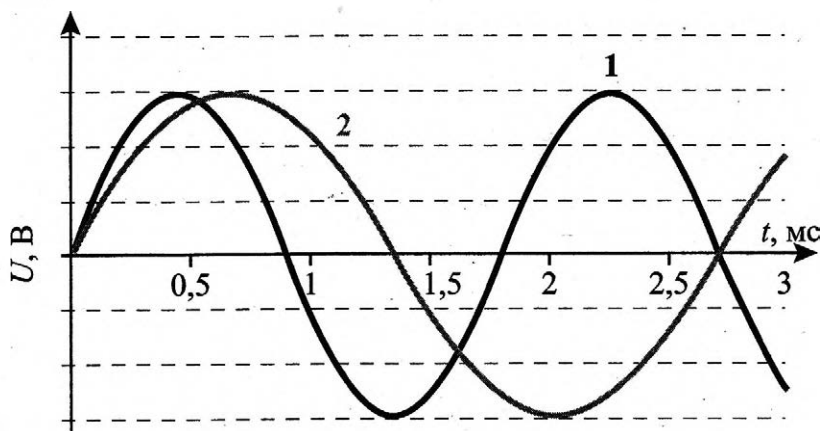


- 1) Амплитуда волны для 1 и 2 случаев одинакова; высота тона звука для 1 случая больше.
- 2) Высота тона звука для 1 и 2 случаев одинакова; амплитуда волны в случае 1 меньше, чем в случае 2.
- 3) Амплитуда и высота тона звуковой волны одинаковы для 1 и 2 случаев.
- 4) Амплитуда и высота тона звуковой волны различны для 1 и 2 случаев.
- 5) Скорости распространения звука одинаковы для 1 и 2 случаев.

Ответ:

--	--

4.21. На рисунке показаны электрические сигналы, зафиксированные с помощью микрофона в двух экспериментах (1 и 2). Снимаемое с микрофона напряжение пропорционально изменению давления (по отношению к атмосферному) воздуха около микрофона. Выберите два верных утверждения на основании анализа полученных сигналов.



- 1) Громкость звука в обоих случаях одинакова.
- 2) Громкость звука в опыте 2 выше, чем в опыте 1.
- 3) Высота тона звука в опыте 2 выше, чем в опыте 1.
- 4) Длина звуковой волны в опыте 2 больше, чем в опыте 1.
- 5) Частота колебаний давления воздуха вблизи микрофона в опыте 2 больше, чем в опыте 1.

О т в е т:

--	--

4.22. Частота колебаний струны равна 500 Гц. Скорость звука в воздухе 340 м/с. Чему равна длина звуковой волны, издаваемой струной?

О т в е т: _____ м

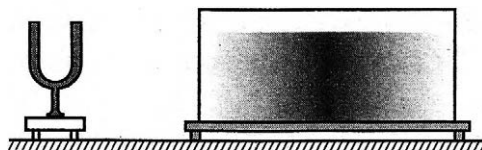
4.23. Мужской голос баритон занимает частотный интервал от $\nu_1 = 100$ Гц до $\nu_2 = 400$ Гц. Чему равно отношение длин звуковых волн λ_1/λ_2 , соответствующих границам этого интервала?

О т в е т: _____

4.24. Длина звуковой волны, испускаемой динамиком, равна 0,33 м. Какова частота колебаний мембраны динамика, если скорость звука в воздухе 330 м/с?

О т в е т: _____ Гц

4.25. На демонстрационном столе в кабинете физики стоят камертон на 440 Гц и аквариум с водой. Учитель ударил молоточком по ножке камертона.



Как изменятся скорость звуковой волны, частота колебаний и длина волны при переходе звука из воздуха в воду?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Скорость звуковой волны	Частота колебаний	Длина волны

Тематический блок № 5
«Молекулярная физика и газовые законы»

Ученику на заметку

Данный тематический блок включает в себя рассмотрение понятий сразу двух разделов Кодификатора элементов содержания. В вариантах КИМ представления по этим разделам часто перемешаны. Согласно Кодификатору требуется выполнение заданий, требующих знания следующих понятий.

1. Модели строения газов, жидкостей и твердых тел. Тепловое движение атомов и молекул вещества. Моль, молярная масса μ , масса молекулы $m_0 = \mu/N_A$, количество вещества. Диффузия. Броуновское движение. Взаимодействие частиц вещества. Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, кипение жидкости, плавление и кристаллизация.

2. Модель идеального газа в МКТ. Концентрация молекул $n = N/V$. Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного теплового движения молекул иде-

ального газа (основное уравнение МКТ $p = \frac{1}{3} n m_0 \overline{v_{\text{кв}}^2} = \frac{2}{3} n \overline{\epsilon_{\text{пост}}}$)

3. Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n.$$

4. Уравнение Менделеева –Клапейрона

$$pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}.$$

5. Связь абсолютной температуры газа ($T = t^\circ + 273 \text{ K}$) со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц

$$\overline{\epsilon_{\text{пост}}} = \left(\frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \right) = \frac{3}{2} kT.$$

Уравнение $p = nkT$.

6. Изопроцессы в разреженном газе с постоянным числом частиц N (с постоянным количеством вещества ν): изотерма ($T = \text{const}$), изохора ($V = \text{const}$), изобара ($p = \text{const}$). Графическое представление изопроцессов на pV -, pT - и VT -диаграммах
Ниже представлены различные формы заданий по данным темам.
-

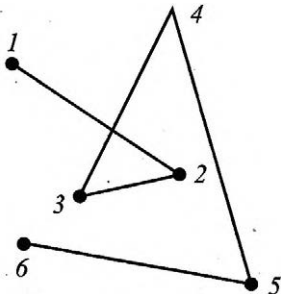
5.1. В стакан с теплой водой бросают кристаллики красителя и наблюдают процесс окрашивания воды. Поставьте в соответствие описания и названия этапов процесса, благодаря которым, в основном, объясняется наблюдаемое явление.

Описание	Название
А) После падения кристаллов на дно по центру стакана медленно поднимаются полосы окрашенной жидкости, которые затем опускаются вдоль стенок	1) Растворение 2) Диффузия 3) Конвекция
Б) В течение нескольких дней зона сильно окрашенной жидкости вблизи дна стакана размывается и вода оказывается равномерно окрашенной	4) Броуновское движение 5) Испарение

О т в е т:

А	Б

5.2. Выберите два верных утверждения. На рисунке показаны положения броуновской частицы в жидкости с интервалом времени 120 с. О движении частицы из положения 4 в положение 5 в течение 120 с можно сказать, что:



- 1) частица двигалась обязательно равномерно и прямолинейно;
- 2) частица двигалась равноускоренно;
- 3) частица совершала гармонические колебания между точками 4 и 5;
- 4) частица двигалась по ломаной линии с концами в точках 4 и 5;
- 5) частица могла колебаться вокруг точки 4, а затем переместиться к точке 5.

О т в е т:

--	--

5.3. Выберите два верных утверждения из приведенного списка. Частицы газа находятся в среднем на таких расстояниях друг от друга, при которых силы притяжения между ними незначительны. Это объясняет:

- 1) распространение в газе звуковых волн;
- 2) способность газов к неограниченному расширению;
- 3) большую скорость частиц газа;
- 4) значение скорости звука в газе;
- 5) увеличение давления в 2 раза при увеличении числа частиц в сосуде вдвое.

О т в е т:

--	--

5.4. Некоторое вещество массой m и молярной массой μ содержит N молекул. Установите соответствие между физическими величинами и формулами для их вычисления.

Физическая величина	Формула для вычисления
А) Количество вещества	1) m/N
Б) Масса молекулы	2) μ/m
	3) $m\mu$
	4) m/μ

О т в е т:

А	Б

5.5. Объём сосуда с идеальным газом уменьшили вдвое, выпустив половину газа и поддерживая температуру газа в сосуде постоянной. Как изменились в результате этого давление газа в сосуде и его плотность?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Давление газа	Плотность газа

5.6. Давление идеального газа p . Если в данном объеме скорость каждой молекулы газа увеличилась в 2 раза, а концентрация молекул осталась без изменения, то давление стало равным kp . Чему равно k ?

О т в е т: _____

5.7. Средняя кинетическая энергия молекул одноатомного идеального газа равна E_0 . При увеличении абсолютной температуры от 400 К до 800 К она стала равна kE_0 . Чему равно k ?

О т в е т: _____

5.8. Концентрация молекул разреженного одноатомного газа уменьшилась в 3 раза. Давление газа при этом возросло в 2 раза. Каково отношение ϵ_2/ϵ_1 средних энергий теплового движения молекул газа до (ϵ_1) и после (ϵ_2) этих изменений?

О т в е т: _____

5.9. Температура гелия в сосуде 227 °С. В результате охлаждения идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 2 раза. Какой стала абсолютная температура гелия?

О т в е т: _____ К

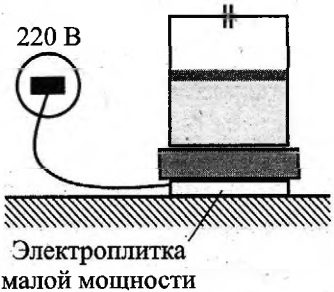
5.10. В ходе эксперимента давление разреженного газа в сосуде снизилось в 5 раз, а средняя энергия теплового движения его молекул увеличилась в 2 раза. Чему равно отношение начальной концентрации к конечной концентрации молекул газа в сосуде?

О т в е т: _____

5.11 Концентрация атомов гелия, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, увеличилась в 6 раз. Давление газа при этом возросло в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась при этом средняя энергия теплового движения атомов гелия?

О т в е т: в _____ раз(-а)

5.12. Воздух медленно нагревают в цилиндре под поршнем. При этом часть цилиндра, находящаяся над поршнем, сообщается с атмосферой. В одном случае поршень может скользить с очень малым трением. Во втором – поршень жестко закреплен на месте. Поставьте в соответствие каждому случаю уравнение, которое точнее всего описывает процесс, происходящий при этом с воздухом под поршнем.



Описание процесса	Уравнение, соответствующее процессу
А) Поршень может перемещаться без трения Б) Поршень жестко закреплен на месте	1) $T/p = \text{const}$ 2) $Tp = \text{const}$ 3) $V/p = \text{const}$ 4) $V/T = \text{const}$

О т в е т:

А	Б

5.13. Давление 3 моль водорода в сосуде при температуре 300 К равно 300 кПа. Каково давление 1 моля водорода в этом сосуде при вдвое большей температуре?

О т в е т: _____ кПа

5.14. В стеклянный сосуд закачивают воздух, одновременно нагревая его. При этом абсолютная температура воздуха в сосуде повысилась в 4 раза, а его давление возросло в 5 раз. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?

О т в е т: _____

5.15. В цилиндрическом сосуде объемом 10 л находится идеальный газ, давление которого $5 \cdot 10^5$ Па и температура 300 К. Объем сосуда можно изменять при помощи поршня. Каким должен стать объем газа при неизменной температуре, чтобы давление уменьшилось до $2,5 \cdot 10^5$ Па?

О т в е т: _____ л

5.16. В баллоне объемом $1,66 \text{ м}^3$ находится 2 кг молекулярного кислорода при давлении 100 кПа. Какова температура кислорода? Ответ округлить до целых.

О т в е т: _____ К

5.17. Объем 1 моль водорода в сосуде при температуре T_0 и давлении p_0 равен 20 л. Каков объем 3 моль водорода при том же давлении и вдвое большей температуре?

О т в е т: _____ л

5.18. Абсолютную температуру идеального газа увеличили в 2 раза, выпустив из сосуда постоянного объема половину газа. Как в результате таких изменений температуры и массы изменились давление газа в сосуде и плотность газа?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Давление газа	Плотность газа

5.19. Абсолютная температура и объем одного моля идеального газа увеличились в 3 раза. На сколько процентов изменилось при этом давление газа?

О т в е т: _____ %

5.20. В одном из опытов стали нагревать воздух в сосуде постоянного объема. При этом температура воздуха в сосуде повысилась в 3 раза, а его давление возросло в 2 раза. Оказалось, что кран у сосуда был закрыт плохо, и через него просачивался воздух. Во сколько раз уменьшилась масса воздуха в сосуде?

О т в е т: в _____ раз

5.21. При переходе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 абсолютная температура газа в сосуде увеличилась в 1,5 раза, а давление при этом возросло втрое. Каково отношение концентрации молекул газа n_1/n_2 в первом и втором состояниях?

О т в е т: _____

5.22. Закрытый сосуд переменного объёма заполнен воздухом и соединён с манометром. Объём сосуда медленно увеличивают, сохраняя давление воздуха в нём постоянным. Как изменяются при этом плотность воздуха в сосуде и его температура?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения

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

Температура воздуха в сосуде	Плотность воздуха в сосуде

5.23. Температура идеального газа T_1 , объем V_1 , давление p_1 . При осуществлении процесса, описываемого выражением $pV^2 = \text{const}$, объем газа стал $V_2 = 2V_1$. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими конечное состояние, и формулами для их вычисления.

Физическая величина	Формула для вычисления
<div>А) p_2</div> <div>Б) T_2</div>	<div>1) $p_1/2$</div> <div>2) $2p_1$</div> <div>3) $p_1/4$</div> <div>4) $T_1/2$</div> <div>5) $2T_1$</div> <div>6) $T_1/4$</div>

О т в е т:

А	Б

5.24. На высоте 200 км давление воздуха составляет примерно 10^{-9} от нормального атмосферного давления, а температура воздуха T – примерно 1200 К. Какова плотность воздуха на этой высоте, если плотность воздуха при нормальном атмосферном давлении и температуре 300 К составляет $1,3 \text{ кг/м}^3$?

О т в е т: _____ мкг/м^3

5.25. В сосуде объемом V находится ν молей гелия. Давление газа – p , средняя кинетическая энергия молекул – $\bar{\epsilon}_k$. Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих состояние газа.

Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

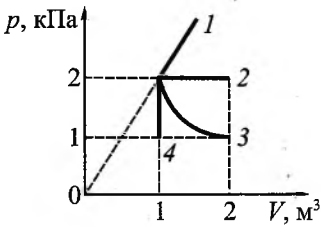
Формулы	Физические величины
А) $\frac{3pV}{2N_A \bar{\epsilon}_k}$ Б) $\frac{2\nu N_A \bar{\epsilon}_k}{3p}$	1) Температура 2) Количество вещества 3) Объем 4) Давление

Ответ:

А	Б

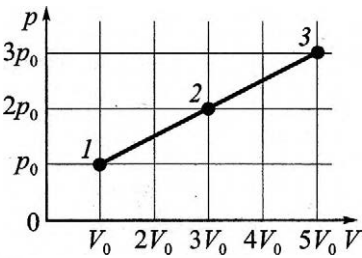
5.26. Какой из графиков, изображенных на рисунке, соответствует процессу, проведенному при постоянной температуре газа?

Ответ:

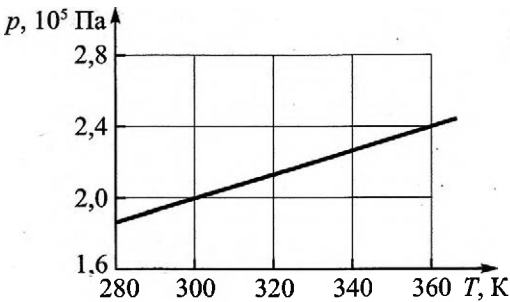


5.27. На рисунке показан график процесса, проведенного над 1 молем идеального газа. Найдите отношение температур T_3/T_2 .

Ответ:



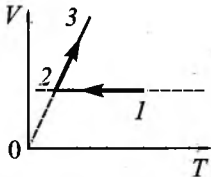
5.28. На рисунке показан график изменения давления 16 моль газа при изохорном нагревании. Каков объем этого газа? Ответ округлить до десятых.



Ответ:

 м³

5.29. На V/T -диаграмме представлена зависимость объема идеального газа постоянной массы от абсолютной температуры. Поставьте в соответствие участок процесса и характер изменения давления на этом участке.

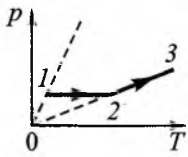


Участок процесса	Характер изменения давления
А) Участок 1–2 Б) Участок 2–3	1) Увеличивается 2) Уменьшается 3) Не изменяется

Ответ:

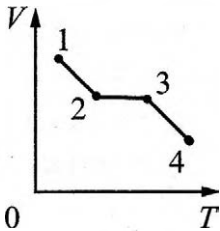
А	Б

5.30. На pT -диаграмме представлена зависимость давления постоянной массы идеального газа от абсолютной температуры. На участке 1–2 температура газа увеличилась в 3 раза, а на участке 2–3 в 2 раза. Каким стал конечный объем газа, если в состоянии 1 его объем составлял 200 мл?



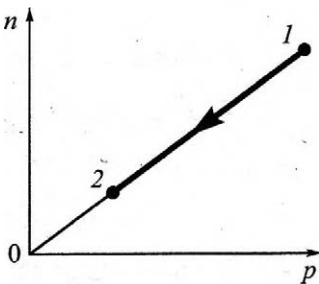
Ответ: _____ мл

5.31. С 1 молем идеального газа реализован процесс 1-2-3-4 (см. диаграмму на рисунке). Укажите на диаграмме точку, в которой давление газа максимально?



Ответ: _____

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



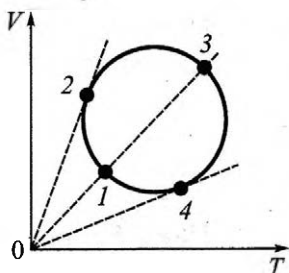
Что происходит с плотностью газа и его температурой при переходе из состояния 1 в состояние 2?

- 1) Увеличивается.
- 2) Уменьшается.
- 3) Не изменяется.

Запишите в таблицу цифры, соответствующие характеру изменения физических величин.

Плотность газа	Температура газа

5.33. Зависимость объёма идеального газа от температуры показана на VT -диаграмме (см. рисунок). В какой из точек давление газа максимально? Масса газа постоянна.



Ответ: _____

5.34. Поршень массой 2,0 кг в открытом вертикально стоящем цилиндрическом сосуде с площадью основания 40 см² находится в равновесии, когда столб воздуха под ним имеет высоту 60 см. На сколько опустится поршень, если на него поставить гирю массой 10 кг и подождать достаточно длительное время? Атмосферное давление равно 95 кПа.

Ответ: на _____ см

Тематический блок № 6

«Термодинамика идеального газа»

Ученику на заметку

Данный тематический блок включает в себя рассмотрение понятий сразу двух разделов Кодификатора элементов содержания. В вариантах КИМ представления по этим разделам часто перемешаны. Согласно Кодификатору требуется выполнение заданий, требующих знания следующих понятий:

1. Модель идеального газа в термодинамике. Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \nu c_v T.$$

2. Тепловое равновесие и температура. Теплопередача как способ изменения внутренней энергии без совершения работы. Количество теплоты.
3. Элементарная работа в термодинамике:

$$A = p \Delta V.$$

Вычисление работы по графику процесса на pV -диаграмме.

4. Первый закон термодинамики

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$$

и его применение к изопроцессам над идеальным газом. Адиабата ($Q_{12} = 0 \Rightarrow A_{12} = U_1 - U_2$). Термодинамика произвольных процессов над газом. Циклический процесс ($\Delta U = 0$, $A_{\text{за цикл}} = Q_{\text{получ}} - Q_{\text{отд}}$, вычисление работы по площади цикла на pV -диаграмме).

5. Принципы действия тепловых машин. Нагреватель, холодильник, рабочее тело тепловой машины. КПД тепловых машин

$$\eta = \frac{A_{\text{за цикл}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} - |Q_{\text{хол}}|}{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{|Q_{\text{хол}}|}{Q_{\text{нагр}}}$$

Цикл Карно. Максимальное значение КПД при заданных температурах нагревателя и холодильника

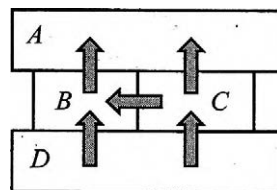
$$\max \eta = \eta_{\text{Карно}} = \frac{T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{T_{\text{хол}}}{T_{\text{нагр}}}.$$

Второй закон термодинамики, необратимость.

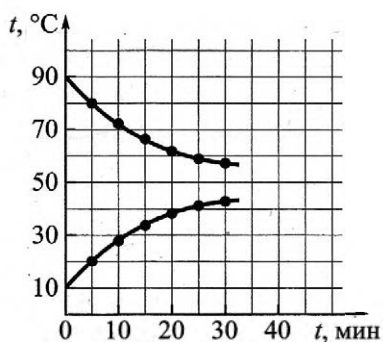
Ниже представлены различные формы заданий по данным темам.

6.1. 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°C , 80°C , 60°C , 40°C . Какую температуру имеет брусок С?

О т в е т: _____



6.2. Во внешний стакан калориметра была налита горячая вода, во внутренний – холодная (см. рисунок). Ученик начал строить графики зависимости температуры горячей и холодной воды от времени. Чему будет равна температура горячей и холодной воды в конце урока?



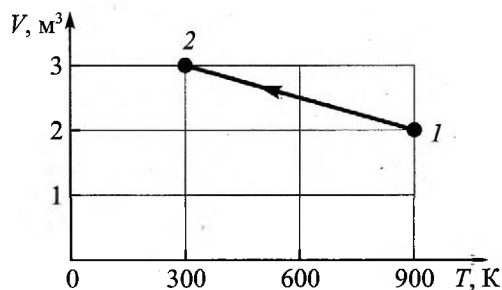
Температура горячей воды, °C	Температура холодной воды, °C

В бланк ответов в этом случае нужно вписать два числа подряд без пробела.

6.3. Идеальный газ совершил работу 400 Дж и при этом его внутренняя энергия увеличилась на 100 Дж. Чему равно количество теплоты, которое получил газ в этом процессе? Если газ отдал определенное количество теплоты, то запишите ответ со знаком «минус».

О т в е т: _____ Дж

6.4. На рисунке показан график зависимости объёма одноатомного идеального газа от температуры при постоянной массе. Давление газа в состоянии 1 равно 100 кПа. Чему равно изменение внутренней энергии газа при переходе из состояния 1 в состояние 2?



О т в е т: _____ кДж

6.5. Газ в цилиндре получает от нагревателя количество теплоты, равное 15 кДж и совершает работу 20 кДж. Чему равно изменение внутренней энергии в этом процессе?

О т в е т: _____ кДж

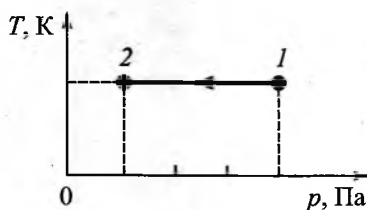
6.6. Одноатомный идеальный газ неизменной массы в изотермическом процессе совершает работу $A > 0$. Как меняются в этом процессе объем, давление и внутренняя энергия газа? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

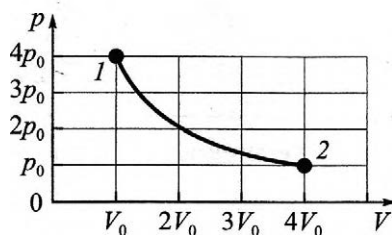
Объем газа	Давление газа	Внутренняя энергия газа

6.7. На Tp -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ получил количество теплоты 4 кДж. Чему равна работа, совершенная внешними силами?



Ответ: _____ кДж

6.8. На графике показана зависимость давления одноатомного идеального газа от его объёма. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершил работу, равную 5 кДж. Чему равно количество теплоты, полученное газом при этом переходе?



Ответ: _____ кДж

6.9. Два моля аргона изотермически сжимают в сосуде с подвижным поршнем. Как зависит давление газа и его внутренняя энергия в этом процессе от его объёма V , если в начале процесса давление газа равно p_0 , а его объём равен V_0 ? Установите соответствие между физическими величинами и формулами, отражающими эту зависимость.

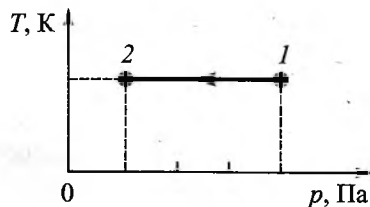
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физическая величина	Формула для вычисления
А) давление газа $p(V)$	1) $\frac{3}{2} p_0 V_0$
Б) внутренняя энергия газа $U(V)$	2) $\frac{2}{3} \frac{p_0 V_0}{V}$
	3) $\frac{p_0 V_0}{V}$
	4) $\frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0}$

Ответ:

А	Б

6.10. Одноатомный идеальный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. рис.). В ходе процесса газ получает количество теплоты 3 кДж. Чему равна работа, совершенная газом?



Ответ: _____ кДж

6.11. В процессе расширения 1 моль разреженного гелия его внутренняя энергия остаётся неизменной. Как изменяются при этом температура гелия, его давление и объём?

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.

Температура гелия	Давление гелия	Объём гелия

6.12. Объём сосуда с идеальным газом уменьшили вдвое, при этом выпустив половину газа и поддерживая температуру газа в сосуде постоянной. Как изменились в результате плотность газа и внутренняя энергия газа в сосуде?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

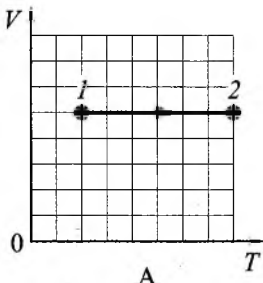
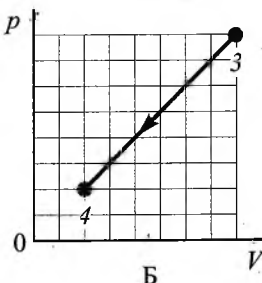
- 1) увеличилась; 2) уменьшилась; 3) не изменилась.

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

Плотность	Внутренняя энергия

6.13. На рисунках приведены графики А и Б двух процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 моль гелия. Графики построены в координатах V – T и p – V , где p – давление; V – объём и T – абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

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

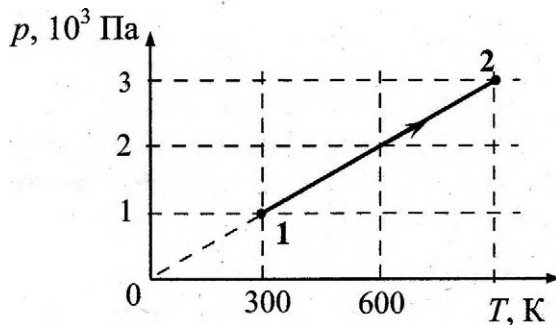
Графики	Утверждения
 А	 Б
	1. Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается 2. Над газом совершают работу, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты 3. Газ получает положительное количество теплоты и совершает работу 4. Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается

Ответ:

А	Б

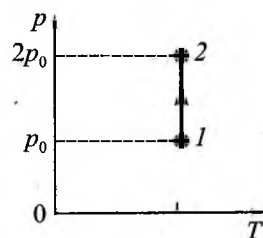
6.14. Неизменная масса гелия нагревалась так, что давление газа менялось в соответствии с диаграммой, показанной на рисунке. Если при переходе из состояния 1 в состояние 2 газ получил количество теплоты, равное 20 кДж, то на сколько килоджоулей возросла его внутренняя энергия?

Ответ: _____ кДж



6.15. На pT -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ отдаёт 50 кДж теплоты. Чему равна работа внешних сил?

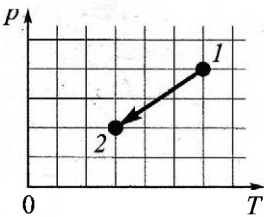
Ответ: _____ Дж



6.16. Идеальный одноатомный газ находится в сосуде объемом $0,6\text{ м}^3$ с жесткими стенками. При нагревании его внутренняя энергия увеличилась на 18 кДж . Чему равно изменение давления газа?

О т в е т: _____ кПа

6.17. Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как поведут себя давление газа, его объем и внутренняя энергия в ходе указанного на диаграмме процесса? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

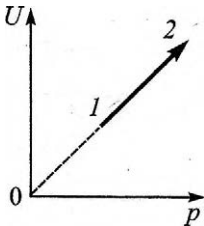


- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

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

Давление газа	Объем газа	Внутренняя энергия газа

6.18. На рисунке показан процесс изменения состояния одного моля одноатомного идеального газа (U – внутренняя энергия газа; p – его давление). Как изменяются в ходе этого процесса объём и абсолютная температура газа? 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.

Объём газа	Температура газа

6.19. Одноатомный идеальный газ в количестве 6 моль поглощает количество теплоты Q . При этом температура газа повышается на 20 К . Работа, совершаемая газом в этом процессе, равна 1 кДж . Чему равно количество теплоты, поглощённое газом? Ответ округлить до десятых.

О т в е т: _____ кДж

6.20. Четыре моль одноатомного идеального газа находятся в герметичном закрытом сосуде постоянного объёма ($V = 83,1\text{ л}$). Газ начинают охлаждать. Как зависят от температуры внутренняя энергия газа $U(T)$ и его давление $p(T)$? Установите соответствие между названиями физических величин, меняющихся в процессе, и формулами, выражающими их зависимость от абсолютной температуры T газа (все значения величин в формулах указаны в единицах СИ).

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

Физическая величина	Формула для вычисления
А) внутренняя энергия газа $U(T)$	1) $\frac{400}{T}$
Б) давление газа $p(T)$	2) $49,86T$
	3) $400T$
	4) $\frac{49,86}{T}$

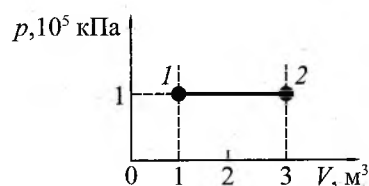
Ответ:

А	Б

6.21. При изобарном нагревании одноатомный идеальный газ получил количество теплоты, равное 100 Дж. Каково изменение внутренней энергии газа, если его масса не менялась?

Ответ: _____ Дж

6.22. На рисунке представлен график зависимости давления идеального одноатомного газа от его объема. Газ получил 500 кДж теплоты. На сколько при этом увеличилась внутренняя энергия газа?

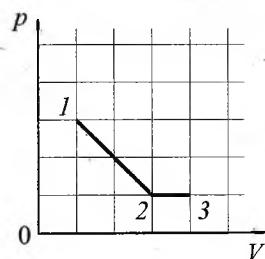


Ответ: _____ кДж

6.23. В результате изобарного сжатия гелия внешние силы совершили работу 400 Дж. Какое количество теплоты было передано от газа окружающим телам при таком сжатии?

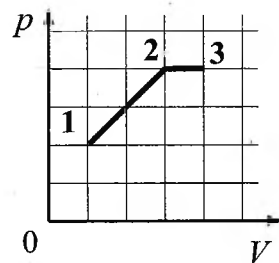
Ответ: _____ Дж

6.24. На рисунке показано, как менялось давление идеального газа в зависимости от его объема при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Каково отношение работ газа A_{12}/A_{23} на этих двух отрезках pV -диаграммы?



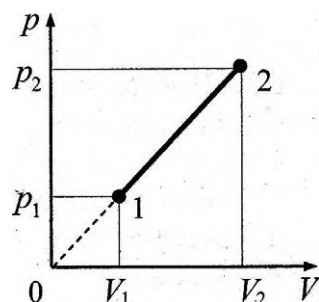
Ответ: _____

6.25. Давление и объем газа в закрытом сосуде с подвижным поршнем менялись так, как показано на рисунке. Чему равно отношение работ газа A_{12}/A_{23} при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3?



Ответ: _____

6.26. С гелием в количестве 1 моль проводят процесс, диаграмма которого в координатах p - V показана на рисунке. В точке 1 давление газа $p_1 = 100$ кПа, объем $V_1 = 10$ л. В точке 2 объем $V_2 = 30$ л. Рассчитайте работу, совершенную гелием при переходе из состояния 1 в состояние 2?



Ответ: _____ кДж

6.27. Начальная температура газа 200 К. Какое количество теплоты нужно передать молю одноатомного газа, чтобы вдвое увеличить его объем в изобарном процессе?

О т в е т: _____ Дж

6.28. В закрытом подвижном легким поршнем сосуде находится аргон. Однако прилегание поршня к стенкам не идеальное. Когда сосуд с газом нагрели так, что температура возросла в 3 раза, а объем в 2 раза, давление в нем осталось прежним. Во сколько раз при этом возросла внутренняя энергия газа в сосуде?

О т в е т: _____

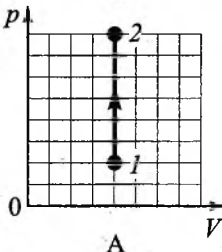
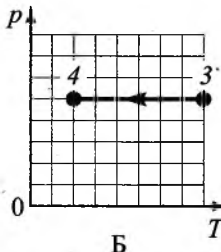
6.29. В цилиндрическом сосуде подвижный поршень может перемещаться без трения в горизонтальном направлении. В сосуде находится гелий. Поршень в равновесии. Сосуд с газом медленного охлаждают, и газ отдает в окружающее сосуд пространство количество теплоты $|Q| = 75$ Дж. При этом поршень перемещается на расстояние $x = 20$ см. Чему равна площадь поперечного сечения поршня, если атмосферное давление $p = 100$ кПа?

О т в е т: _____ см²

6.30. При постоянном давлении гелий нагрели, в результате чего он получил количество теплоты равное 4155 Дж? Масса гелия 0,04 кг. На сколько градусов увеличилась температура газа?

О т в е т: на _____ К

6.31. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы, если в обоих процессах участвует 2 моля идеально-го газа. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Графики	Утверждения
<div>  <p>А</p> </div> <div>  <p>Б</p> </div>	<div> 1) Работа внешних сил положительна, газ отдает внешним телам некоторое количество теплоты 2) Работа газа положительна и он получает некоторое количество теплоты от внешних тел 3) Работа газа положительна, его внутренняя энергия увеличивается 4) Газ получает некоторое количество теплоты от внешних тел, его внутренняя энергия увеличивается </div>

О т в е т:

А	Б

6.32. Выберите два верных утверждения об изопроцессах, проводимых с идеальным одно-атомным газом, если:

- k – постоянная Больцмана,
- N – число молекул газа,
- p – давление газа,
- V – объём газа,
- T – абсолютная температура газа.

- 1) При изохорном нагревании $pV = \text{const}$.
- 2) При изохорном нагревании $p/T = \text{const}$.
- 3) При изобарном нагревание $VT = \text{const}$.
- 4) При изохорном нагревании от температуры T до температуры $3T$ газу сообщается количество теплоты $3NkT$.
- 5) Количество теплоты, сообщенное газу при изобарном нагревании от температуры T до температуры $2T$, в 2 раза больше, чем при изохорном нагревании от T до $2T$

О т в е т:

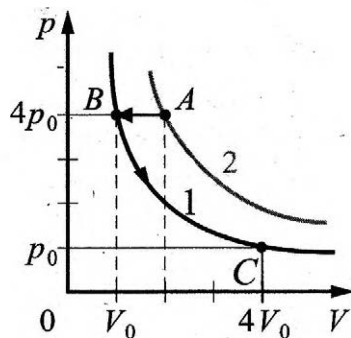
--	--

6.33. Выберите два верных утверждения об изменении термодинамических величин в ходе процесса ABC (см. рис.), показанного на рисунке стрелками. Кривые 1 и 2 представляют собой графики двух изопроцессов в координатах p - V .

- 1) В процессе AB внутренняя энергия газа снижается в 4 раза.
- 2) В процессе AB работа газа положительна.
- 3) В процессе BC внутренняя энергия газа растет.
- 4) В процессе BC работа газа равна количеству теплоты, подведенному к газу.
- 5) В процессе ABC работа газа положительна.

О т в е т:

--	--



6.34. Теплоизолированный сосуд разделен на две равные части пористой неподвижной перегородкой из материала с очень плохой теплопроводностью. Перегородка проницаема для водорода, но непроницаема для азота. Первоначально в левой части находится 1 моль водорода при температуре 200 К, а в правой – 1 моль азота при температуре 400 К. Выберите два верных утверждения, описывающих состояние газов в сосуде после установления термодинамического равновесия.

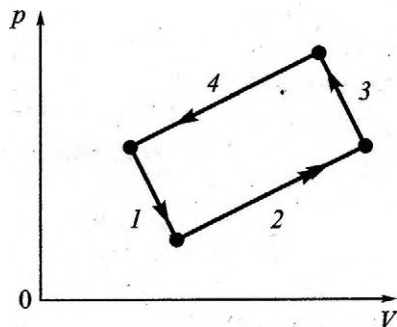
- 1) Температуры газов в правой и левой части будут одинаковы.
- 2) Концентрации молекул обоих газов в обеих частях сосуда будут одинаковы.
- 3) Суммарная внутренняя энергия газов сохранится.
- 4) Парциальное давление газов в обеих частях сосуда будет одинаково.
- 5) Скорости всех молекул в обеих частях сосуда будут одинаковы.

О т в е т:

--	--

6.35. На рисунке изображена диаграмма четырёх последовательных процессов изменения состояния 2 моль идеального газа. Какие процессы связаны с наименьшим положительным значением работы газа и наибольшим положительным значением работы внешних сил?

Установите соответствие между такими процессами и номерами процессов на диаграмме. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Процессы	Номера процессов
А) работа газа положительна и минимальна	1) 1
Б) работа внешних сил положительна и максимальна	2) 2
	3) 3
	4) 4

Ответ:

А	Б

6.36. Используя рис. к заданию 6.35, выберите два верных утверждения о процессах, происходивших с газом.

- 1) Работа газа за цикл положительна.
- 2) Модуль работы газа на участке 4 меньше, чем на участке 2.
- 3) Внутренняя энергия газа на участке 2 увеличивалась.
- 4) Плотность газа на участке 3 возрастала.
- 5) На участке 2 газ отдал внешним телам некоторое количество теплоты.

Ответ:

--	--

6.37. Чему равна работа газа за термодинамический цикл 1–2–3–4–1 (см. рисунок)?

Ответ:

_____ кДж

6.38. Работа газа за цикл, показанный на рисунке, равна 1200 Дж. Чему равна работа газа в процессе 1–2?

Ответ:

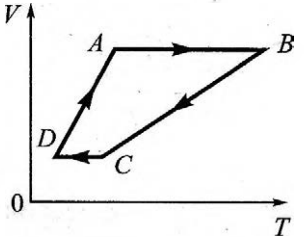
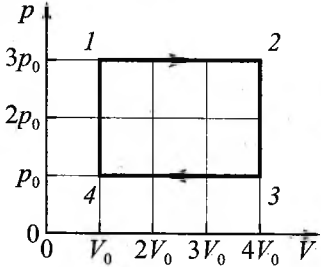
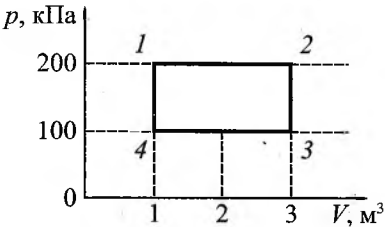
_____ Дж

6.39. На рисунке приведён цикл, осуществляемый с одним молем идеального газа. U – внутренняя энергия газа, A – работа, совершаемая газом, Q – сообщённое газу количество теплоты (если газ отдаёт количество теплоты внешним телам, то $Q < 0$). Поставьте в соответствие участок цикла и знаки термодинамических величин.

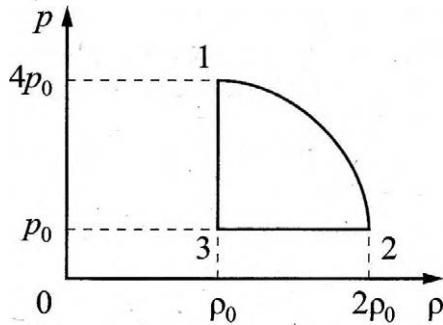
Участок процесс	Знаки термодинамических величин
А) DA Б) AB	1) $\Delta U < 0, \quad A > 0, \quad Q > 0;$ 2) $\Delta U > 0, \quad A > 0, \quad Q > 0;$ 3) $\Delta U = 0, \quad A > 0, \quad Q > 0;$ 4) $\Delta U > 0, \quad A = 0, \quad Q > 0.$

Ответ:

А	Б



6.40. На рисунке изображена диаграмма циклического процесса в координатах $p - \rho$ (p – давление газа, ρ – его плотность). Какие два утверждения об этапах этого процесса являются верными?

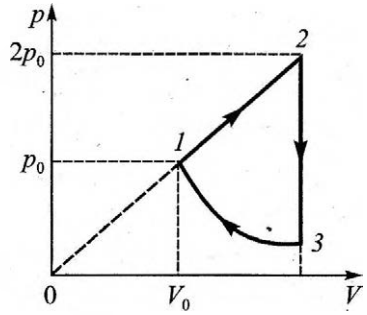


- 1) В процессе 1–2 объём газа уменьшился в 2 раза.
- 2) В процессе 1–2 работа газа равна нулю.
- 3) В состоянии 3 температура газа минимальна.
- 4) В процессе 2–3 газ совершил положительную работу.
- 5) В процессе 3–1 объём газа уменьшился в 4 раза.

О т в е т:

--	--

6.41. На рисунке представлена диаграмма циклического процесса. Процесс 3–1 является адиабатным.



Выберите два верных утверждения, которые характеризуют процессы, проводимые с газом.

- 1) Процесс 1–2 является изотермическим.
- 2) Газ получает от нагревателя некоторое количество теплоты на участках 1–2 и 2–3.
- 3) Газ совершает положительную работу на участках 1–2 и 2–3, отрицательную – на участке 3–1.
- 4) Внутренняя энергия газа в процессе 3–1 увеличивается.
- 5) Работа газа за цикл равна «площади цикла» и при этом равна разности количеств теплоты, полученного в процессе 1–2 и отданного в процессе 2–3.

О т в е т:

--	--

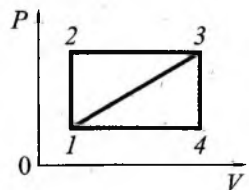
6.42. Тепловой двигатель получил за цикл от нагревателя количество теплоты 600 кДж. Какую работу за цикл он совершит, если его КПД 40%?

О т в е т: _____ кДж

6.43. Тепловая машина за цикл совершает работу 20 Дж и отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 80 Дж. Чему равен КПД этой машины?

О т в е т: _____ %

6.44. Рассматриваются два циклических процесса: 1–2–3–1 и 1–3–4–1. Известно количества теплоты, полученные газом в процессе 1–2 (Q_1) и 2–3 (Q_2), а также модуль количества теплоты, отданной газом в процессе 3–1 цикла 1–2–3–1 (Q_3). Поставьте в соответствие рассматриваемые циклы и формулы для вычисления КПД этих циклов.



Циклический процесс	КПД цикла
А) 1–2–3–1 Б) 1–3–4–1	1) $\frac{Q_1 + Q_2}{Q_3}$; 2) $\frac{Q_1 + Q_2 - Q_3}{Q_3}$; 3) $\frac{Q_1 + Q_2 - Q_3}{Q_1 + Q_2}$; 4) $\frac{Q_1 - Q_3}{Q_2}$

О т в е т:

А	Б

6.45. Двигатель внутреннего сгорания автомобиля потребляет m кг бензина на 100 км пути и развивает при этом механическую мощность N , имея скорость v . Поставьте в соответствие энергетические характеристики двигателя и формулы для их вычисления, если q – удельная теплота сгорания бензина и все величины в формулах выражены в СИ.

Характеристика двигателя	Формула для вычисления
А) Количество теплоты, выбрасываемой в атмосферу на 100 км пути	1) $\frac{10^5 N}{vqm}$; 2) $\frac{qmv}{100N}$; 3) $qm - \frac{10^5 N}{v}$; 4) qm
Б) КПД двигателя	

Ответ:

А	Б

6.46. Температура нагревателя идеального теплового двигателя Карно 227 °С, а температура холодильника 27 °С. Рабочее тело двигателя совершает за цикл работу, равную 10 кДж. Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за один цикл?

Ответ:

 кДж

6.47. Идеальный тепловой двигатель имеет температуру нагревателя 1000 К, температуру холодильника 300 К. Рассматривается два типа изменений, вносимых в работу такого двигателя. Первый раз температуру нагревателя повышают на 100 К при неизменной температуре холодильника. Второй раз температуру холодильника понижают на 100 К, оставляя прежней температуру нагревателя. Каково отношение коэффициента полезного идеального двигателя, полученного при втором изменении, к КПД того же двигателя, полученного при первом изменении?

Ответ:

6.48. Температуру холодильника идеальной тепловой машины увеличили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины, количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, и работа газа за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

КПД тепловой машины	Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл работы	Работа газа за цикл

6.49. Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна T_1 , а температура холодильника равна T_2 . За цикл двигатель получает от нагревателя количество теплоты Q_1 . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

Физические величины	Формулы
А) КПД двигателя Б) Работа, совершаемая двигателем за цикл	1) $1 - \frac{T_2}{T_1}$; 2) $\frac{Q_1(T_1 - T_2)}{T_1}$; 3) $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$; 4) $\frac{Q_1 T_2}{T_1}$

Ответ:

А	Б

6.50. В идеальной тепловой машине при переходе от одного режима в другой температура холодильника и количество теплоты, отдаваемое газом за цикл холодильнику, не изменились, а температура нагревателя возросла. Как изменились при переходе на новый режим КПД тепловой машины и количество теплоты, получаемое газом за цикл от нагревателя?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

КПД тепловой машины	Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл работы

6.51. Температура нагревателя у идеального теплового двигателя Карно равна 400 К. Температура холодильника 300 К. Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за один цикл, если при этом двигатель совершает работу 16 кДж?

Ответ: _____ кДж

Тематический блок № 7

«Фазовые переходы»

Ученику на заметку

Данный тематический блок включает в себя рассмотрение понятий сразу двух разделов Кодификатора элементов содержания. В вариантах КИМ представления по этим разделам часто перемешаны. Согласно Кодификатору требуется выполнение заданий, требующих знания следующих понятий:

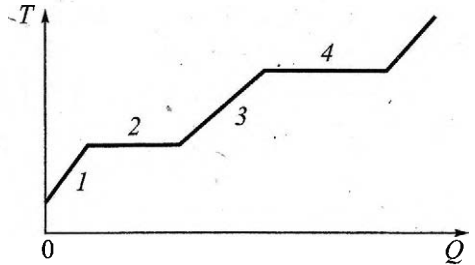
1. Внутренняя энергия жидкостей и твердых тел и первый закон термодинамики. Конвекция, теплопроводность и излучение как способы теплопередачи.
2. Уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$ (Отдаваемое телом количество теплоты берется со знаком «-»). Удельная теплоемкость вещества c : $Q = cm\Delta T$. Удельная теплота сгорания топлива q ($Q = qm$).
3. Преобразование энергии в фазовых переходах, удельная теплота парообразования r ($Q = rm$), удельная теплота плавления λ ($Q = \lambda m$).
4. Насыщенные и ненасыщенные пары. Качественная зависимость плотности и давления насыщенного пара от температуры, их независимость от объема насыщенного пара. Относительная влажность воздуха

$$\varphi = \frac{p_{\text{пара}}(T)}{p_{\text{насыщ пара}}(T)} = \frac{\rho_{\text{пара}}(T)}{\rho_{\text{насыщ пара}}(T)}$$

и способы ее измерения.

Ниже представлены различные формы заданий по данным темам.

7.1. В цилиндре под поршнем находится твердое вещество. Цилиндр поместили в раскаленную печь. На рисунке показан график изменения температуры T вещества по мере поглощения им количества теплоты Q . Какие участки графика соответствуют нагреванию вещества в твердом состоянии и кипению вещества? Установите соответствие между тепловым процессом и участком графика. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

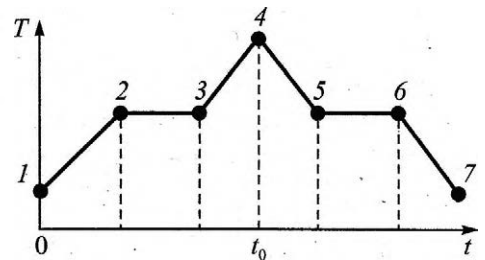


Процесс	Участок графика
А) Нагревание твердого вещества	1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4
Б) Кипение жидкости	

О т в е т:

А	Б

7.2. На графике показана зависимость температуры T вещества от времени t . Вещество равномерно нагревали от момента времени $t = 0$ до $t = t_0$. Потом нагреватель выключили и вещество равномерно охлаждалось, причем мощность теплоотвода равнялась мощности теплоподвода при включенном нагревателе. В начальный момент времени вещество находилось в кристаллическом состоянии.



Выберите два верных утверждения о процессах, представленных на графике.

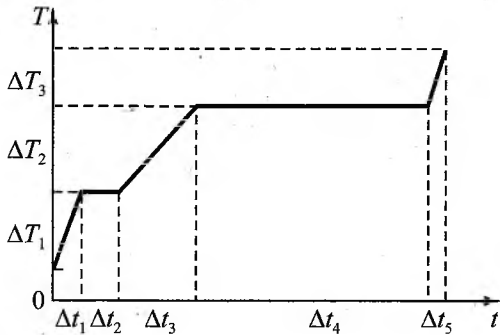
- 1) На участке 1–2 вещество получило большее количество теплоты от нагревателя, чем на участке 2–3.
- 2) При плавлении вещества к веществу было подведено такое же количество теплоты, сколько было отдано веществом внешним телам при кристаллизации.
- 3) Участок 3–4 – это участок нагревания жидкого вещества.
- 4) На участке 5–6 вещество полностью жидкое.
- 5) Удельная теплоемкость твердого вещества вдвое ниже удельной теплоемкости жидкого.

О т в е т:

--	--

7.3. На рисунке представлен график зависимости температуры вещества T массой m от времени t при осуществлении теплопередачи с постоянной мощностью P . В начальный момент времени вещество находилась в твёрдом состоянии. Чему равно отношение удельных теплот парообразования и плавления вещества (r/λ), если $\Delta t_1 : \Delta t_2 : \Delta t_3 : \Delta t_4 = 1 : 1,5 : 2 : 6$, а $\Delta T_1 : \Delta T_2 = 1 : 1,5$?

О т в е т: _____



7.4. Подберите во второй колонке примеры тепловых явлений, иллюстрирующие способы теплопередачи, указанные в первой колонке. Каждому элементу первого столбца выберите утверждение из второго столбца и впишите в таблицу под заданием цифры, обозначающие номера выбранных утверждений

Способы тепловые	Явления теплопередачи
А) Теплопроводность Б) Излучение В) Конвекция	1. Измерение температуры тела больного ртутным термометром 2. Высушивание белья, подвешенного над радиатором отопления или рядом со стенкой печи 3. Выжигание отверстия в бумаге с помощью лупы в солнечный день

О т в е т:

А	Б	В

7.5. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым эти величины определяются. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические величины	Формулы
А) Удельная теплоёмкость Б) Количество теплоты, необходимое для нагревания вещества в данном агрегатном состоянии	1) $\frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$ 2) Q/m 3) $cm(t_2 - t_1)$ 4) λm

О т в е т:

А	Б

7.6. Алюминиевый и чугунный цилиндры одинаковой массы и температуры погрузили в кипяток. Воспользовавшись таблицами, приведёнными на стр. 8, определите отношение количества теплоты Q_1 , сообщённого алюминиевому цилиндру, к количеству теплоты Q_2 , сообщённого чугунному цилиндру.

О т в е т: _____

7.7. На рисунке приведена зависимость температуры твердого тела от полученного им количества теплоты. Масса тела 2 кг. Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?

О т в е т: _____ Дж/кг · К

7.8. На рисунке изображён график зависимости температуры тела от подводимого к нему количества теплоты. Удельная теплоёмкость вещества этого тела равна 500 Дж/(кг · К). Чему равна масса тела?

О т в е т: _____ кг

7.9. На рисунке показаны графики изменения температуры четырех тел одинаковой массы по мере поглощения ими энергии. В начальный момент тела находились в твердом состоянии. Какой из графиков соответствует твердому телу с наименьшей теплоемкостью?

О т в е т: _____

7.10. При нагревании воды в котелке над костром в окружающую среду рассеивается 95% тепла, выделяемого при сжигании дров. Какую массу воды можно нагреть от температуры 17 °С до кипения в алюминиевом котелке при сжигании в костре 1,86 кг сухих дров, если масса котелка 1 кг? Удельная теплота сгорания сухих дров $q = 8,3 \cdot 10^6$ Дж/кг.

О т в е т: _____ кг

7.11. В калориметр с водой, имеющей комнатную температуру, положили кусок льда при температуре 0 °С. После установления теплового равновесия в калориметре наблюдаются лед и вода. Как в ходе установления равновесия изменились температура воды, масса льда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

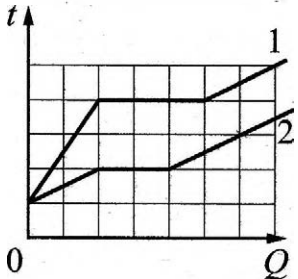
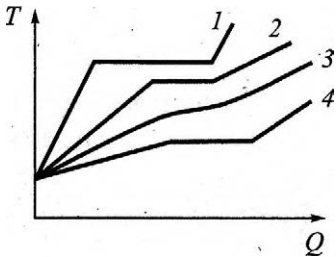
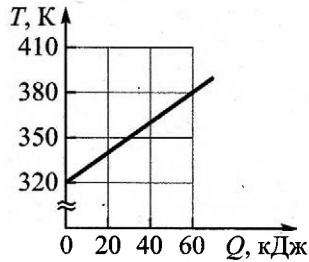
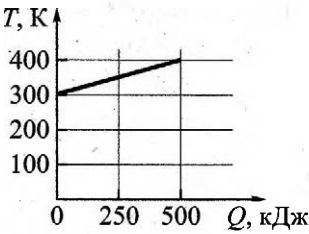
- 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится.

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

Температура воды	Масса льда

7.12. Первоначально два вещества одинаковой массы находились в твёрдом агрегатном состоянии. На рисунке представлены графики зависимости температуры t веществ от сообщённого им количества теплоты Q .

Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня два верных утверждения и укажите их номера.



- 1) Оба вещества имеют одинаковую удельную теплоту плавления.
- 2) Температура плавления первого вещества в 1,5 раза больше, чем второго.
- 3) Вещества имеют одинаковую удельную теплоёмкость в твёрдом агрегатном состоянии.
- 4) Вещества имеют одинаковую удельную теплоёмкость в жидком агрегатном состоянии.
- 5) Удельная теплоёмкость второго вещества в твёрдом агрегатном состоянии в 3 раза больше, чем первого.

Ответ:

--	--

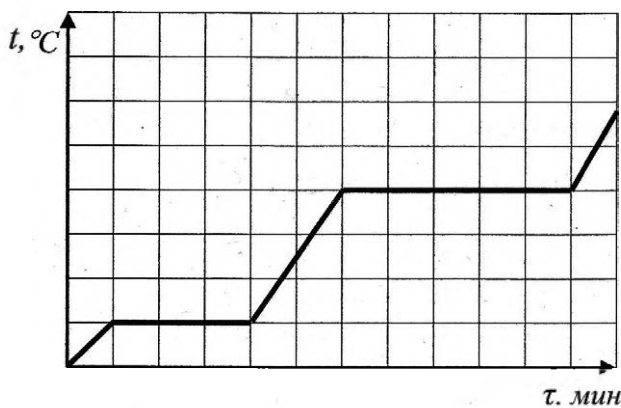
7.13. На рисунке представлен график зависимости температуры t вещества от времени τ его нагревания. Первоначально вещество находилось в твёрдом агрегатном состоянии.

Считая мощность теплопередачи к телу от нагревателя постоянной, выберите из предложенного перечня два верных утверждения и укажите их номера.

- 1) Удельная теплота плавления вещества меньше удельной теплоты парообразования.
- 2) Удельная теплоёмкость вещества в жидком состоянии больше удельной теплоёмкости в твёрдом.
- 3) Вещество плавилось дольше, чем нагревалось в жидком состоянии.
- 4) Удельная теплота плавления вещества больше удельной теплоты парообразования.
- 5) Удельная теплоёмкость вещества в жидком состоянии равна удельной теплоёмкости в твёрдом.

Ответ:

--	--



7.14. Кусок льда, имеющий температуру 0°C , помещён в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лёд в воду с температурой 12°C , требуется количество теплоты 80 кДж . Какая температура установится внутри калориметра, если лёд получит от нагревателя количество теплоты 60 кДж ? Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь.

Ответ: _____ $^\circ\text{C}$

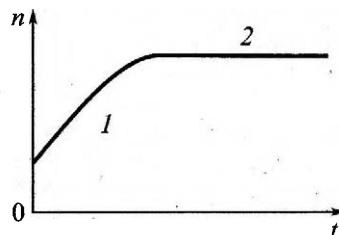
7.15. В стакан калориметра налили 150 г воды. Начальная температура калориметра и воды 55°C . В эту воду опустили кусок льда, имевшего температуру 0°C . После того как наступило тепловое равновесие, температура воды в калориметре стала 5°C . Определите массу льда. Теплоёмкостью калориметра пренебречь. Ответ округлить до целых.

Ответ: _____ г

7.16. Тепловая машина с максимально возможным КПД совершила работу 1 МДж . Нагревателем машины служит открытый в атмосферу резервуар с кипящей водой. Атмосферное давление равно 10^5 Па . Какая масса льда растаяла в сосуде со льдом при 0°C , который служит тепловой машине холодильником? Ответ округлите до десятых.

Ответ: _____ кг

7.17. В стеклянную колбу налили немного воды и закрыли пробкой. На графике показана зависимость концентрации молекул водяного пара внутри колбы от времени. Температура колбы и ее



содержимого поддерживалась постоянной. Какие два утверждения о системе пар–вода в колбе являются верными?

- 1) На участках 1 и 2 пар является насыщенным.
- 2) На участках 1 и 2 пар является ненасыщенным.
- 3) На участке 1 пар ненасыщенный, на участке 2 насыщенный.
- 4) На участке 1 масса пара в колбе не меняется.
- 5) В конце участка 2 на стенках колбы еще есть жидкая вода.

Ответ:

--	--

7.18. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде 30%. Какой станет относительная влажность, если объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

Ответ: _____ %

7.19. В герметичном сосуде с подвижной стенкой находится водяной пар при температуре 100°C и давлении 40 кПа. Каким станет давление в сосуде, если при неизменной температуре уменьшить объём сосуда втрое?

Ответ: _____ кПа

7.20. В кубическом метре воздуха в помещении при температуре 20°C находится $1,12 \cdot 10^{-2}$ кг водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды при разных температурах, определите относительную влажность воздуха. Ответ округлить до целых.

$t, ^\circ\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho, 10^{-2} \text{ кг/м}^3$	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: _____ %

7.21. Давление насыщенных паров воды при 25°C равно 3,17 кПа, атмосферное давление равно 100 кПа, влажность воздуха 30%. Сколько грамм воды содержит 1 м³ воздуха?

Ответ округлить до десятых.

Ответ: _____ г

7.22. Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 60%. Воздух изотермически сжали, уменьшив его объём в два раза. Какой стала относительная влажность воздуха в цилиндре?

Ответ: _____ %

7.23. Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 50%. Объём сосуда при неизменной температуре уменьшили в 3 раза. Какие два утверждения о процессах в сосуде под поршнем верные?

- 1) Давление влажного воздуха увеличилась менее, чем 3 раза.
- 2) Относительная влажность воздуха стала равна 150%.
- 3) Жидкости в колбе не появилось.
- 4) Парциальное давление кислорода в сосуде возросло в 3 раза.
- 5) Парциальное давление азота возросло в 1,5 раза.

Ответ:

--	--

7.24. В сауне объемом 8,31 м³ относительная влажность воздуха, имеющего температуру 100°C, равна 37,3%. Чему равна масса воды в воздухе сауны? Вода в неглубоком сосуде при атмосферном давлении 100 кПа кипит при 100 °C.

О т в е т: _____ кг

7.25. 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 её измерения
А) Сила	1) Калориметр
Б) Относительная влажность воздуха	2) Манометр
	3) Психрометр
	4) Динамометр

О т в е т:

А	Б

7.26. Поставьте в соответствие названия прибора для измерения относительной влажности и явления, которые лежат в основе измерения этой физической величины

Явление	Название прибора
А) Выпадение росы на металлическом корпусе при охлаждении корпуса	1) Психрометр
Б) Охлаждение жидкости при ее испарении	2) Волосяной гигрометр
	3) Конденсационный гигрометр
	4) Электронный гигрометр

О т в е т:

А	Б

7.27. На фотографии представлены два термометра, входящих в состав психрометра. В психрометрической таблице относительная влажность воздуха указана в процентах.

Психрометрическая таблица

 t сухого термометра, °C	Разность показаний сухого и влажного термометров									
	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	

Чему равна относительная влажность в помещении, в котором проводилась съемка?

О т в е т: _____ %

7.28. Температура воздуха в комнате 20°C . Точка росы для водяного пара в комнате равна 6°C . В комнату внесли с балкона сухую бутылку с водой, и вскоре она покрылась мелкими капельками воды. Выберите два верных утверждения, которые можно сделать на основании данного наблюдения.

- 1) Температура воздуха на балконе ниже 6°C .
- 2) Относительная влажность воздуха на балконе больше, чем в комнате.
- 3) Относительная влажность воздуха на балконе меньше, чем в комнате.
- 4) Температура воздуха на балконе выше 6°C .
- 5) Пары в комнате являются ненасыщенными.

О т в е т:

--	--

7.29. Вода при нормальном атмосферном давлении закипает при 100°C . Выберите два утверждения, объясняющие это явление.

- 1) Давление насыщенных паров воды при 100°C достигает 100 кПа.
- 2) При температуре 100°C плотность насыщенных паров сравнивается с плотностью воды.
- 3) Только при 100°C растворенный в воде воздух начинает образовывать пузырьки.
- 4) При давлении насыщенных паров выше нормального атмосферного пузырьки могут увеличиваться в размерах.
- 5) Пузырьки всплывают под действием конвекционных потоков, и потоки движутся быстрее при 100°C .

О т в е т:

--	--

7.30. В таблице приведены данные о зависимости давления насыщенного пара жидкости от температуры. Молярная масса этого вещества, образующего жидкость $0,072\text{ кг/моль}$

$t, ^{\circ}\text{C}$	$p, \text{МПа}$
5	0,030
10	0,037
15	0,046
20	0,058
25	0,067
30	0,081
35	0,096

Выберите два верных утверждения о свойствах жидкости и ее паров.

- 1) Давление насыщенных паров растет пропорционально абсолютной температуре.
- 2) Концентрация молекул вещества в газе при 25°C равна $1,63 \cdot 10^{25}\text{ м}^{-3}$.
- 3) При нормальном атмосферном давлении жидкость закипит при температуре около 36°C .
- 4) При давлении газов над жидкостью 58 кПа жидкость закипит при 25°C .
- 5) Плотность насыщенных паров при 20°C равна примерно $3,42\text{ кг/м}^3$.

О т в е т:

--	--

Тематический блок № 8

«Электростатика»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания по данной теме требует знания следующих понятий по данной теме.

1. Электризация тел и её проявления. Два вида заряда. Электрический заряд и закон его сохранения

$$\sum q_i = \text{const.}$$

Элементарный электрический заряд

$$q = Ne.$$

2. Взаимодействие зарядов. Точечные заряды. Закон Кулона

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{kq_1 q_2}{r^2}.$$

3. Электрическое поле и его напряжённость

$$\vec{E} = \vec{F}/q.$$

Поле точечного заряда

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} = \frac{kq}{r^2}$$

и однородное поле

$$\vec{E} = \text{const.}$$

Картины линий напряженности этих полей.

4. Потенциальность электростатического поля. Разность потенциалов ($\varphi_1 - \varphi_2$) и напряжение U и их связь с работой поля

$$A = qU = q(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле

$$W = q\varphi.$$

Потенциал электростатического поля. Связь напряжённости поля и разности потенциалов для однородного электростатического поля:

$$U = Ed.$$

5. Принцип суперпозиции электрических полей

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots \quad \text{и} \quad \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots$$

6. Поляризация проводников в электростатическом поле. Условие равновесия зарядов внутри проводника

$$\vec{E} = 0 \quad \text{и} \quad \varphi = \text{const.}$$

7. Поляризация диэлектриков в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества

$$\epsilon = E_0/E.$$

8. Конденсатор. Электроёмкость конденсатора

$$C = q/U.$$

Электроёмкость плоского конденсатора

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0}{d} S.$$

Энергия заряженного конденсатора

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}.$$

9. Свойства параллельно соединенных конденсаторов

$$q = q_1 + q_2 + \dots; \quad U_1 = U_2 = \dots; \quad C_{\text{паралл}} = C_1 + C_2 + \dots$$

и последовательно соединенных

$$U = U_1 + U_2 + \dots, \quad q = q_1 = q_2 = \dots, \quad \frac{1}{C_{\text{посл}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

Задания требуют умения проводить вычисления физических величин по приведенным формулам; применять принцип суперпозиции для вычисления модуля и направления напряженности поля, созданного несколькими точечными зарядами; описывать движение заряженных частиц в однородном электрическом поле; понимать понятие «потенциальность» в применении к электрическому полю; сравнивать особенности поляризации проводников и диэлектриков в электрическом поле; рассчитывать напряженность поля между пластинами конденсатора и энергию конденсатора при заданной разности потенциалов или заданном заряде на пластинах.

Часто понимание процессов в электрическом поле проверяется на примере свойств конденсаторов. Следует четко уяснить, что если с заряженным конденсатором производятся некоторые действия (смещение пластин относительно друг друга, вынимание диэлектрической пластины, находившейся между пластинами конденсатора и т.п.) при условии, что он отсоединен от источника напряжения, на его пластинах сохраняется заряд. Если же эти действия производятся с конденсатором, пластины которого присоединены к клеммам источника тока, то между пластинами сохраняется разность потенциалов, равная ЭДС источника. Например:

Плоский конденсатор, у которого зазор между обкладками заполнен диэлектриком, подключён к источнику постоянного напряжения. Как изменятся в результате удаления диэлектрика из зазора электроёмкость конденсатора и разность потенциалов между его обкладками?

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.

Электроёмкость конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора
2	3

8.1. Выберите два верных утверждения. Когда мы снимаем одежду, особенно изготовленную из синтетических материалов, мы слышим характерный треск. Это явление объясняет:

- 1) электризация;
- 2) намагничивание;
- 3) нагревание;
- 4) электромагнитная индукция;
- 5) электрический разряд в воздухе.

О т в е т:

--	--

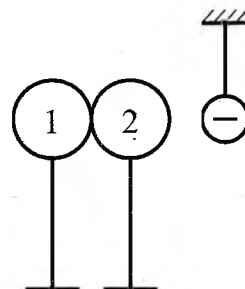
8.2. Поставьте в соответствие явление и его объяснение с точки зрения электронной теории строения вещества. Пластмассовую линейку трут о шерстяную рукавицу.

Явление	Объяснение
А) Линейка заряжается отрицательно	1) Электроны переходят с линейки на шерсть
Б) Шерстяная рукавица заряжается положительно	2) Протоны переходят с линейки на шерсть
	3) Электроны переходят с шерсти на линейку
	4) Протоны переходят с шерсти на линейку

О т в е т:

А	Б

8.3. На изолирующих подставках закреплены два незаряженных медных шара, соприкасающихся между собой (см. рис.). Справа от них висит отрицательно заряженное стальное тело. Если сначала нарушить контакт между медными шарами, а затем удалить стальное тело, то медные шары оказываются заряженными.



Выберите два верных утверждения о результатах и объяснении данного эксперимента.

- 1) Знак заряда шаров одинаков.
- 2) Шар 1 заряжен отрицательно, а шар 2 – положительно.
- 3) Шар 1 заряжен положительно, а шар 2 – отрицательно.
- 4) Появление заряда объясняется их поляризацией в поле заряженного тела.
- 5) Появление заряда объясняется перемещением электронов с заряженного тела на соприкасающиеся медные шары.

О т в е т:

--	--

8.4. Два маленьких шарика, обладающие одинаковыми по модулю зарядами q , находятся на расстоянии r друг от друга и притягиваются с силой F_1 . Если заряд одного шарика сделать равным $2q$, заряд другого $q/2$, а расстояние между их центрами $2r$, то сила электростатического отталкивания двух шариков становится равной F_2 . Каково отношение F_2/F_1 сил взаимодействия во втором и в первом случае?

О т в е т: _____

8.5. Сила взаимодействия двух неподвижных точечных электрических зарядов равна 64 нН. С какими силами станут взаимодействовать между собой эти заряды, если, не меняя расстояния между зарядами, увеличить модуль каждого из них в 2 раза?

О т в е т: _____ нН

8.6. Два небольших металлических шара одинакового диаметра имеют заряды $q_1 = +5$ нКл и $q_2 = -3$ нКл. Шарики сближают, приводят в соприкосновение и раздвигают на прежнее расстояние. Поставьте в соответствие описание взаимодействия шариков до сближения и после соприкосновения с возвратом на прежнее расстояние.

Ситуация	Описание взаимодействия
А) Шарики в исходном состоянии	1) Притягиваются с силой F
Б) Шарики после соприкосновения и возвращения в исходное положение	2) Отталкиваются с силой F
	3) Притягиваются с силой $F/15$
	4) Отталкиваются с силой $F/15$

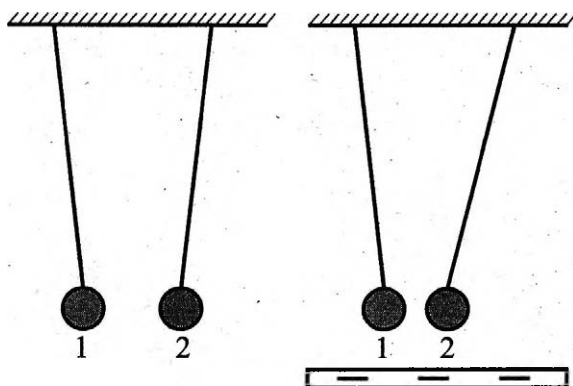
Ответ:

А	Б

8.7. Два малых металлических шарика одинакового радиуса несут заряды $+2$ мкКл и -3 мкКл и находятся на расстоянии существенно превышающих их диаметр. Их приводят в соприкосновение и разводят на прежнее расстояние. Чему равно отношение модуля силы взаимодействия зарядов в начальном состоянии к модулю силы в конечном?

Ответ: _____

8.8. Два одинаковых лёгких металлических шарика подвешены на изолирующих нитях (см. рис. 1). Когда к шарикам снизу подносят отрицательно заряженную широкую пластинку, их положение меняется (см. рис. 2). Выберите два верных утверждения, объясняющих эксперимент. Поляризацию шаров и плоскости не учитывать.



1) Направление нити изменилось из-за того, что один шар отталкивается от плоскости, а второй притягивается к ней.

2) Направление нити изменилось из-за того, что оба шара отталкиваются от плоскости.

3) Направление нити изменилось из-за того, что оба шара притягиваются к плоскости.

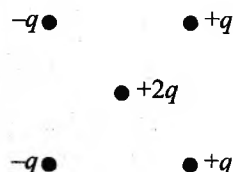
4) Первый шарик заряжен положительно, а второй – отрицательно.

5) Первый шарик заряжен отрицательно, а второй – положительно.

Ответ:

--	--

8.9. Укажите, куда (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) направлена кулоновская сила \vec{F} , действующая на положительный точечный заряд $+2q$, помещенный в центр квадрата (см. рисунок), в вершинах которого находятся заряды: $+q, +q, -q, -q$.



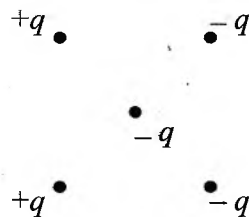
Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____

8.10. Куда (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) направлена кулоновская сила \vec{F} , действующая на отрицательный точечный заряд $-q$, помещенный в центр квадрата (см. рисунок), в вершинах которого находятся заряды: $+q, +q, -q, -q$?

Ответ запишите словом (словами).

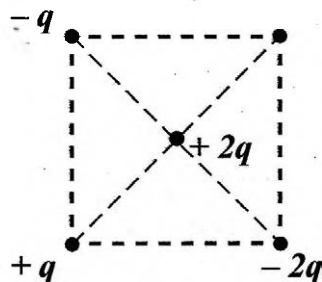
Ответ: _____



8.11. В трёх вершинах квадрата размещены точечные заряды: $-2q, +q, -q$ ($q > 0$) (см. рисунок).

Куда направлена (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) кулоновская сила \vec{F} , действующая со стороны этих зарядов на точечный заряд $+2q$, находящийся в центре квадрата?

Ответ: _____

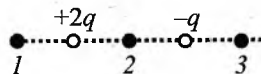


8.12. Каково отношение E_2/E_1 модулей напряженности электрического поля точечного заряда в точках 2 и 1, удаленных от заряда на расстояние r_2 и r_1 ($r_2 = r_1/2$)?

Ответ: _____

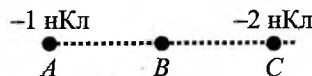
8.13. На рисунке показано расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $+2q$ и $-q$. В какой из трех точек (1, 2 или 3) модуль напряженности суммарного электрического поля этих зарядов минимален?

Ответ: _____



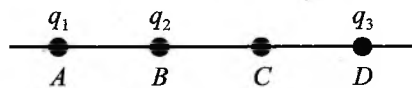
8.14. Точка В находится в середине отрезка АС. Неподвижные точечные заряды -1 нКл и -2 нКл расположены в точках А и С соответственно (см. рисунок). Какой заряд (с учетом знака) надо поместить в точку С взамен заряда -2 нКл, чтобы напряженность электрического поля в точке В увеличилась по модулю в 2 раза, не изменив направления?

Ответ: _____ нКл



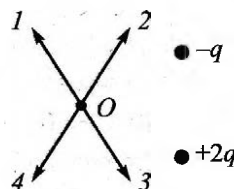
8.15. Расстояние между точками А, В, С и D на прямой одинаково (см. рисунок). Чему равен заряд q_3 , если $q_1 = -8$ нКл, $q_2 = +5$ нКл, а напряженность поля в точке С равна нулю?

Ответ: _____ нКл



8.16. По какой из стрелок 1, 2, 3 или 4 в точке О направлен вектор напряженности электрического поля \vec{E} , созданного двумя разноимёнными неподвижными точечными зарядами (см. рисунок, $q > 0$)? Точка О равноудалена от зарядов.

Ответ: _____



8.17. Заряженная пылинка покоится в однородном электрическом поле двух заряженных пластин. Вектор напряженности поля направлен вертикально вниз. Из пылинки вспышкой ультрафиолетового излучения, направленной слева, выбивается электрон. Укажите, в каком направлении (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) начнет двигаться пылинка?

О т в е т: _____

8.18. Точечный отрицательный заряд q помещён слева от неподвижных положительно заряженных шариков (см. рисунок).



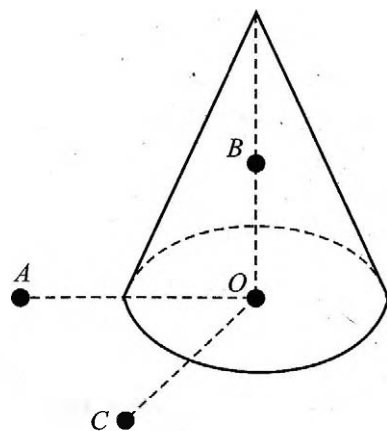
Куда направлено ускорение заряда q (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*)? Ответ запишите словом (словами).

О т в е т: _____

8.19. В однородном электрическом поле напряженностью $E = 2 \cdot 10^3$ В/м начала движение заряженная частица ($q = 10^{-5}$ Кл) массой $m = 1$ г. Какую скорость приобретет частица при прохождении расстояния $r = 10$ см?

О т в е т: _____ м/с

8.20. На неподвижном проводящем уединённом конусе высотой H и радиусом основания $R = H/2$ находится заряд Q . Точка O – центр основания конуса, $OA = OC = 2R$, $OB = R$, угол AOC прямой, отрезки OA и OC лежат в плоскости основания конуса. Модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке C равен E_C . Чему равен модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке A и точке B ? Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

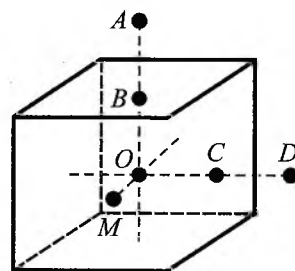


Физические величины	Их значения
А) Модуль напряжённости электростатического поля конуса в точке A	1) 0
Б) Модуль напряжённости электростатического поля конуса в точке B	2) E_C
	3) $2E_C$
	4) $4E_C$

О т в е т:

А	Б

8.21. Медный куб с центром в точке O заряжают зарядом Q . Точки B и C – центры граней кубика. Точки A и D отстоят от центра куба на расстоянии равно ребру куба, точка M – на расстоянии равно четверти его ребра. Если в точке A модуль напряженности электростатического поля заряженного куба равен E , то чему равен модуль напряженности этого поля в точках D и M ?



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

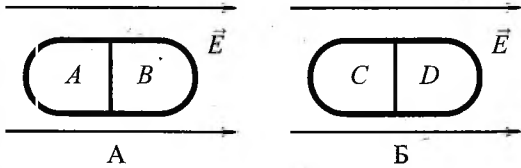
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физическая величина	Её значение
А) Модуль напряжённости электростатического поля в точке D	1) 0
Б) Модуль напряжённости электростатического поля в точке M	2) E
	3) $4E$
	4) $16E$

Ответ:

А	Б

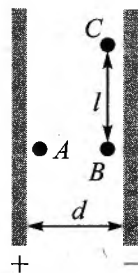
8.22. Два разборных сплошных тела AB и CD с плотно прилегающими друг к другу половинами вносят в однородное электростатическое поле, и разделяют в поле на части. Какими электрическими зарядами будут обладать эти части после разделения тел AB и CD , если тело AB сделано из диэлектрика, а CD — из хорошо проводящего металла? Поставьте в соответствие обозначение исходного составного тела и описание заряда его половинок после разъединения в поле.

Составное тело	Заряд половинок
	1) Левая половина заряжена положительно, правая — отрицательно 2) Левая половина заряжена отрицательно, правая — положительно 3) Левая и правая половины не заряжены 4) Левая и правая половины заряжены положительно 5) Левая и правая половины заряжены отрицательно

Ответ:

А	Б

8.23. Две противоположно заряженные пластины расположены параллельно друг другу на малом по сравнению с их размерами расстоянии d (см. рисунок). Модуль напряженности поля между ними равен E . Какую работу совершит поле при перенесении заряда q из точки A в точку C , если расстояние между точками B и C равно l ? Какова разность потенциалов (напряжение) между пластинами? Поставьте в соответствие физические величины и формулы для их вычисления.



Физическая величина	Формула для вычисления
А) Работа поля по перемещению точечного заряда из точки A в точку C	1) Eq
Б) Разность потенциалов между пластинами	2) Ed
	3) Eqd
	4) $Eq(d + l)$
	6) $E(d + l)$

Ответ:

А	Б

8.24. Тело 1, обладающее положительным электрическим зарядом, притягивает незаряженное тело 2. Незаряженное тело 2 окружают заземленной металлической сферой 3. Выберите два верных утверждения, связанных с описанием происходящих явлений и их объяснением.

- 1) 1 и 2 притягиваются вследствие поляризации тела 2 полем, созданным телом 1, и заряды противоположного знака на телах 1 и 2 оказываются ближе, чем одноименные заряды на них.
- 2) 1 и 2 притягиваются, так как электроны перескакивают по воздуху с тела 1 на тело 2 и оно заряжается зарядом противоположным заряду тела 1.
- 3) После окружения тела 2 сферой 3 тела 1 и 2 притягиваются, но сила воздействия 1 на 2 уменьшается, так как сфера 3 поляризуется полем тела 1 так, что напряженность суммарного поля, созданного индуцированными на сфере зарядами и зарядами на теле 1 меньше, чем напряженность поля тела 1.
- 4) После окружения тела 2 заземленной сферой 3 сила воздействия 1 на 2 падает до нуля, так как с земли на 3 поступает заряд, который распределяется по ней так, что поле зарядов на 3 компенсирует поле тела 1.
- 5) После окружения тела 2 заземленной сферой 3 тела 1 на 2 начинают отталкиваться, так как с земли на 3 поступает заряд, который распределяется по ней так, что поле зарядов на 3 воздействует на 2 сильнее, чем поле тела 1.

О т в е т:

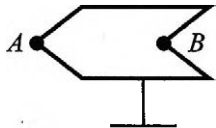
--	--

8.25. Потенциал в точке *A* электрического поля равен 200 В, потенциал в точке *B* равен 100 В. Какую работу совершают силы электрического поля при перемещении положительного заряда 5 мКл из точки *A* в точку *B*?

О т в е т: _____ Дж

8.26. Полому металлическому телу на изолирующей подставке (см. рисунок) сообщён отрицательный заряд. Выберите два утверждения о характеристиках электрического поля этого тела.

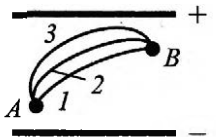
- 1) Напряженность поля внутри тела равна нулю.
- 2) Напряженность поля вокруг тела равна нулю.
- 3) Разность потенциалов между точками *A* и *B* положительна.
- 4) Разность потенциалов между точками *A* и *B* отрицательна.
- 5) Разность потенциалов между точками *A* и *B* равна нулю.



О т в е т:

--	--

8.27. Частица летит из точки *A* в точку *B* (см. рисунок) между обкладками заряженного конденсатора по траекториям 1, 2 и 3, показанным на рисунке. Укажите, что происходит с изменением кинетической энергии $\Delta E_{\text{кин}}$ в ходе полета при переходе от одной траектории к другой.



Переход с одной траектории на другую	Характер изменения величины $\Delta E_{\text{кин}}$
<div>А) 1 → 2</div> <div>Б) 2 → 3</div>	<div>1) Увеличивается</div> <div>2) Уменьшается</div> <div>3) Не изменяется</div>

О т в е т:

А	Б

8.28. Емкость плоского воздушного конденсатора равна C . После уменьшения площади обкладок в 4 раза, а расстояния между ними в 2 раза его емкость становится равной nC . Чему равно число n ?

О т в е т: _____

8.29. При заряде на конденсаторе 0,2 мКл энергия электрического поля конденсатора равна 10 мДж. Чему равна энергия поля того же конденсатора при заряде на нем, равном 0,4 мКл?

О т в е т: _____ мДж

8.30. Конденсатор заряжен до напряжения 2 кВ, его емкость 4 мкФ. Какое количество теплоты выделится в резисторе сопротивлением 5 Ом, если через него разрядить заряженный конденсатор?

О т в е т: _____ Дж

8.31. Плоский воздушный конденсатор зарядили до некоторой разности потенциалов, отключили от источника тока и раздвинули пластины. Как при раздвигании пластин изменились заряд на пластинах конденсатора, его электроёмкость и энергия электрического поля конденсатора?

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 обкладках конденсатора	Емкость конденсатора	Энергия электрического поля конденсатора

8.32. Плоский воздушный конденсатор подключен к источнику тока. Его энергия при этом равна 1 нДж. Какой станет энергия конденсатора, если, не отключая пластины конденсатора от источника тока, увеличить расстояние между пластинами в 2 раза?

О т в е т: _____ нДж

8.33. Плоский конденсатор подключен к источнику постоянного тока. Как изменятся при увеличении зазора между обкладками конденсатора три величины: емкость конденсатора, величина заряда на его обкладках, разность потенциалов между ними?

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.

Емкость конденсатора	Величина заряда на обкладках конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора

8.34. Две одинаковые близко расположенные пластины, стоящие на изолирующих подставках (воздушный плоский конденсатор), учитель заряжает до разности потенциалов U , отсоединяет от источника высокого напряжения и затем раздвигает пластины так, что расстояние между пластинами увеличивается вдвое. Выберите два верных утверждения, описывающих процесс.

- 1) Заряд на пластинах сохраняется, так как они контактируют только с воздухом и диэлектрической подставкой.
- 2) Энергия конденсатора увеличивается, так как учитель совершает работу против сил притяжения пластин друг к другу.
- 3) Напряженность поля между центрами пластин уменьшается, так как при неизменном заряде на пластинах расстояние между ними увеличивается.
- 4) Напряжение между пластинами уменьшается, так как оно обратно пропорционально расстоянию между пластинами.
- 5) Емкость конденсатора увеличивается, так как растет объем воздуха между пластинами конденсатора.

Ответ: _____

8.35. Энергия электрического поля конденсатора, заряженного от источника питания с выходным напряжением 100 В, равна 400 мкДж. Какой станет энергия конденсатора, если из пространства между обкладками после отключения конденсатора от источника питания вынуть диэлектрическую пластинку, заполняющую все пространство между обкладками и имеющую диэлектрическую проницаемость материала, равную 10?

Ответ: _____ мДж

8.36. К незаряженному конденсатору емкостью C подключили параллельно заряженный до заряда q конденсатор той же емкости. Каким выражением определяется напряжение на конденсаторах и энергия системы из двух конденсаторов после их соединения?

Физическая величина	Формула для вычисления
А) Напряжение на конденсаторах Б) Энергия системы конденсаторов	1) $\frac{q^2}{2C}$; 2) $\frac{q^2}{4C}$; 3) $\frac{q}{2C}$; 4) $\frac{2q}{C}$

Ответ:

А	Б

Тематический блок № 9

«Постоянный ток»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания по данной теме требует знания следующих понятий по данной теме.

1. Сила тока

$$I = \Delta q / \Delta t.$$

Условия существования электрического тока.

2. Напряжение U – характеристика электростатического поля в проводнике, двигающего носители заряда. Закон Ома для участка цепи

$$I = U/R.$$

Зависимость сопротивления R однородного проводника от его длины, сечения и удельного сопротивления вещества

$$R = \rho l / S.$$

3. ЭДС $\mathcal{E} = A_{\text{стор}}/q$ – характеристика сторонних сил в источнике тока. Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи

$$I = \mathcal{E} / (R + r),$$

где r – внутреннее сопротивление источника тока.

4. Закономерности распределения токов и напряжений при последовательном соединении проводников

$$I = \text{const};$$

$$U_0 = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

Замена нескольких резисторов одним эквивалентным R_0

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

5. Закономерности распределения токов и напряжений при параллельном соединении проводников. Замена нескольких резисторов одним эквивалентным R_0

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3 + \dots;$$

$$U = \text{const};$$

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

6. Работа

$$A = IUt$$

и мощность электрического тока

$$P = IU$$

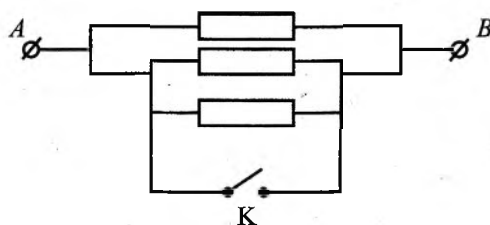
определяют энергопотребление в электрической цепи, содержащей любые элементы (резистор, электродвигатель, газоразрядная лампа, электрохимическая ячейка и т.д.). Тепловая мощность и количество теплоты Q , выделяемое в неподвижном резисторе, определяется законом Джоуля–Ленца

$$Q = I^2 R t.$$

7. Свободные носители электрических зарядов в проводниках. Механизмы проводимости твёрдых металлов, растворов и расплавов электролитов, газов. Полупроводники. Полупроводниковый диод.

Задания по данной теме достаточно стандартны и связаны в основном с анализом протекания токов в электрических цепях. Например:

Каким будет сопротивление участка цепи AB (см. рисунок), если ключ K замкнут? Каждый из резисторов имеет сопротивление 5 Ом .



О т в е т: 5 Ом.

Обратим внимание только на разность между ЭДС и напряжением. ЭДС – это характеристика сил «непонятной» природы (например «химических сил» в аккумуляторе), которые двигают электроны к клемме « \rightarrow » внутри источника, создавая некое распределение зарядов на поверхности внешнего проводника. Распределенные на поверхности внешнего проводника заряды создают электростатическое поле внутри проводника, направленное вдоль его длины идвигающее в проводнике свободные электроны, если это металлический проводник. Напряжение – это характеристика электростатического поля созданного внутри проводника.

Наиболее сложны задачи на расчет работы таких электрических устройств как электродвигатели постоянного тока. Работа тока UIt внутри проводника затрачивается на совершение механической работы $A_{\text{мех}}$ и на неизбежное нагревание проводника $I^2 Rt$. Как для всякого технического устройства созданного человеком для определенной цели можно ввести понятие КПД устройства η , характеризующий долю энергии, пошедшей на выполнение цели устройства от общей энергии, подведенной к устройству. Для электродвигателя $\eta = A_{\text{мех}}/UIt$.

В задачах по этой теме встречаются также такие понятия, как КПД электрочайника, нагревающего воду массы m ($\eta = cm\Delta T/UIt$) и КПД внешней цепи, состоящей из источника и внешнего резистора с сопротивлением R ($\eta = I^2 Rt/A_{\text{стоп}} = I^2 Rt/\mathcal{E}It = R/(R + r)$). В последнем случае полезно знать, что напряжение на источнике исходя из законов Ома можно вычислить по формуле $U = \mathcal{E} - Ir$, а максимальная мощность на резисторе R (при фиксированном r и меняющемся R), будет выделяться при $R = r$, что соответствует максимальному $\eta = 0,5$.

Отдельно следует рассмотреть сложные задания, где в цепи постоянного тока имеются конденсаторы. В стационарном состоянии ток через конденсатор не течет, а напряжение на нем равно напряжению между теми точками цепи, к которым он подключен и по которым, возможно, течет ток. Если рассматривается нестационарный период зарядки конденсатора, соединенного с источником тока и резистором, то следует учесть, что в каждый момент времени $\mathcal{E} = IR + U_C$. Если система переходит из одного стационарного состояния в другое (например, при замыкании/размыкании ключа), то закон сохранения энергии диктует, что выделившееся в цепи количество теплоты определяется работой источника тока и изменением энергии конденсаторов. Например:

В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ K замкнут. Заряд конденсатора $q = 2\text{ мкКл}$, ЭДС батарейки $\mathcal{E} = 24\text{ В}$, ее внутреннее сопротивление $r = 5\text{ Ом}$, сопротивление резистора $R = 25\text{ Ом}$. Найдите количество теплоты, которое выделяется на резисторе после размыкания ключа K в результате разряда конденсатора. Потерями на излучение пренебречь.



Возможное решение

Количество теплоты, выделяющееся на резисторе после размыкания ключа, это количество теплоты, выделяющееся при разрядке конденсатора через резистор. Оно равно энергии, запасенной в конденсаторе до размыкания ключа

$$Q = W_C = \frac{CU^2}{2}.$$

Так как заряд на конденсаторе $q = CU$, то

$$Q = \frac{qU}{2}.$$

Напряжение на конденсаторе до размыкания ключа равно напряжению на резисторе, которое по закону Ома для участка цепи

$$U = IR.$$

Сила тока через резистор по закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}.$$

Объединяя приведенные выражения, получим искомое количество теплоты:

$$Q = \frac{q\mathcal{E}R}{2(R + r)} = 20 \text{ (мкДж)}.$$

9.1. Установите соответствие между физическими величинами и единицами измерения этих величин в системе СИ.

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

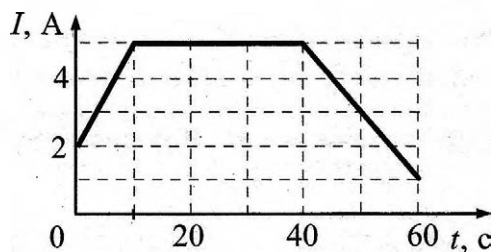
Физическая величина	Единица величины
А) Электрическое напряжение	1) Кулон (1 Кл)
Б) Электрический заряд	2) Ампер (1 А)
	3) Вольт (1 В)
	4) Ом (1 Ом)

Ответ:

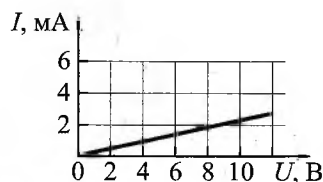
А	Б

9.2. Сила тока через проводник меняется со временем так, как показано на рисунке. Какой заряд пересекает поперечное сечение проводника за 60 секунд с момента начала отсчёта времени?

Ответ: _____ Кл



9.3. На рисунке изображен график зависимости силы тока в проводнике от напряжения между его концами. Чему равно сопротивление проводника?



Ответ: _____ кОм

9.4. Результаты измерения силы тока через резистор при разных напряжениях на его клеммах показаны в таблице:

$U, \text{В}$	0	1	2	3	4	5
$I, \text{А}$	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0

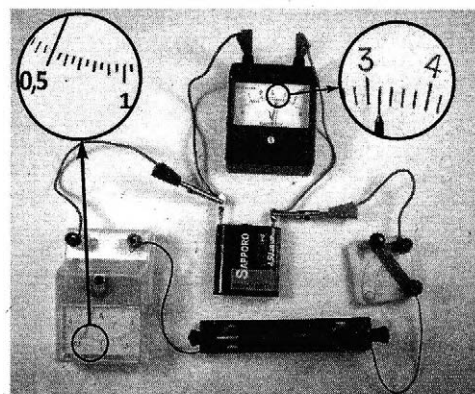
Чему равна сила тока при напряжении 3,5 В?

Ответ: _____ А

9.5. На рисунке приведена фотография электрической цепи, собранной учеником для исследования зависимости силы тока, проходящего через резистор, от напряжения на нем.

Чему должно быть равно напряжение на резисторе, чтобы через резистор протекал ток силой 0,9 А? Ответ округлить до десятых.

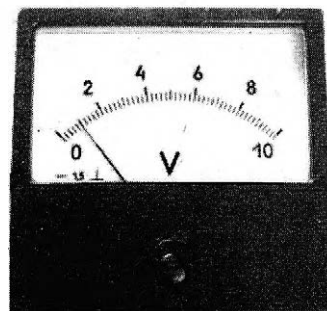
Ответ: _____ В



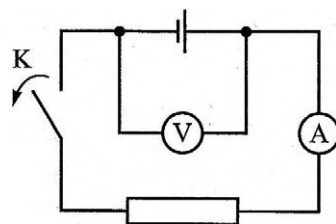
9.6. Запишите показания вольтметра с учетом погрешности измерений, считая ее равной цене деления прибора.

В ячейки бланка ответов № 1 два числа заносятся подряд без пробела.

Ответ: _____ ± _____ В



9.7. Для измерения ЭДС источника тока и его внутреннего сопротивления ученик собрал схему, представленную на рисунке. При этом идеальный вольтметр показывал 5 В, а амперметр 1 А. После размыкания ключа К вольтметр показал 6 В. Чему равны ЭДС источника и его внутреннее сопротивление?



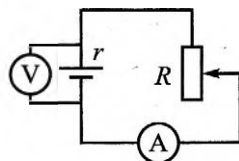
ЭДС источника, В	Внутреннее сопротивление источника, Ом

В ячейки бланка ответов № 1 два числа заносятся подряд без пробела.

Ответ:

--	--

9.8. При одном сопротивлении реостата вольтметр показывает 6 В, амперметр – 1 А (см. рисунок). При другом сопротивлении реостата показания приборов: 4 В и 2 А. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока? Амперметр и вольтметр считать идеальными.



О т в е т: _____ Ом

9.9. Источник тока с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r сначала был замкнут на внешнее сопротивление R . Затем внешнее сопротивление увеличили. Как при этом изменятся сила тока в цепи и напряжение на внешнем сопротивлении?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

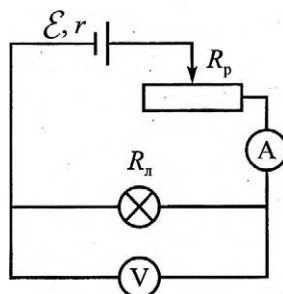
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока	Напряжение на внешнем сопротивлении

9.10. Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке.

Определите формулы, которые можно использовать для расчётов показаний амперметра и вольтметра. Измерительные приборы считать идеальными.

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



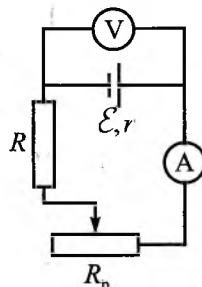
Показания приборов	Формулы для расчётов показаний приборов
А) Показания амперметра Б) Показания вольтметра	1) $\frac{\mathcal{E}R_n}{R_n + R_p + r}$; 2) $\mathcal{E}R_n - \mathcal{E}(R_p + r)$; 3) $\mathcal{E}(R_n + R_p + r)$; 4) $\frac{\mathcal{E}}{R_n + R_p + r}$

О т в е т:

А	Б

9.11. Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке. Определите формулы, которые можно использовать для расчётов показаний амперметра и вольтметра. Измерительные приборы считать идеальными.

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



Показания приборов	Формулы для расчётов показаний приборов
А) Показания амперметра Б) Показания вольтметра	1) $\mathcal{E}(R+r+R_p)$ 2) $\mathcal{E}/(R+r+R_p)$ 3) $\mathcal{E}(r+R_p)/(R+R_p)$ 4) $\mathcal{E}(R+R_p)/(R+r+R_p)$

Ответ:

А	Б

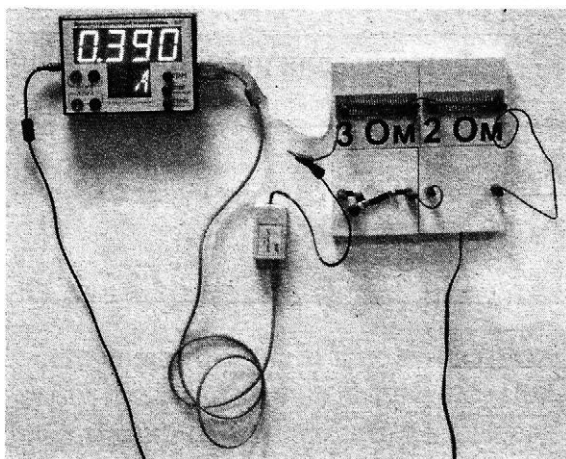
9.12. Имеются два участка цепи. Первый участок состоит из двух соединенных последовательно проводников цилиндрической формы с сопротивлением R и $2R$ соответственно. Во втором участке первый проводник имеет вдвое больше удельное сопротивление и вдвое большую площадь поперечного сечения, второй проводник имеет сопротивление $2R$ и соединен последовательно с первым проводником. Чему равно общее сопротивление первого и второго участков цепи?

Участок	Сопротивление участка
А) Первый участок цепи Б) Второй участок цепи	1) $2R$ 2) $3R$ 3) $2R/3$ 4) $4R$ 5) $5R/2$

Ответ:

А	Б

9.13. На фотографии – электрическая цепь. Цифровой датчик тока выводит на универсальный измеритель значения измеряемой силы тока в амперах.

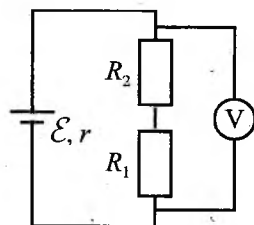


Какое напряжение покажет датчик напряжения, если его подключить параллельно резистору 2 Ом ?

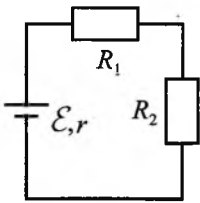
Ответ: _____ В

9.14. В схеме, изображённой на рисунке, ЭДС источника тока равна 5 В , его внутреннее сопротивление $r = 1\text{ Ом}$, а сопротивления резисторов $R_1 = R_2 = 2\text{ Ом}$. Какое напряжение показывает вольтметр?

Ответ: _____ В



9.15. Два резистора подключены к источнику тока с ЭДС \mathcal{E} (см. рисунок). Сопротивление первого резистора равно R_1 , напряжение на нём равно U_1 . Напряжение на втором резисторе равно U_2 . Чему равны сопротивление второго резистора и внутреннее сопротивление источника тока? Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Физическая величина	Формула
А) Сопротивление резистора R_2	1) $R_1 \frac{U_1}{U_2}$; 2) $R_1 \frac{U_2}{U_1}$; 3) $R_1 \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_2}{U_2}$; 4) $R_1 \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_2}{U_1}$
Б) Внутреннее сопротивление источника тока r	

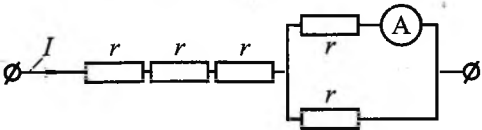
Ответ:

А	Б

9.16. Два резистора включены в электрическую цепь параллельно друг другу. Значения силы тока в резисторах $I_1 = 1,6\text{ A}$, $I_2 = 0,4\text{ A}$. Каково отношение сопротивлений резисторов R_2/R_1 ?

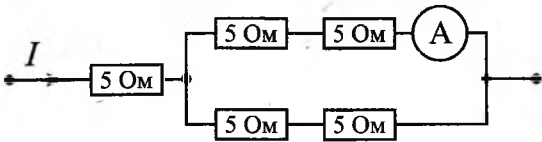
Ответ: _____

9.17. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 10\text{ A}$. Что показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



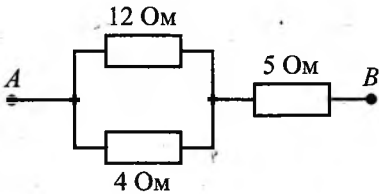
Ответ: _____ А

9.18. Какую силу тока показывает амперметр, если сила тока $I = 6\text{ A}$ (см. рис.)? Сопротивление амперметра мало по сравнению с сопротивлением резисторов.



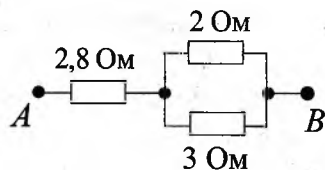
Ответ: _____ А

9.19. Чему равно сопротивление между точками A и B электрической цепи, представленной на рисунке?



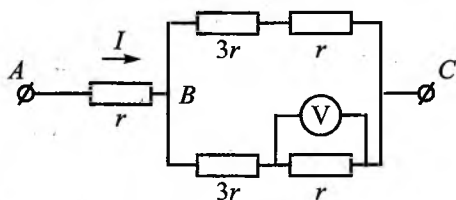
Ответ: _____ Ом

9.20. Определите сопротивление участка цепи между точками A и B (см. рис.).



Ответ: _____ Ом

9.21. На рисунке показана схема участка электрической цепи. По участку AB течёт постоянный ток $I = 4$ А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр, если сопротивление $r = 1$ Ом?



Ответ: _____ В

9.22. На рис. 1 и 2 показаны шкалы амперметра и вольтметра, включенных в цепь. Что покажет амперметр, когда при изменении положения движка реостата вольтметр покажет 2,3 В? Ответ округлите до десятых.

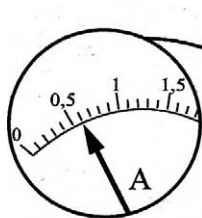


рис. 1

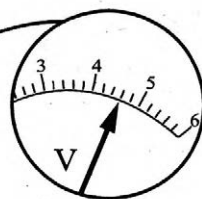
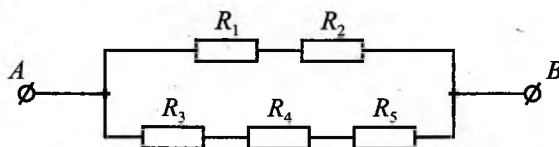


рис. 2

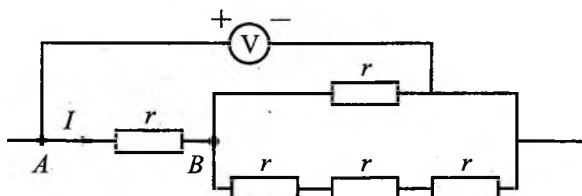
Ответ: _____ А

9.23. Сопротивление каждого резистора в схеме участка цепи на рисунке равно 100 Ом. Чему равно напряжение на резисторе R_2 при подключении источника постоянного напряжения 12 В к выводам A и B ?



Ответ: _____ В

9.24. Резисторы с сопротивлением $r = 2$ Ом каждый соединены в электрическую цепь (см. рисунок). По участку цепи AB течет ток $I = 2$ А. Рассчитайте напряжение, которое покажет идеальный вольтметр, местоположение которого показано на схеме?



Ответ: _____ В

9.25. Установите соответствие между формулами для расчёта физических величин в цепях постоянного тока и названиями этих величин. В формулах использованы обозначения:

W – мощность тока в резисторе; I – сила тока; U – напряжение на резисторе.

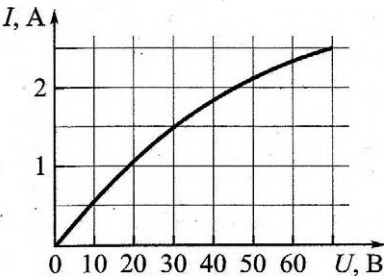
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Формула	Физическая величина
А) $\frac{W}{U}$	1) сила тока через резистор
Б) UI	2) напряжение на резисторе
	3) мощность тока в резисторе
	4) сопротивление резистора

Ответ:

А	Б

9.26. На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на ее клеммах. Чему равна мощность тока в лампе при силе тока 1,5 А?



Ответ:

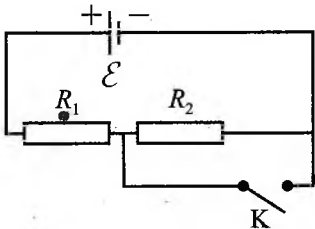
Вт

9.27. По участку цепи, состоящему из резистора $R = 8\text{ кОм}$, течёт постоянный ток $I = 100\text{ мА}$. За какое время на этом участке выделится количество теплоты $Q = 4,8\text{ кДж}$?

Ответ:

с

9.28. Цепь постоянного тока состоит из: источника тока с ЭДС \mathcal{E} и малым внутренним сопротивлением, двух резисторов и ключа (см. рисунок). Как изменятся напряжение на резисторе R_2 и суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи при замыкании ключа?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится;

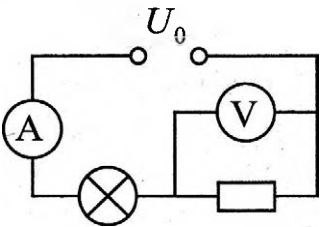
2) уменьшится;

3) не изменится.

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

Напряжение на резисторе R_2	Суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи

9.29. Показания идеальных амперметра и вольтметра в схеме, показанной на рисунке, равны соответственно I и U . Напряжение на клеммах источника тока с малым внутренним сопротивлением равно U_0 . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Физическая величина	Формула
А) мощность, потребляемая резистором Б) сопротивление резистора	1) $\frac{U_0 - U}{I}$; 2) $(U_0 - U)I$; 3) UI ; 4) $\frac{U}{I}$

Ответ:

А	Б

9.30. Три резистора, имеющие сопротивления $R_1 = 3$ Ом, $R_2 = 6$ Ом и $R_3 = 9$ Ом, включены параллельно в цепь постоянного тока. Чему равны отношение сил тока, протекающих через резисторы, и отношение работ электрического тока, при его прохождении через эти резисторы?

Физическая величина	Отношение физических величин, относящихся к резисторам R_1 , R_2 и R_3
А) Сила тока Б) Работа тока за одинаковое время	1) 2:3:6; 2) 1:2:3; 3) 3:2:1; 4) 6:3:2

Ответ:

А	Б

9.31. В первом опыте по проволочному резистору протекал ток. Для второго опыта взяли резистор из проволоки той же длины, но с вдвое большей площадью поперечного сечения. Через него пропустили вдвое больший ток. Как изменялись при переходе от первого опыта ко второму следующие три величины: мощность, выделяющаяся на резисторе в виде тепла, напряжение на нём и его сопротивление?

- Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
- увеличилась;
 - уменьшилась;
 - не изменилась.

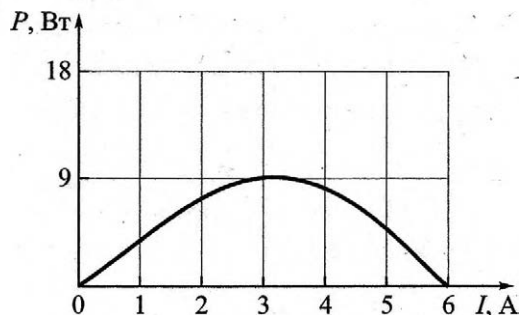
Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе	Напряжение на резисторе	Электрическое сопротивление резистора

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

9.32. Комната освещается люстрой из четырёх одинаковых параллельно включённых лампочек. Расход электроэнергии за час равен 0,36 МДж. Каким будет расход электроэнергии в час, если в квартире включить ещё четыре таких же параллельно соединённых лампочки?

Ответ: _____ МДж

9.33. Ученик исследовал зависимость тепловой мощности P , выделяющейся на реостате при изменении его сопротивления R от $(0 \text{ до } \infty)$, от силы тока в цепи. При проведении опыта реостат был подключён к источнику постоянного тока. График полученной зависимости приведён на рисунке.



Выберите два верных утверждения, соответствующие результатам опыта?

- 1) При силе тока в цепи 3 А на реостате выделяется минимальная мощность.
- 2) Внутреннее сопротивление источника равно 1 Ом.
- 3) При коротком замыкании в цепи сила тока будет равна 6 А.
- 4) ЭДС источника равно 9 В.
- 5) Сопротивление реостата, при котором на нем выделяется максимальная мощность равно 2 Ом.

Ответ:

--	--

9.34. На рисунке 1 показана зависимость сопротивления спирали лампы от температуры, на рисунке 2 – зависимость мощности лампы накаливания от температуры.

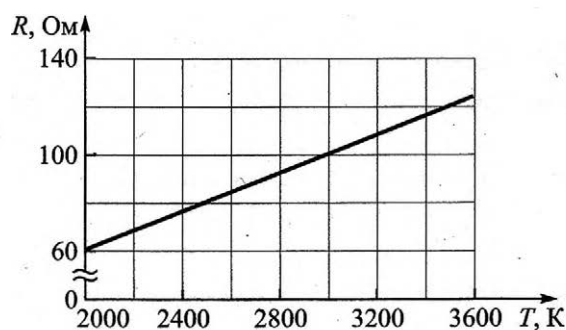


Рис. 1

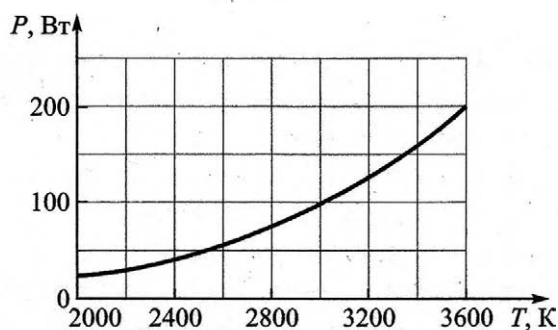


Рис. 2

Выберите два верных утверждения, которые можно сделать, анализируя эти зависимости.

- 1) Напряжение на спирали лампы при подводимой мощности $P = 200$ Вт меньше 140 В.
- 2) Сила тока через спираль лампы при подводимой мощности $P = 100$ Вт равна 1 А.
- 3) При напряжении на лампе 100 В температура нити накаливания равна 3000 К.
- 4) Мощность на лампе прямо пропорциональна напряжению на ней.
- 5) С ростом температура нити лампы сила тока через лампу снижается.

Ответ: _____

9.35. Выберите два верных утверждения.

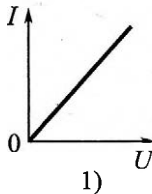
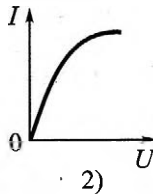
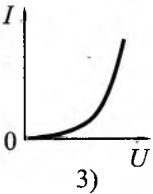
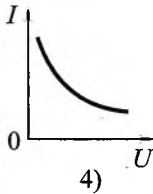
Существенное уменьшение сопротивления чистых полупроводников при нагревании объясняется существенным:

- 1) увеличением числа свободных электронов;
- 2) увеличением числа дырок;
- 3) увеличением скорости дрейфа свободных электронов;
- 4) увеличением скорости дрейфа дырок;
- 5) увеличением амплитуды колебаний ионов в узлах кристаллической решетки.

О т в е т:

--	--

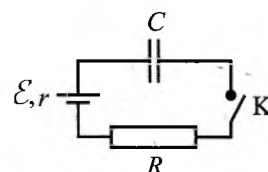
9.36. Поставьте в соответствие устройство, через которое протекает ток, и качественный вид его вольт-амперной характеристики.

Устройство	Вольт-амперная характеристика			
А) Металлический проводник				
Б) Полупроводниковый диод, включенный в прямом направлении	1)	2)	3)	4)

О т в е т:

А	Б

9.37. В электрической схеме последовательно соединены источник тока, резистор, разомкнутый ключ и конденсатор. Выберите два верных утверждения, описывающих процессы, протекающие после замыкания ключа К.

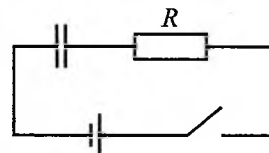


- 1) После замыкания ключа через резистор будет течь постоянный ток.
- 2) Сопротивление резистора повлияет на время зарядки конденсатора, но не на конечное напряжение на нем.
- 3) После длительного промежутка времени напряжение на конденсаторе станет равным ЭДС источника.
- 4) Ток через резистор вообще не потечет.
- 5) Количество теплоты, выделившейся на резисторе в ходе зарядки конденсатора, равно работе сторонних сил источника.

О т в е т:

--	--

9.38. Конденсатор подключен к источнику тока последовательно с резистором $R = 10 \text{ кОм}$ (см. рисунок). Результаты измерений напряжения между обкладками конденсатора представлены в таблице. Точность измерения напряжения $U = \pm 0,1 \text{ В}$.



$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$U, \text{ В}$	0	3,8	5,2	5,7	5,9	6,0	6,0	6,0

Оцените силу тока в цепи в момент $t = 2 \text{ с}$. Сопротивлением проводов и внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

О т в е т: _____ мкА

Тематический блок № 10

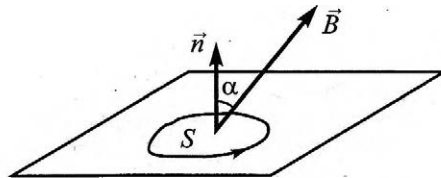
«Магнитное поле»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания по данной теме требует знания следующих понятий.

1. Механическое взаимодействие магнитов. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Принцип суперпозиции магнитных полей.
2. Линии магнитного поля. Картина линий поля полосового и подковообразного, длинного прямого проводника (правило буравчика), замкнутого кольцевого проводника, катушки с током.
3. Сила Ампера: её направление (правило левой руки) и величина $F_A = BIl \sin \alpha$, где α – угол между направлением тока в проводнике и вектором \vec{B} .
4. Сила Лоренца, её направление (правило левой руки) и величина $F_L = qvB \sin \alpha$, где α – угол между векторами \vec{v} и \vec{B} . Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Не следует забывать, что правило левой руки для определения ее направления формулируется для положительно заряженных частиц, а для электронов после его применения следует поменять направление вектора силы.
5. Явление электромагнитной индукции. Поток вектора магнитной индукции:

$$\Phi = B_n S = BS \cos \alpha.$$



Закон электромагнитной индукции Фарадея

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \bigg|_{\Delta t \rightarrow 0} = - \Phi'_t.$$

6. Направление (правило Ленца) и сила индукционного тока

$$I_i = \frac{1}{R} \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$$

7. ЭДС индукции в прямом проводнике длиной l , движущемся со скоростью $\vec{v} \perp \vec{l}$, в однородном магнитном поле $\mathcal{E}_i = Blv \sin \alpha$, где α – угол между векторами \vec{B} и \vec{l} .
8. Явление самоиндукции. Индуктивность. ЭДС самоиндукции

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

9. Энергия магнитного поля катушки с током

$$W_m = \frac{LI^2}{2}.$$

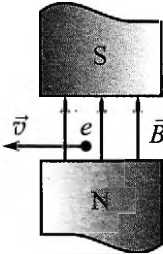
Эта тема тесно связана с развитием пространственного воображения и поэтому использует множество рисунков и «правил», заменяющих представления о векторном произведении двух векторов, используемых для описания темы в вузовском курсе физики.

Следует запомнить картины силовых полей источников магнитного поля, перечисленных в п. 2).

Сила Ампера и сила Лоренца расширяют круг сил, которые надо учитывать при написании второго закона Ньютона для движения проводников, подвешенных на проводах, и частиц, движущихся в магнитном поле. В частности при движении частиц вдоль линий магнитной индукции сила Лоренца равна нулю и частица будет двигаться по прямой. В случае движения частица перпендикулярно линиям магнитной индукции однородного поля сила Лоренца сообщает частице ц.с. ускорение ($F_{\text{л}} = mv^2/R$), что позволяет рассчитать радиус окружности и период обращения частицы по этой окружности. В случае частицы, влетающей в однородное магнитное поле под углом к вектору \vec{B} , частица движется «по окружности» в плоскости, перпендикулярной \vec{B} и одновременно смещается равномерно вдоль \vec{B} , в результате ее траекторией является винтовая линия с постоянным шагом.

Обращает на себя внимание задание № 13 КИМ ЕГЭ в котором необходимо выбрать направление вектора заданной физической величины из шести предложенных в тексте задания: *вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*. В бланк ответов нужно записать слово, соответствующее выбранному направлению (без пробелов, даже если в тексте ответов КИМ оно пишется отдельно!). Например,

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



В тексте КИМ
 О т в е т: к наблюдателю

В бланке ответов № 1

13	к	н	а	б	л	ю	д	а	т	е	л	ю				
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--

Важно при решении задач этой темы четко разделять источники внешнего магнитного поля (зачастую они отсутствуют на рисунке) и магнитное поле, возникающее в результате явления электромагнитной индукции и самоиндукции. То же относится к току, порождаемому внешним ЭДС, и индукционному току, возникающему за счет явления электромагнитной индукции. Если в условии сложной задачи нет слов «Пренебречь явлением электромагнитной индукции (самоиндукции)», следует понимать, что в большинстве экспериментально реализуемых случаев ток, протекающий в проводнике за счет химического источника тока, существенно больше индукционного тока, а явление самоиндукции эффект меньшего порядка, чем явление электромагнитной индукции (поэтому проявляется в основном при наличии катушек с сердечниками, имеющими большую индуктивность).

10.1. Поставьте в соответствие имена ученых и исторические опыты, названные их именем.

Ученый	Описание опыта
А) Ханс Христиан Эрстед Б) Андре-Мари Ампер	1) Взаимодействие двух параллельных проводников с током 2) Взаимодействие двух магнитных стрелок 3) Поворот магнитной стрелки вблизи проводника при пропускании через него тока 4) Возникновение электрического тока в катушке при вдвигании в нее магнита

О т в е т:

А	Б

жение двух параллельных проводников, по которым течет ток в одном направлении.

- 1) Проводники с током действуют друг на друга непосредственно.
- 2) Электростатические поля зарядов в проводниках непосредственно взаимодействуют друг с другом.
- 3) Магнитные поля токов непосредственно взаимодействуют друг с другом.
- 4) Магнитное поле первого проводника с током действует на движущиеся заряды во втором проводнике.
- 5) Магнитное поле второго проводника с током действует на движущиеся заряды в первом проводнике.

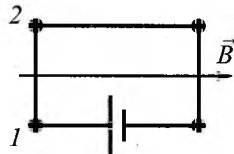
О т в е т:

--	--

10.7. Участок проводника длиной 10 см находится в магнитном поле индукцией 50 мТл. Сила Ампера при перемещении проводника на 8 см в направлении своего действия совершает работу 0,004 Дж. Чему равна сила тока, протекающего по проводнику? Проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции.

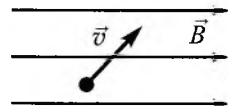
О т в е т: А

10.8. Электрическая цепь, состоящая из прямолинейных горизонтальных проводников и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор индукции которого \vec{B} направлен горизонтально вправо параллельно плоскости, образованной проводником (см. рисунок, вид сверху). Укажите, куда относительно рисунка направлена вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 1–2 (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*)



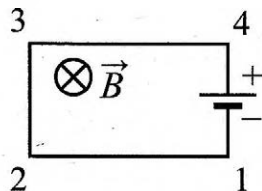
ОТВЕТ: 10.8 (в бланке ответов)

10.9. Электрон влетает в однородное магнитное поле под углом к вектору магнитной индукции (см. рисунок). Вектор скорости электрона лежит в плоскости рисунка. Куда (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) направлена сила Лоренца, действующая на электрон? *Ответ запишите словом (словами).*



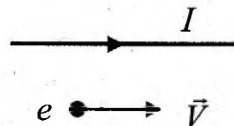
ОТВЕТ: 10.9 (в бланке ответов)

10.10. Куда направлена (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила Ампера, действующая на проводник 3–4 в однородном магнитном поле, направленном в плоскость рисунка от наблюдателя? Проводники 1–2, 2–3, 3–4 являются прямолинейными и расположены в плоскости рисунка. Ответ запишите словом (словами).



ОТВЕТ: 10.10 (в бланке ответов)

10.11. Электрон движется вдоль провода с током, по которому течет ток в направлении, указанном на рисунке. Укажите словами, куда направлена в этом случае сила Лоренца, действующая на электрон (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*).



ОТВЕТ: 10.11 (в бланке ответов)

10.12. Электрон и протон влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями v и $2v$, соответственно. Чему равно отношение модуля силы, действующей на электрон со стороны магнитного поля, к модулю силы, действующей на протон?

О т в е т: _____

10.13. Ион Na^+ массой m влетает в магнитное поле со скоростью v перпендикулярно линиям индукции магнитного поля с индукцией B . Поставьте в соответствие физические величины и выражения для их расчета.

Физические величины	Формулы для расчета
А) Сила Лоренца, действующая на ион Б) Радиус орбиты иона	1) $\frac{2\pi m}{eB}$; 2) $\frac{mv}{eB}$; 3) $\frac{2\pi mv}{eB}$; 4) eBv

О т в е т:

А	Б

10.14. Протон в однородном магнитном поле движется по окружности определенного радиуса. В это же поле с той же скоростью влетает α -частица. Радиус окружности, центростремительное ускорение и период обращения α -частицы по сравнению с протоном:

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

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

Радиус окружности	Центростремительное ускорение	Период обращения

10.15. В первом эксперименте в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиусом R со скоростью v движется ион Ag^+ . Во втором эксперименте с той же скоростью в то же поле запускают ион Ag^{2+} , который также движется по окружности. Что происходит во втором эксперименте с радиусом орбиты и периодом обращения иона?

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.

Радиус орбиты иона	Период обращения иона

10.16. Частица массой m , несущая заряд q , движется в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиусом R со скоростью u . Что произойдет с радиусом орбиты, периодом обращения и кинетической энергией частицы при увеличении скорости движения?

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.

Радиус орбиты	Период обращения	Кинетическая энергия

10.17. В однородном магнитном поле под действием силы Лоренца по окружности движется α -частица. Как должны измениться индукция магнитного поля и сила Лоренца, действующая на заряженную частицу, чтобы по такой же траектории стал двигаться протон с такой же скоростью, что и α -частица?

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.

Индукция магнитного поля	Модуль силы Лоренца

10.18. Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс $m_1/m_2 = 4$ влетели в однородные магнитные поля, векторы магнитной индукции которых перпендикулярны их скоростям: первая – в поле с индукцией B_1 , вторая – в поле с индукцией B_2 . Найдите отношение времен T_1/T_2 , затраченных частицами на один оборот, если отношение индукций $B_1/B_2 = 2$.

О т в е т: _____

10.19. Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Затем в этом же поле по той же окружности вращается электрон. Как изменились кинетическая энергия частицы, движущейся в магнитном поле, и частота ее обращения по окружности?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

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

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

Кинетическая энергия	Частота обращения

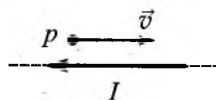
10.20. Во сколько раз радиус окружности, по которой движется α -частица, больше радиуса окружности, по которой движется электрон ($m_\alpha = 7360m_e$; $q_\alpha = 2q_e$) в однородном магнитном поле перпендикулярно вектору магнитной индукции, если их скорости одинаковы?

О т в е т: _____

10.21. Скорость заряженной частицы при ее ускорении после включения на некоторое время ускоряющего напряжения в циклотроне увеличивается 2 раза, оставаясь много меньшей скорости света (нерелятивистский случай). Чему равно отношение периодов обращения частицы по окружности до и после ускорения?

О т в е т: _____

10.22. Протон p имеет скорость \vec{v} , направленную горизонтально вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена действующая на протон сила Лоренца относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*)?



О т в е т: **10.22** (в бланке ответов)

10.23. Положительно заряженная частица, двигающаяся со скоростью \vec{v}_0 , в первом случае попадает в однородное магнитное (рис. 1), второй раз – в однородное электрическое поле (рис. 2). Взаимное расположение направления скорости частицы и силовых линий полей пока-

зано на рисунках. Установите соответствие между формой траектории частиц в каждом случае и видом электромагнитного поля.

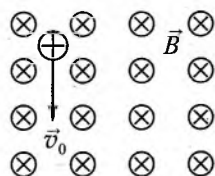


Рис. 1

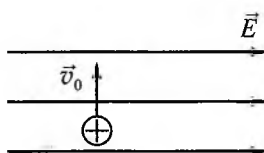


Рис. 2

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

Вид поля	Траектория
А) Магнитное поле	1) Прямая
Б) Электрическое поле	2) Окружность
	3) Спираль
	4) Парабола

О т в е т:

А	Б

10.24. Выберите из перечисленных ниже процессов два, которые объясняются явлением электромагнитной индукции?

- 1) Взаимное отталкивание двух параллельных проводников с током, по которым токи протекают в противоположных направлениях.
- 2) Самопроизвольный распад ядер.
- 3) Отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током.
- 4) Возникновение тока в металлической рамке, находящейся в постоянном магнитном поле, при изменении формы рамки.
- 5) Отклонение стрелки милливольтметра, присоединенного к катушке, при приближении к ней постоянного магнита.

О т в е т:

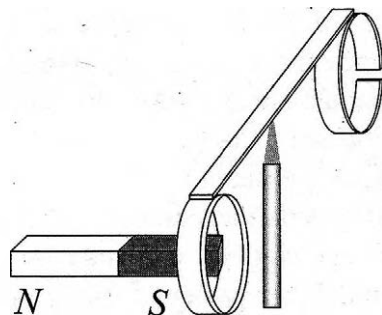
--	--

10.25. В начале демонстрации по проверке правила Ленца, все предметы, показанные на рисунке неподвижны. Если магнит выдвигать из алюминиевого кольца, то кольцо перемещается вслед за магнитом. Выберите два верных утверждения, объясняющих результат эксперимента.

- 1) Движение магнита и руки создает воздушный поток, увлекающий кольцо вслед за магнитом.
- 2) Магнит электризует кольцо зарядом противоположного знака и заряженное кольцо притягивается к магниту.
- 3) Притяжение магнита связано с явлением электромагнитной индукции.
- 4) Кольцо намагничивается и движется за южным полюсом магнита.
- 5) Направление индукционного тока таково, что сила Ампера компенсирует причину, вызывающую появление тока.

О т в е т:

--	--



10.26. Выберите два верных утверждения.

Магнитный поток через замкнутый плоский виток, помещенный в однородное магнитное поле с индукцией \vec{B}_0 , зависит от:

- 1) модуля вектора магнитной индукции и его направления по отношению к плоскости витка;
- 2) времени пребывания витка в магнитном поле;
- 3) площади витка;
- 4) электрического сопротивления витка;
- 5) вида источника, создающего магнитное поле.

О т в е т:

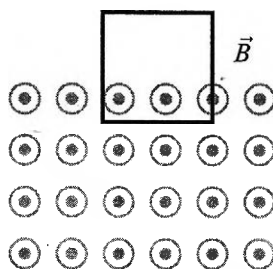
--	--

10.27. Магнитный поток, пронизывающий проволочную рамку, равномерно спадает до нуля за 0,5 с. При этом в рамке генерируется ЭДС, равная 8 мВ. Определите магнитный поток через рамку в начальный момент времени

О т в е т: _____ мВб

10.28. В область пространства, где однородное поле направлено на наблюдателя попадает рамка, падающая вертикально вниз (см. рисунок). Плоскость рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции.

Куда (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) направлен индукционный ток в нижней горизонтальной стороне рамки, погружающейся в магнитное поле? *Ответ запишите словом (словами).*

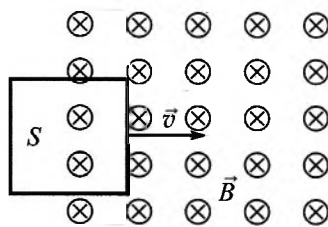


О т в е т: **10.28** (в бланке ответов)

10.29. Круглый проволочный виток площадью $S = 2 \text{ м}^2$ расположен перпендикулярно линиям вектора магнитной индукции однородного магнитного поля. Величина вектора магнитной индукции равна 0,04 Тл. За время $\Delta t = 0,01 \text{ с}$ магнитное поле равномерно спадает до нуля. Чему равна ЭДС индукции, генерируемая при этом в витке? Индуктивностью витка пренебречь.

О т в е т: _____ В

10.30. В некоторой области пространства создано однородное магнитное поле (см. рисунок). Квадратная металлическая рамка площадью S движется через границу этой области с постоянной скоростью v , направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно вектору магнитной индукции \vec{B} . ЭДС индукции, генерируемая при этом в рамке, равна \mathcal{E} . Если так же будет двигаться квадратная рамка площадью $4S$, изготовленная из того же материала, то ЭДС индукции будет равна $k\mathcal{E}$. Чему равен коэффициент k ?



О т в е т: _____

10.31. Четыре одинаковых проволоки длиной L каждая, связанные на концах проводящими шарнирами, образуют квадрат, помещенный в магнитное поле индукцией B , перпендикулярной плоскости квадрата. Сопротивление каждой проволоки равно R . Чему равен поток вектора магнитной индукции через рамку? Какой заряд протечет через гальванометр, соединенный последовательно с одной из проволок, если противоположные вершины квадрата растягивают до тех пор, пока он не превращается в прямой проводник?

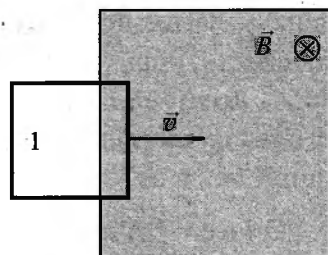
Поставьте в соответствие физические величины и формулы для их вычисления.

Физические величины	Формулы для вычисления величин
А) Поток вектора магнитной индукции через рамку в начальный момент времени	1) $\frac{BL^2}{R}$; 2) $\frac{BL^2}{4R}$; 3) BL^2 ; 4) BRL
Б) Заряд протекший через гальванометр	

Ответ:

А	Б

10.32. В заштрихованной на рисунке области действует однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости рисунка, с индукцией $B = 0,1$ Тл. Квадратную проводочную рамку, сопротивление которой 10 Ом и длина стороны 10 см, перемещают в этом поле в плоскости рисунка поступательно равномерно с некоторой скоростью v . При попадании рамки в магнитное поле в положении 1 в ней возникает индукционный ток, равный 1 мА. Какова скорость движения рамки?



Ответ: _____ м/с

10.33. Одна квадратная проводящая рамка вращается в однородном магнитном поле вокруг оси вращения параллельной вектору магнитной индукции (рис. а), вторая – в том же поле вокруг оси перпендикулярной ему (рис. б). Обе рамки вращаются вокруг одной из своих сторон, стороны рамок одинаковы:

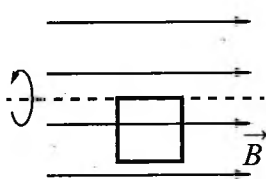


Рис. а

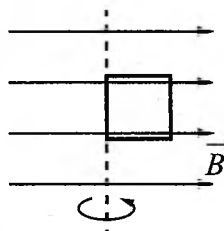


Рис. б

Выберите два верных утверждения.

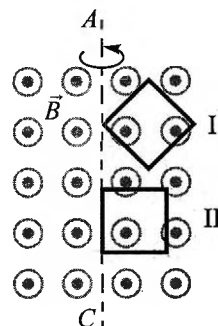
- 1) Поток вектора магнитной индукции остается равным нулю в ходе вращения рамки в обоих случаях.
- 2) Поток вектора магнитной индукции в первом случае не меняется, а во втором изменяется в ходе вращения рамки.
- 3) Поток вектора магнитной индукции в первом случае меняется, а во втором не изменяется в ходе вращения рамки.
- 4) Индукционный ток возникает только во второй рамке.
- 5) Индукционный ток возникает в обеих рамках.

Ответ:

--	--

10.34. В однородном магнитном поле вокруг оси AC с одинаковой частотой вращаются две одинаковые проводящие рамки (см. рисунок). Чему равно отношение амплитудных значений ЭДС индукции $\mathcal{E}_I / \mathcal{E}_{II}$, генерируемых в рамках I и II?

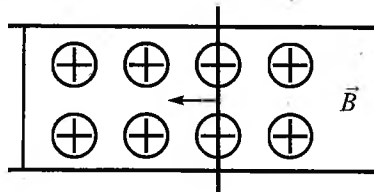
Ответ: _____



10.35. Рамка имеет площадь $0,05 \text{ м}^2$ и расположена в однородном магнитном поле с индукцией $0,04 \text{ Тл}$ так, что ее плоскость перпендикулярна линиям магнитной индукции. Рамку начинают вращать вокруг оси, проходящей через одну из сторон рамки с частотой 50 оборотов в секунду. Чему равна амплитуда переменной ЭДС индукции, генерируемой в рамке?

О т в е т: _____ В

10.36. По двум рельсам, соединенным перпендикулярной перекладиной (см. рисунок), начинают тянуть перемычку в направлении, указанном стрелкой. Вся конструкция расположена в магнитном поле, индукция которого перпендикулярна плоскости, образуемой рельсами. В каком направлении (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) действует сила со стороны магнитного поля на возникающий индукционный ток в перемычке?



О т в е т:

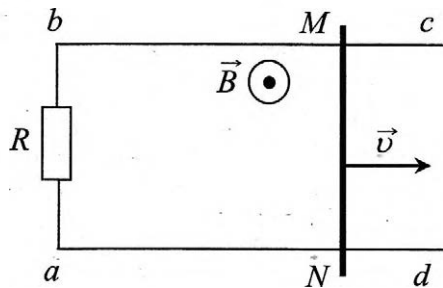
10.36																				
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 (в бланке ответов)

10.37. Плоский замкнутый виток тонкой проволоки площадью $S = 10^{-3} \text{ м}^2$ помещён в магнитное поле так, что вектор магнитной индукции поля перпендикулярен плоскости витка. Индукция магнитного поля меняется с течением времени по закону $B = a \cos(bt)$, где $a = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$, $b = 3500 \text{ с}^{-1}$. Чему равно электрическое сопротивление контура R , если в проводе возникают колебания тока с амплитудой $I_{\text{max}} = 35 \text{ мА}$?

О т в е т: _____ Ом

10.38 По горизонтальным параллельным металлическим рельсам bc и ad , замкнутым слева резистором с сопротивлением $R = 4 \text{ Ом}$, скользит проводящий стержень MN (рис. вид сверху) Однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,2 \text{ Тл}$ направлено перпендикулярно плоскости $abcd$. Сопротивление стержня и проводников пренебрежимо мало по сравнению с сопротивлением резистора. С какой скоростью движется стержень, если при его движении через резистор R протекает ток $I = 20 \text{ мА}$? Расстояние между рельсами равно 40 см .



О т в е т: _____ м/с

10.39. Выберите два верных утверждения. При пропускании через катушку с сердечником изменяющегося во времени тока у конца сердечника:

- 1) возникает постоянное магнитное поле;
- 2) возникает переменное магнитное поле;
- 3) возникает постоянное электрическое поле;
- 4) возникает переменное вихревое электрическое поле;
- 5) не возникает ни магнитного, ни электрического полей.

О т в е т:

--	--

10.40. При силе тока $I = 2 \text{ А}$ энергия магнитного поля катушки равна $2,5 \text{ мДж}$. Чему равна индуктивность катушки?

О т в е т: _____ мГн

10.41. Установите соответствие между единицами измерения СИ и комбинацией других единиц измерения, следующих из определений физических величин и физических законов. Например, $\text{Дж} \leftrightarrow \text{Н} \cdot \text{м} \leftrightarrow \text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2$.

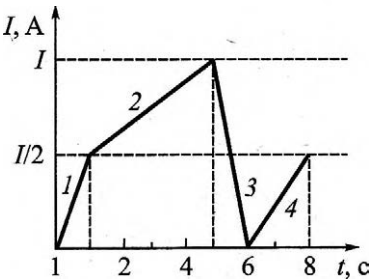
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Единица измерений	Комбинация единиц измерений
А) с	1) $\text{Гн} \cdot \text{А}/\text{с}$
Б) В	2) $\text{А}^2 \cdot \text{Ом}$
	3) $\text{кг}/(\text{Кл} \cdot \text{Тл})$
	4) $\text{Вб}/(\text{с} \cdot \text{Ом})$

Ответ:

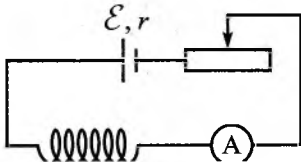
А	Б

10.42. На рисунке приведен график изменения силы тока в катушке индуктивности от времени. На каком участке графика модуль ЭДС самоиндукции максимален?



Ответ:

10.43. Сопротивление реостата в схеме, показанной на рисунке меняют так, что ток в цепи нарастает линейно от 1 А до 5 А за 2 с.

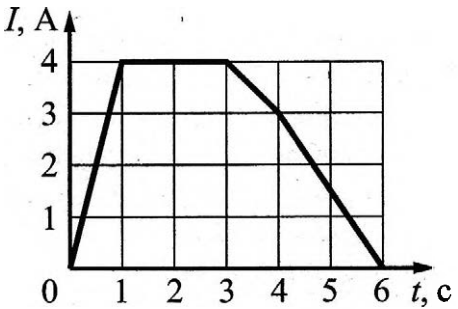


Чему равна индуктивность катушки, если в ней генерируется ЭДС самоиндукции равная 0,5 В?

Ответ:

Гн

10.44. На рисунке приведен график зависимости силы тока I от времени t в катушке индуктивностью 6 мГн. Выберите два правильных утверждения о процессах, происходящих в катушке.



- 1) Модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, минимален в интервале времени от 3 до 4 с.

2) Энергия магнитного поля катушки в интервале времени от 1 до 3 с оставалась равной 12 мДж

3) Скорость изменения тока в катушке была максимальной в интервале времени от 4 до 6 с.

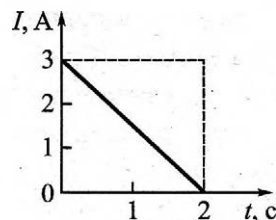
4) Модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в рамке, в интервале времени от 4 до 6 с равен 9 мВ.

5) Модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, максимален в интервале времени от 0 до 1 с.

Ответ:

--	--

10.45. На рисунке представлен график изменения силы тока в катушке с индуктивностью $L = 6$ Гн. Чему равна величина ЭДС самоиндукции?

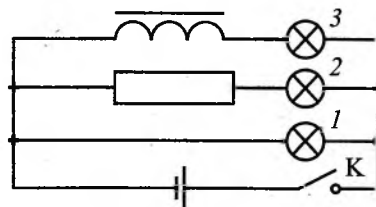


Ответ: _____ В

10.46. Катушка индуктивности подключена к источнику постоянного тока. Во сколько раз увеличится энергия магнитного поля катушки при увеличении силы тока через катушку в 3 раза?

Ответ: в _____ раз

10.47. На рисунке представлена электрическая схема по наблюдению явления самоиндукции. Сопротивление резистора равно сопротивлению проводов катушки. Выберите два верных утверждения, описывающих явления, возникающие при замыкании и размыкании ключа К.

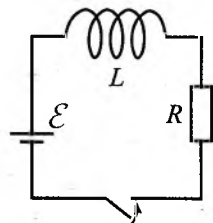


- 1) После замыкания ключа позже всех вспыхнет лампочка 2.
- 2) После замыкания ключа через большой промежуток времени ярче всех будет гореть лампочка 3.
- 3) При размыкании ключа все лампочки сразу погаснут.
- 4) При размыкании ключа все лампочки будут гореть некоторое время за счет энергии магнитного поля катушки.
- 5) При размыкании ключа ток в лампочке 1 поменяет свое направление.

Ответ:

--	--

10.48. В цепи последовательно соединены источник тока с малым внутренним сопротивлением, катушка индуктивности с малым сопротивлением проводов, резистор с сопротивлением 40 Ом и ключ. Выберите два верных утверждения о процессах в цепи, происходящих после замыкания ключа.



- 1) Сила тока в цепи постоянна и равна \mathcal{E}/R , так как сопротивление проводов катушки и внутреннее сопротивление источника равны нулю.
- 2) Сила тока в цепи постепенно нарастает до значения \mathcal{E}/R , благодаря явлению самоиндукции.
- 3) В каждый момент времени $\mathcal{E} - |\mathcal{E}_{\text{си}}| = IR$, где I – сила тока в цепи в данный момент времени.
- 4) ЭДС самоиндукции с течением времени нарастает.
- 5) По истечении большого промежутка времени ЭДС самоиндукции равно \mathcal{E} .

Ответ:

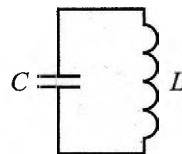
--	--

Тематический блок № 11 «Электромагнитные колебания и волны»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания по данной теме требует знания следующих понятий по данной теме.

1. Идеальный колебательный контур с конденсатором емкости C и катушки с индуктивностью L .



2. Свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре, приводящие к гармоническим колебаниям заряда

$$q = q_m \cos(\omega t + \varphi_0)$$

на каждой из пластин конденсатора ($\omega = 2\pi/T$).

3. Формула Томсона

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

4. Связь амплитуды заряда конденсатора с амплитудой силы тока через катушку в колебательном контуре при ее изменениях по гармоническому закону

$$i = q' = -\omega q_m \sin(\omega t + \varphi_0) = -I_m \sin(\omega t + \varphi_0).$$

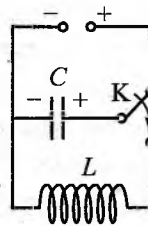
5. Закон сохранения энергии в идеальном колебательном контуре

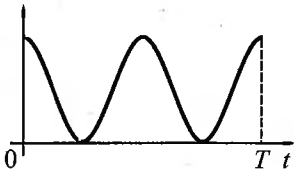
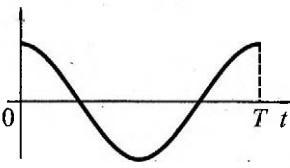
$$W = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \frac{LI_{\max}^2}{2} = \frac{q_{\max}^2}{2C}.$$

6. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс.
7. Переменный ток. Производство, передача и потребление электрической энергии
8. Свойства электромагнитных волн в вакууме ($c = \lambda\nu$). Взаимная ориентация векторов в электромагнитной волне $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$.
9. Шкала электромагнитных волн. Применение электромагнитных волн в технике и быту.

Эти знания могут проверяться в заданиях самого разного типа. Ниже приведен один из типов таких заданий.

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



Графики	Физические величины
 <p style="text-align: center;">А</p>	 <p style="text-align: center;">Б</p>
	1) Сила тока в катушке 2) Энергия магнитного поля катушки 3) Энергия электрического поля конденсатора 4) Заряд правой обкладки конденсатора

О т в е т:

А	Б

Понятие резонанса в колебательном контуре (п. 6) предполагает, наличие неидеальности в контуре, то есть наличие резистора или сопротивления проводов катушки, а также включение в контур генератора незатухающих колебаний, на выходных клеммах которого поддерживается синусоидальное напряжение постоянной амплитуды $U(t) = U_0 \cos \omega_0 t$. Генератор является аналогом внешней вынуждающей силы при рассмотрении резонансе в механических колебательных системах. Амплитуда установившихся вынужденных колебаний в контуре максимальна, когда ω_0 совпадает с циклической частотой в соответствующем идеальном колебательном контуре, т.е.

$$\omega_{\text{рез}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Понятия п. 7 напрямую связаны с темой «Явление электромагнитной индукции», где показывается, что при вращении в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} рамки из n витков провода площадью S с угловой скоростью ω в ней возникает ЭДС индукции, меняющаяся по закону

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = n\omega BS \cos(\omega t + \varphi_0) = \mathcal{E}_0 \cos(\omega t + \varphi_0).$$

Это явление лежит в основе выработки электроэнергии на электростанциях. Для уменьшения тепловых потерь в проводах при транспортировке электроэнергии по линиям электропередач используются повышающие и понижающие трансформаторы, действие которых также основано на явлении электромагнитной индукции (коэффициент трансформации зависит от соотношения числа витков в первичной и вторичной обмотках $k = U_1/U_2 = N_1/N_2$). При подаче напряжения, меняющегося по гармоническому закону, тепловая мощность на резисторе меняется в течение каждого периода. Для упрощения вычислений тепловой мощности P в цепях постоянного тока используют понятие действующего напряжения

$$\mathcal{E}_d = \frac{\mathcal{E}_0}{\sqrt{2}},$$

которое позволяет вычислять мощность по формулам аналогичным формуле для цепей постоянного тока $P = \mathcal{E}_d^2/R$. При подключении к источнику переменного напряжения конденсатора или идеальной катушки последовательно с резистором амплитуда силы тока при ее синусоидальном изменении зависит от частоты изменения напряжения. В цепи с конденсатором при малых частотах амплитуду силы тока можно рассчитать, вводя понятие «емкостное сопротивление» $R_C = 1/\omega C$. В цепи с катушкой при больших частотах амплитуду силы тока можно рассчитать, вводя понятие «индуктивное сопротивление» $R_L = L\omega$.

П. 9 предполагает знание взаимного расположения электромагнитных волн, излучаемых различными источниками, на шкале длин волн (длина волны возрастает в ряду гамма-рентген-ультрафиолет-фиолетовый-синий-голубой-зеленый-желтый-оранжевый-красный-инфракрасный-радио) или частот.

11.1. Учитель собрал цепь, представленную на рис. 1, соединив последовательно катушку с конденсатором и резистором. Сначала конденсатор был подключен к источнику напряжения (двухпозиционный переключатель в положении «вверх»), затем отключен от источника питания и соединен в катушкой (переключатель в положении «вниз»). Напряжение на катушке индуктивности измеряется цифровым датчиком напряжения, подсоединенным к ноутбуку. На экране компьютера получена картина, показанная на рис. 2. Затем учитель повторил все действия, предварительно вынув из катушки сердечник. На экране компьютера получена кривая, показанная на рис. 3.

Выберите два правильных утверждения.

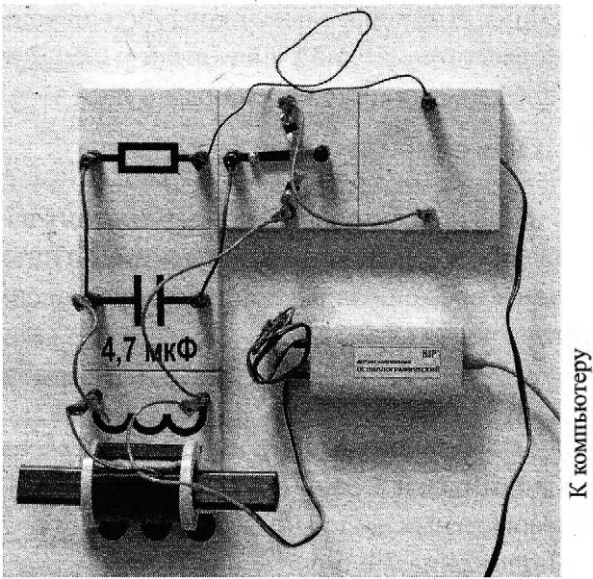


Рис. 1

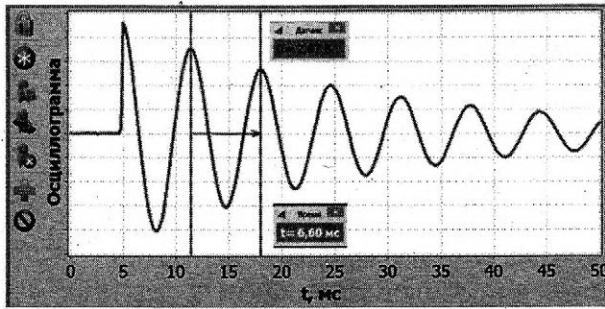


Рис. 2

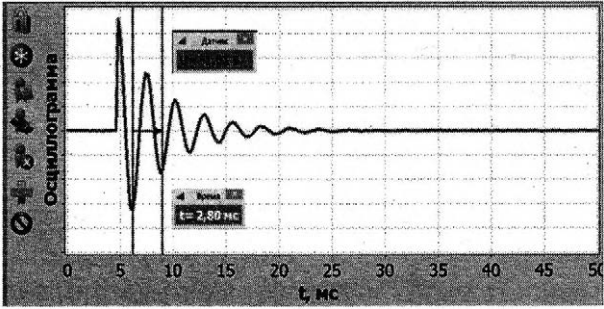


Рис. 3

На данной установке изучались:

- 1) автоколебательный процесс в генераторе;
- 2) вынужденные электромагнитные колебания;
- 3) явление электромагнитной индукции;
- 4) свободные электромагнитные колебания;
- 5) влияние индуктивности катушки на период колебаний в колебательном контуре.

Ответ:

--	--

11.2. Установите соответствие между закономерностью, наблюдаемой в конкретной установке, и названием электромагнитного явления, используемым при объяснении наблюдаемых на установке закономерностей.

Наблюдаемая закономерность	Явление, используемое для объяснения закономерности
А) В колебательном контуре в ходе разрядки конденсатора ток исчезает не сразу	1) Термоэлектронная эмиссия
Б) Максимальное значение тока, наблюдаемого в замкнутой катушке при удалении от нее магнита, растет с увеличением скорости движения магнита	2) Электромагнитная индукция
	3) Электростатическая индукция
	4) Самоиндукция
	5) Излучение электромагнитных волн

Ответ:

А	Б

11.3. В колебательном контуре в начальный момент времени напряжение на конденсаторе максимально. Период колебаний равен 2 мкс. Через какой промежуток времени напряжение на конденсаторе станет равным нулю?

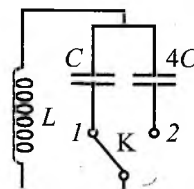
О т в е т: _____ мкс

11.4. Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора. В нём наблюдаются гармонические электромагнитные колебания с периодом $T = 5$ мс. В начальный момент времени заряд конденсатора максимален и равен $4 \cdot 10^{-6}$ Кл. Каков будет заряд конденсатора через $t = 2,5$ мс?

О т в е т: _____ мкКл

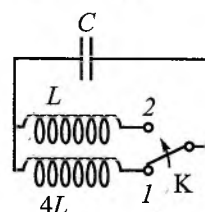
11.5. При положении ключа в положении 1 период электромагнитных колебаний равен 1 мкс (см. рисунок). Каким станет период собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ К перевести из положения 1 в положение 2?

О т в е т: _____ мкс



11.6. Каково отношение частот ν_1/ν_2 собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок) при положении ключа К в позиции 1 и в позиции 2?

О т в е т: _____



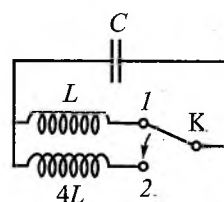
11.7. Конденсатор заряжают до одинакового напряжения и соединяют один раз на катушку с индуктивностью L , а второй раз на катушку с индуктивностью $4L$ (см. рисунок). Омическим сопротивлением проводов катушки можно пренебречь.

Как во втором случае изменятся частота колебаний и амплитуда тока, протекающего через катушку в ходе возникающих электромагнитных 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.



Частота колебаний тока	Амплитуда колебаний силы тока

11.8. В наборе радиодеталей для изготовления простого колебательного контура имеются две катушки с индуктивностями $L_1 = 1$ мкГн и $L_2 = 2$ мкГн, а также два конденсатора, емкости которых $C_1 = 30$ пФ и $C_2 = 40$ пФ. Поставьте в соответствие набор из двух деталей для контуров с наибольшей и наименьшей частотами собственных колебаний.

Частота эм колебаний в контуре	Состав контура
А) Минимально возможная частота	1) L_1 и C_1
Б) Максимально возможная частота	2) L_1 и C_2
	3) L_2 и C_2
	4) L_2 и C_1

О т в е т:

А	Б

11.9. Конденсатор колебательного контура заряжают от источника постоянного напряжения, а затем замыкают на катушки с различными индуктивностями: L_1, L_2, L_3 . Как изменяются параметры гармонических колебаний в колебательном контуре при уменьшении индуктивности катушек $L_1 > L_2 > L_3$?

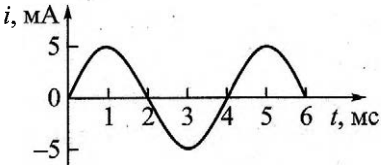
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Амплитуда колебаний заряда конденсатора	Частота колебаний	Амплитуда колебаний силы тока

11.10. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, состоящем из последовательно соединенных конденсатора и катушки, индуктивность которой равна 0,2 Гн. Чему равно максимальное значение энергии магнитного поля катушки?



О т в е т: _____ мДж

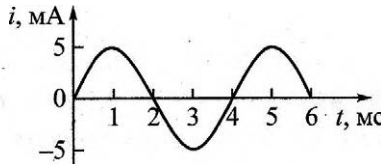
11.11. В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

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

Вычислите индуктивность катушки контура, если емкость конденсатора равна 50 пФ. Ответ округлить до целых.

О т в е т: _____ мГн

11.12. График зависимости силы тока i от времени t при свободных гармонических колебаниях в колебательном контуре показан на рисунке. Каким станет период свободных колебаний в контуре, если конденсатор в этом контуре заменить на конденсатор в четыре раза меньшей ёмкости?



О т в е т: _____ мкс

11.13. Зависимость заряда на пластинах конденсатора от времени в идеальном колебательном контуре представлена формулой (все величины выражены в СИ)

$$q(t) = 4 \cdot 10^{-4} \cdot \cos(4000t).$$

Индуктивностью катушки в контуре 2 мГн.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимость от времени в условиях данной задачи. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические величины	Формулы
А) Сила тока в колебательном контуре Б) Энергия магнитного поля катушки	1) $1,6 \cdot \cos(4000t + \pi/2)$ 2) $32 \cdot \sin(4000t)$ 3) $2,56 \cdot 10^{-3} \cdot \sin^2(4000t)$ 4) $2,56 \cdot 10^{-3} \cdot \cos^2(4000t)$

Ответ:

А	Б

11.14. При свободных электромагнитных колебаниях в идеальном колебательном контуре максимальная сила тока через катушку равна I . Известна ёмкость конденсатора C и индуктивность катушки L . Как, зная эти три величины, выразить максимальный заряд на конденсаторе и максимальную энергию конденсатора в ходе колебаний. Установите соответствие между названиями рассчитываемых физических величин и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

Физические величины	Формулы
А) максимальный заряд пластины конденсатора Б) максимальная энергия электрического поля конденсатора	1) $\frac{I}{\sqrt{LC}}$ 2) $\frac{CI^2}{2}$ 3) $\frac{LI^2}{2}$ 4) $I\sqrt{LC}$

Ответ:

А	Б

11.15. В двух идеальных колебательных контурах происходят незатухающие электромагнитные колебания. Максимальное значение заряда конденсатора во втором контуре равно 6 мкКл. Амплитуда колебаний силы тока в первом контуре в 2 раза меньше, а период его колебаний в 3 раза меньше, чем во втором контуре. Определите максимальное значение заряда конденсатора в первом контуре.

Ответ: _____ мкКл

11.16. В двух колебательных контурах происходят свободные незатухающие гармонические колебания с периодами 90 нс и 30 нс в первом и втором контурах, соответственно.

В контурах совпадают индуктивности катушек и максимальный заряд на пластинах конденсаторов. Во сколько раз амплитудное значение силы тока во втором контуре больше, чем в первом?

Ответ: _____ раз(а)

11.17. Выберите в каких из двух приведенных случаев вокруг описанного объекта в пространстве возникает электромагнитная волна.

- 1) По проводнику течет переменный ток.
- 2) По проводнику течет постоянный ток.
- 3) Заряженная частица движется равномерно и прямолинейно.
- 4) Заряженная частица движется равномерно по дуге окружности.
- 5) Магнит движется прямолинейно и равномерно.

О т в е т:

--	--

11.18. Выберите два верных утверждения о вкладе ученых в развитие представлений электродинамики об излучении электромагнитных волн.

- 1) Максвелл, опираясь на эксперименты Фарадея по исследованию электромагнитной индукции, теоретически предсказал существование электромагнитных волн.
- 2) Герц, опираясь на теоретические предсказания Максвелла, обнаружил электромагнитные волны экспериментально.
- 3) Максвелл, опираясь на эксперименты Герца по исследованию электромагнитных волн, создал теорию их распространения в вакууме.
- 4) Фарадей, опираясь на эксперименты Герца по изучению электромагнитных волн, открыл явление электромагнитной индукции.
- 5) Герц, опираясь на закон электромагнитной индукции Фарадея, теоретически получил значение скорости распространения электромагнитных волн.

О т в е т:

--	--

11.19. Выберите два верных утверждения о взаимном расположении векторов скорости распространения электромагнитных волн, магнитной индукции и напряженности электрического поля в распространяющейся волне.

- 1) $\vec{B} \parallel \vec{E}$.
- 2) $\vec{B} \perp \vec{E}$.
- 3) $\vec{v} \perp \vec{E}$.
- 4) $\vec{E} \parallel \vec{v}$.
- 5) $\vec{v} \parallel \vec{B}$.

О т в е т:

--	--

11.20. Выберите среди приведённых примеров электромагнитные излучения с максимальной и минимальной длиной волны:

- 1) рентгеновское;
- 2) ультрафиолетовое;
- 3) инфракрасное;
- 4) видимое;
- 5) радиоволны.

О т в е т:

--	--

11.21. При настройке контура радиопередатчика его индуктивность увеличили. Как при этом изменятся следующие величины: частота излучаемых волн, длина волны излучения?

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.

Частота излучаемых волн	Длина волны излучения

11.22. Выберите 2 верных утверждения среди 5 приведенных. Повышающий трансформатор на электростанциях используется для повышения:

- 1) силы тока в линиях электропередач;
- 2) частоты передаваемого напряжения;
- 3) периода колебаний передаваемого напряжения;
- 4) доли энергии доставляемой до потребителя;
- 5) напряжения в линиях электропередач.

Ответ:

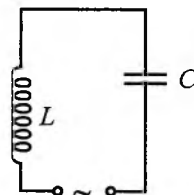
--	--

11.23. Напряжение на выходных клеммах генератора меняется по закону $U(t) = 280 \cos 100t$. Чему равно действующее значение напряжения в этом случае (ответ округлить до целых)?

Ответ: _____ В

11.24. Напряжение на конденсаторе в цепи (см. рисунок) меняется по закону $U_C = U_0 \cos \omega t$, где $U_0 = 314$ В, $\omega = 2000\pi$ с⁻¹. Определите период колебаний напряжения.

Ответ: _____ с



11.25. Емкость конденсатора, включенного в цепь переменного тока, равна 6 мкФ. Уравнение колебаний напряжения на конденсаторе имеет вид: $U = 50 \cos(1 \cdot 10^3 t)$, где все величины выражены в СИ. Найдите амплитуду силы тока.

Ответ: _____ А

Тематический блок № 12 «Геометрическая оптика»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания по данной теме требует знания следующих понятий.

1. Прямолинейное распространение света в однородной среде. Луч света.
2. Закон отражения света $\alpha = \beta$. Построение изображений в плоском зеркале.
3. Закон преломления света

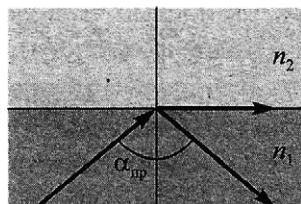
$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \gamma.$$

Абсолютный $n = c/v$ и относительный $n_{\text{отн}} = n_2/n_1 = v_1/v_2$ показатели преломления.

4. Соотношение частот ($\nu_1 = \nu_2$) и длин волн ($\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$) при переходе монохроматического света через границу раздела двух оптических сред.
5. Ход лучей в призме.
6. Полное внутреннее отражение.

Предельный угол полного внутреннего отражения

$$\sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{1}{n_{\text{отн}}} = \frac{n_2}{n_1}.$$



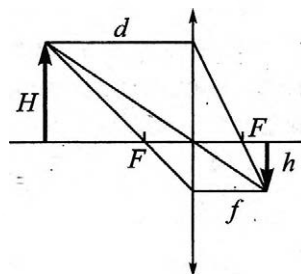
7. Собирающие и рассеивающие линзы. Тонкая линза. Фокусное расстояние F и оптическая сила $D = 1/F$ тонкой линзы.

8. Формула тонкой линзы

$$\frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{F}.$$

Увеличение, даваемое линзой

$$\Gamma = \frac{h}{H} = \frac{f}{d}.$$



9. Ход луча, прошедшего линзу под произвольным углом к её главной оптической оси. Построение изображений точки и отрезка прямой в собирающих и рассеивающих линзах и их системах.

10. Фотоаппарат как оптический прибор. Глаз как оптическая система.

П. 1 проверяется обычно на заданиях, связанных с образованием тени.

П. 2 требует знания, что углы падения α и β отсчитываются от перпендикуляра восстановленного в точке падения луча, а также того, что расстояния от зеркала до предмета и его изображения равны между собой.

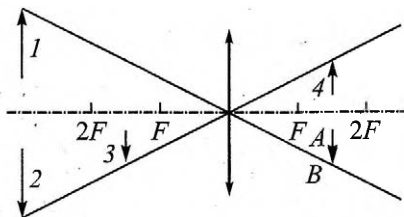
Пп. 3 и 4 проверяются обычно в совокупности.

П. 5 требует умения построения картины преломления на обеих границах призмы, приводящих к тому, что падающий из воздуха на грань стеклянной призмы луч отклоняется в сторону основания треугольного сечения призмы.

В п. 6 следует понимать, что явление возможно только при переходе луча из среды с большим показателем преломления в среду с меньшим показателем.

П. 7 требует знаний определения фокуса и оптической силы линз, а также умения строить изображение светящейся точки, расположенной вне оптической оси с использованием лучей, ход которых известен (параллельный оптической оси, проходящий через фокус и через центр линзы). Например:

Какому из предметов 1, 2, 3 или 4 соответствует изображение АВ в тонкой линзе с фокусным расстоянием F ?



О т в е т: предмету № 1.

Полезно также знать все типы изображений, получаемых в собирающей (при расположении предмета на расстояние больше двух фокусных, от двойного фокусного до фокусного и меньше фокусного) и для рассеивающей линзы.

Использование формул п. 8 проверяется зачастую в совокупности, требуют понимания использования знаков в формуле тонкой линзы в зависимости от типа линзы и получения мнимого или действительного изображения.

П. 9 предполагает знание того, что лучи, идущие параллельно друг другу, но непараллельно оптической оси, собираются в фокальной плоскости линзы. Это свойство лучей позволяет строить ход произвольного луча и помогает при построении изображения точечного источника лежащего на оптической оси линзы.

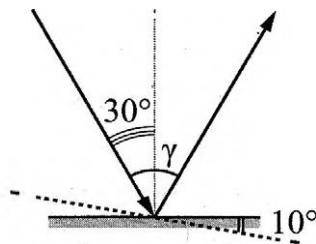
П. 10 предполагает, что рассматриваются простейшие оптические системы фотоаппарата и глаза с одной собирающей линзой, дающие уменьшенное, действительное и перевернутое изображение, и проверяет умение использовать знание хода лучей в собирающей линзе.

12.1. К потолку комнаты высотой 3 м прикреплена люминесцентная лампа длиной 1,5 м. На высоте 1,5 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск диаметром 1,5 м. Центр лампы и центр диска лежат на одной вертикали. Определите минимальный линейный размер тени от диска на полу.

О т в е т: _____ м

12.2. Угол падения света на горизонтальное плоское зеркало равен 30° . Зеркало поворачивают на 10° (см. рис.). Каким станет угол γ между падающим и отражённым лучами после такого поворота, если падающий луч не изменит своего направления?

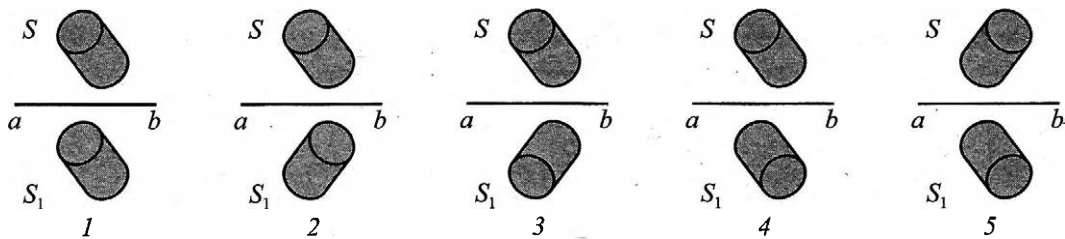
О т в е т: _____ $^\circ$



12.3. На сколько градусов изменится угол между падающим на плоское зеркало и отраженным лучами при увеличении угла падения на 10° ?

О т в е т: на _____ $^\circ$

12.4. Источник света неправильной формы S отражается в плоском зеркале ab . Выберите два рисунка, на которых правильно изображены источник света и его изображение.



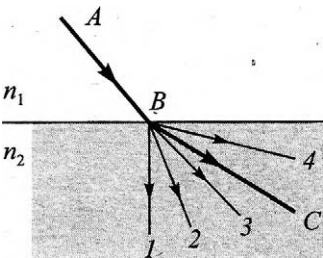
Ответ:

--	--

12.5. Расстояние от карандаша до его изображения в плоском зеркале было равно 50 см. Карандаш отодвинули от зеркала на 10 см. Чему стало равно расстояние между карандашом и его изображением?

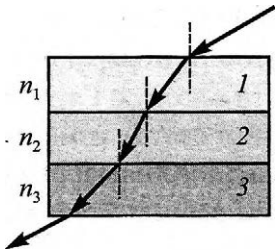
Ответ: _____ см

12.6. Луч AB преломляется в точке B на границе раздела двух сред с показателями преломления $n_1 > n_2$ и идет по пути BC (см. рисунок). По какому пути пойдет луч AB , если показатель n_2 увеличить, сохранив условие $n_1 > n_2$?



Ответ: _____

12.7. Луч света падает из воздуха в прозрачную среду 1, (показатель преломления n_1), затем проходит через прозрачную среду 2 (показатель преломления n_2), а затем через слой прозрачной жидкости (показатель преломления n_3). На рисунке показан ход луча света. Укажите среды максимальным и минимальным показателями преломления.

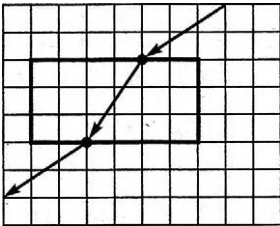


Среда с минимальным показателем преломления	Среда с максимальным показателем преломления

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

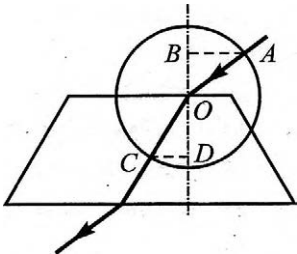
12.8. На рисунке дан ход лучей, полученный при исследовании прохождения луча через плоскопараллельную пластину. Чему равен показатель преломления материала пластины на основе этих данных? Ответ округлить до десятых.

Ответ: _____



12.9. На рисунке показан ход луча в пластине с двумя параллельными гранями. Прочерчивание окружности радиусом OA равным 13 см позволило измерить расстояния $OB = 5$ см и $OD = 12$ см. Каков по этим данным показатель преломления материала пластины?

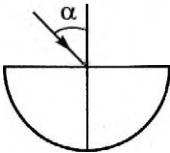
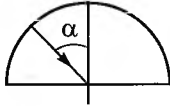
Ответ: _____



12.10. Исследовались возможные способы наблюдения полного внутреннего отражения. В первом из них узкий пучок света шёл из воздуха в стекло (рис. 1), во втором – из стекла в воздух (рис. 2). Показатель преломления стекла в обоих случаях n .

При каких углах падения возможно наблюдение этого явления?

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

Способ наблюдения	Условия наблюдения
<p>А) Свет идёт из воздуха в стекло</p>  <p>Рис. 1</p>	<p>1) Наблюдать нельзя ни при каких углах падения</p> <p>2) Наблюдается при $\alpha > \alpha_0$, где $\sin \alpha_0 = 1/n$</p> <p>3) Наблюдается при $\alpha < \alpha_0$, где $\sin \alpha_0 = 1/n$</p> <p>4) Наблюдается при $\alpha > \alpha_0$, где $\sin \alpha_0 = n$</p>
<p>Б) Свет идёт из стекла в воздух</p>  <p>Рис. 2</p>	

О т в е т:

А	Б

12.11. Из глубины соленого озера с постоянной скоростью всплывает вертикально вверх водолаз, на голове которого укреплен источник света, который можно считать точечным. При этом на поверхности озера заметно пятно, образованное лучами света, выходящими из жидкости в воздух. Глубина расположения источника (расстояние от поверхности жидкости до источника света), измеренная через равные промежутки времени, а также соответствующий радиус светлого пятна представлены в таблице. Погрешность определения радиуса 0,05 м. Выберите два верных утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

Глубина погружения, м	14	12	10	8	6	4	2
Радиус пятна, м	12,52	10,73	8,94	7,16	5,37	3,58	1,79

- Показатель преломления соленой воды около 1,5.
- Образование пятна на поверхности обусловлено рассеянием света в растворе соли.
- Отношение радиуса пятна к глубине погружения источника увеличивается с уменьшением глубины.
- Граница пятна движется равномерно.
- Угол полного внутреннего отражения в воде равен 45° .

О т в е т:

--	--

12.12. Измеряют характеристики выпуклой тонкой линзы, изготовленной из стекла с показателем n сначала в воздухе, а затем в жидкости с показателем преломления $n_1 < n$.

Как меняются фокусное расстояние и оптическая сила линзы при переходе из воздуха в жидкость.

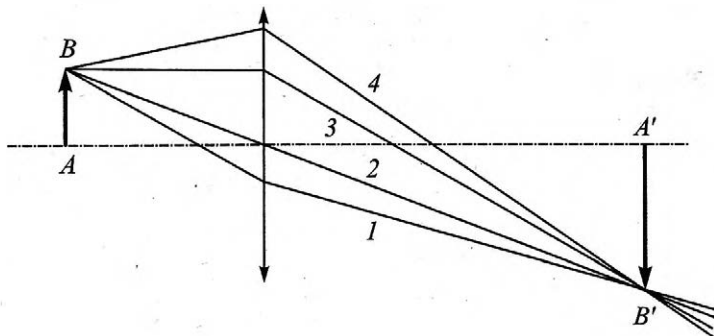
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- увеличивается;
- уменьшается;
- не изменяется.

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

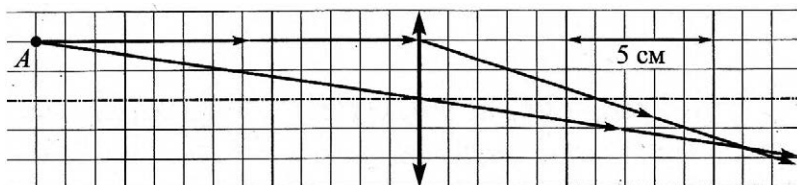
Фокусное расстояние	Оптическая сила

12.13. Изображение предмета AB в тонкой собирающей линзе представлено стрелкой $A'B'$ (см. рисунок). Укажите, какой из лучей 1, 2, 3 или 4 проходит через фокус линзы.



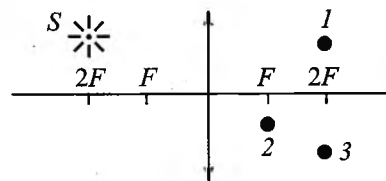
Ответ: _____

12.14. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света A через тонкую линзу. Чему примерно равна оптическая сила линзы? Ответ округлить до целых.



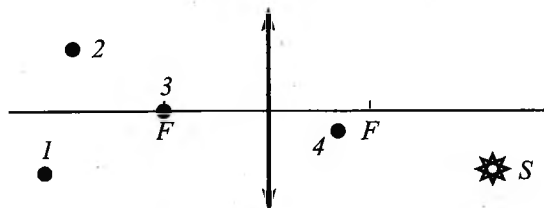
Ответ: _____ дптр

12.15. Укажите точку, в которой находится изображение светящейся точки S (см. рисунок), создаваемое тонкой собирающей линзой?



Ответ: _____

12.16. С помощью тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F получают изображение светящейся точки S (см. рисунок). Какая из точек (1, 2, 3 или 4), показанных на рисунке, правильно показывает положение изображения точки S ?



Ответ: _____

12.17. Установите соответствие между расстоянием от линзы до предмета и расстоянием от линзы до изображения предмета, когда предмет находится на расстоянии полутора и двух с половиной фокусных расстояний F от линзы.

Расстояние от предмета до линзы	Расстояние от линзы до изображения предмета
<div>А) $1,5F$</div> <div>Б) $2,5F$</div>	<div>1) Менее F</div> <div>2) От F до $2F$</div> <div>3) Более $2F$</div>

Ответ:

А	Б

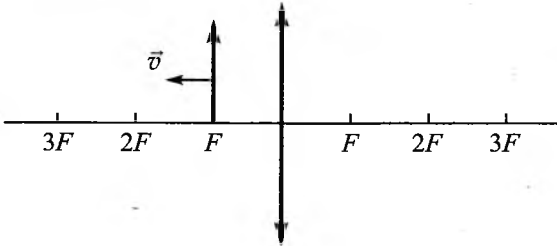
12.18. Установите соответствие между типом изображения в собирающей линзе с фокусным расстоянием F и расстоянием d от источника света до линзы.

Расстояние d от линзы до источника	Тип изображения
<div>А) $0,5F$</div> <div>Б) $1,5F$</div>	<div>1) Уменьшенное, действительное</div> <div>2) Увеличенное, действительное</div> <div>3) Увеличенное, мнимое</div> <div>4) Уменьшенное, мнимое</div>

Ответ:

А	Б

12.19. Установите соответствие между характеристиками изображения и изменением расстояния от линзы до источника света при перемещении источника (см. рисунок) от точки, близкой к фокусу до расстояния $3F$.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Расстояние от линзы до изображения	Размер изображения

12.20. От экрана до мобильного телефона 30 см. Ровно посередине между телефоном и экраном лупа. Когда телефон зазвонил, на экране возникло четкая, но перевернутая фамилия абонента. Каково фокусное расстояние линзы?

Ответ:
 см

12.21. В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием F перпендикулярно этой оси. Расстояние a от линзы до спирали больше $2F$. Сначала в опыте использовали собирающую линзу, а затем рассеивающую. Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами изображения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Вид линзы	Свойства изображения
А) линза собирающая Б) линза рассеивающая	1) Действительное, перевёрнутое, уменьшенное 2) Мнимое, уменьшенное, прямое 3) Действительное, увеличенное, прямое 4) Мнимое, уменьшенное, перевёрнутое

Ответ:

А	Б

12.22. Установите соответствие между оптическим прибором (устройством) и типом изображения, получаемым с его помощью.

Оптические приборы	Тип изображения
А) Мультимедиа проектор Б) Дверной глазок	1) Уменьшенное, мнимое 2) Увеличенное, действительное 3) Уменьшенное, действительное 4) Увеличенное, мнимое

Ответ:

А	Б

12.23. Собирающая линза дает четкое изображение пламени свечи на экране, если свеча располагается на расстоянии 0,2 м, а экран на расстоянии 0,5 м от линзы. Вычислите фокусное расстояние линзы с точностью до сотых.

Ответ: _____ м

12.24. Предмет высотой 6 см расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 30 см от ее оптического центра. Оптическая сила линзы 5 дптр. Найдите высоту изображения предмета.

Ответ: _____ см

12.25. Лампочку перемещают вдоль главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F из точки A в точку B и получают четкое изображение лампочки, устанавливая экран в точках A' и B' , соответственно. Как меняются при переходе от точки A к точке B расстояние от линзы до экрана, на котором получают изображение, и размер изображения, если точка A расположена на расстоянии $2,5F$, а точка B на расстоянии $1,5F$ от линзы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Расстояние от линзы до экрана	Размер изображения на экране

12.26. Светящаяся точка на главной оптической оси тонкой собирающей линзы приближается от точки удаленной от линзы на расстояние $3F$ к фокусу. Как при таком перемещении меняются расстояние от линзы до изображения и оптическая сила линзы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Расстояние от линзы до экрана	Оптическая сила линзы

12.27. Во сколько раз размер изображения небольшого предмета, получаемого с помощью тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 40$ см на экране, больше размера самого предмета, если предмет расположен в 50 см от линзы. Предмет расположен вблизи главной оптической оси линзы.

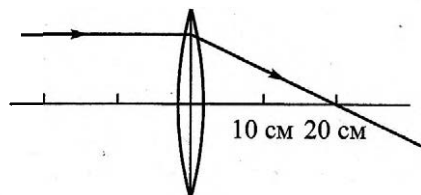
О т в е т: _____

12.28. В рассеивающей линзе получено изображение букв, когда буквы располагаются на листе перпендикулярном оптической оси линзы на расстоянии трех фокусных расстояний. Чему равно отношение высоты изображения букв к высоте букв на листе?

О т в е т: _____

12.29. На рисунке показана линза из очков человека с дефектом зрения. Выберите два верных утверждения о дефекте зрения и очках человека. Человек:

- 1) страдает близорукостью.
- 2) страдает дальнозоркостью.
- 3) носит очки с оптической силой $+5$ дптр.
- 4) носит очки с оптической силой $+20$ дптр.
- 5) носит очки с оптической силой -5 дптр.



О т в е т:

--	--

12.30. Расстояние наилучшего зрения для конкретного человека равно 40 см. На каком расстоянии от зеркала ему нужно находиться, чтобы лучше рассмотреть своё изображение в зеркале?

О т в е т: _____ см

Тематический блок № 13

«Волновая оптика»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания по данной теме требует знания следующих понятий по данной теме.

1. Интерференция света. Когерентные источники. Условия наблюдения максимумов ($\Delta d = m\lambda$, d – разность хода волн от источника до данной точки экрана, m – целое число) и минимумов ($\Delta d = (2m - 1)\lambda/2$), в интерференционной картине от двух синфазных когерентных источников (опыт Юнга и его современные аналоги).
2. Дифракция света. Дифракционная решётка. Условие наблюдения главных максимумов при нормальном падении монохроматического света с длиной волны λ на решётку с периодом d ($d \sin \varphi_k = k\lambda$, k – порядок дифракционного максимума, φ_k – направление на максимум порядка k).
3. Дисперсия света.

Задания по этой теме содержат следующие понятия, вводимые раньше при рассмотрении электромагнитных волн иной природы и механических волн, которые надо применять к электромагнитным волнам оптического диапазона ($\lambda = 400\text{--}800$ нм при изменении от монохроматического света, вызывающего у человека ощущение фиолетового, к свету, вызывающему ощущение красного цвета):

- шкала электромагнитных волн. Свойства электромагнитных волн. Взаимная ориентация векторов в электромагнитной волне в вакууме $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$. Скорость распространения света и длина волны ($c = \lambda_0 \nu$);
- абсолютный показатель преломления и скорость распространения волны $n = c/v = \lambda_0/\lambda$.

Требуется знание примеров явлений, описываемых с помощью формализма об интерференции волн от двух когерентных источниках (окрашивание тонких прозрачных пленок, просветление оптики, радужные цвета пятен бензина на воде и т.п.), дисперсии (получение спектра с помощью призмы, радуга после дождя), примеров использования дифракционной решетки (спектрометры), поляризации (жидкокристаллические мониторы компьютеров и телефонов).

Следует обратить внимание, что в качественных заданиях о современных аналогах опыта Юнга и о дифракционной решетке (в случае, когда угол на направление на интерференционный максимум мал или расстояние x между ближайшими максимумами мало по сравнению с расстоянием L от щелей до экрана) можно использовать приближенную формулу $\lambda d \approx x/L$).

13.1. Выберите два явления из перечисленных, которые могут быть истолкованы с использованием представлений о том, что свет – поток частиц.

- 1) Дифракция.
- 2) Интерференция.
- 3) Прямолинейное распространение света в однородной среде.
- 4) Отражение.
- 5) Поляризация.

О т в е т:

--	--

13.2. Поставьте в соответствие описание оптического явления и его название.

Описание явления	Название явления
А) При вращении двух параллельных пластин из исландского шпата вокруг общей оси, перпендикулярной пластинам, меняется интенсивность проходящего через пластины солнечного света	1) Поляризация 2) Дисперсия 3) Дифракция
Б) При падении на стеклянную призму узкого пучка солнечного света на стене за ней наблюдаются цветные пятна	4) Интерференция 5) Отражение

О т в е т:

--	--

13.3. Свет переходит из воздуха в стекло с показателем преломления n . Выберите два верных утверждения об изменении характеристик световой волны.

- 1) Частота и скорость света уменьшились в n раз.
- 2) Частота и скорость света увеличились в n раз.
- 3) Длина волны и скорость света уменьшилась в n раз.
- 4) Частота не изменилась, а скорость света уменьшилась в n раз.
- 5) Длина световой волны и скорость света увеличились в n раз.

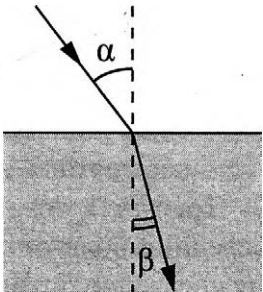
О т в е т:

--	--

13.4. Узкий световой пучок входит из воздуха в стекло (см. рисунок). Что происходит при таком переходе света из одной среды в другую с частотой электромагнитных колебаний в световой волне и со скоростью их распространения? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

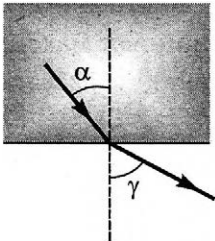


Частота	Скорость

13.5. Световой пучок выходит из стекла в воздух (см. рисунок). Что происходит при этом с частотой электромагнитных колебаний в световой волне, скоростью их распространения, длиной волны? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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



Частота	Скорость	Длина волны

13.6. Пучок света переходит из воды в воздух. Частота световой волны – ν , скорость света в воде – v , показатель преломления воды относительно воздуха – n . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические величины	Формулы
А) Длина волны света в воздухе Б) Длина волны света в воде	1) $\frac{v}{nv}$; 2) $\frac{nv}{v}$; 3) $\frac{nv}{v}$; 4) $\frac{v}{v}$

О т в е т:

А	Б

13.7. Скорость света в воде – v ; скорость света в воздухе – c ; длина световой волны в воде – λ . Установите соответствие между физическими величинами А и Б и формулами, по которым их можно рассчитать на основании приведенных величин.

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

Физические величины	Формулы
А) Показатель преломления воды относительно воздуха Б) Длина световой волны в воздухе	1) $\frac{\lambda \cdot c}{v}$; 2) $\frac{v}{c}$; 3) $\frac{v \cdot \lambda}{c}$; 4) $\frac{c}{v}$

О т в е т:

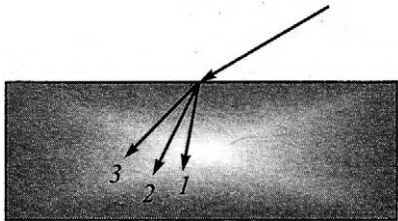
А	Б

13.8. Источник с частотой электромагнитных колебаний $2,5 \cdot 10^{12}$ Гц возбуждает в некоторой среде электромагнитные волны длиной 60 мкм. Определите абсолютный показатель преломления этой среды.

О т в е т: _____

13.9. Ход лазерных лучей трех цветов при падении на границу раздела воздух–стекло показан на рисунке. Поставьте в соответствие цвет луча и его номер на рисунке.

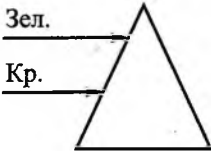
Цвет луча	Номер луча на рисунке
А) Зеленый	1) 1
Б) Красный	2) 2
В) Синий	3) 3



О т в е т:

А	Б	В

13.10. На боковую грань прямой стеклянной призмы падают параллельные друг другу и лежащие в одной плоскости, параллельной треугольному основанию призмы, зеленый и красный «лучи» лазеров (см. рисунок). Выберите два верных утверждения.



- 1) Лучи останутся параллельны внутри призмы.
- 2) Лучи не останутся параллельными внутри призмы.
- 3.) Лучи после призмы разойдутся так, что не пересекутся.
- 4) Лучи останутся параллельными после призмы.
- 5) Лучи после призмы пересекутся.

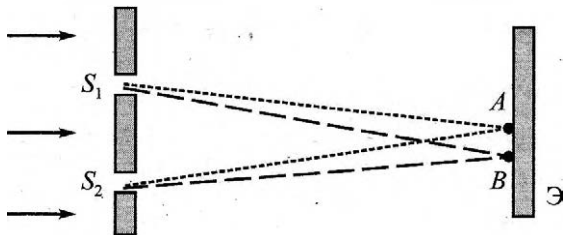
О т в е т:

--	--

13.11. Проводят опыты по демонстрации дисперсии (1), поляризации (2), дифракции (3), интерференции (4) света. Какой из опытов соответствует следующему описанию «Если за непрозрачным диском, освещенным ярким источником света небольшого размера, поставить фотопленку, исключив попадание на нее отраженных от стен комнаты лучей, то при проявлении пленки после большой выдержки в центре тени можно обнаружить светлое пятно».

О т в е т: _____

13.12. На две щели в экране слева падает плоская монохроматическая световая волна перпендикулярно экрану (см. рисунок). Длина световой волны λ . Щели S_1 и S_2 можно считать когерентными синфазными источниками. Свет от щелей достигает экрана Э. На нём наблюдается интерференционная картина. В точке A наблюдается темная полоса, в точке B – светлая.



Поставьте в соответствие точки и условия наблюдения интерференционного максимума и минимума.

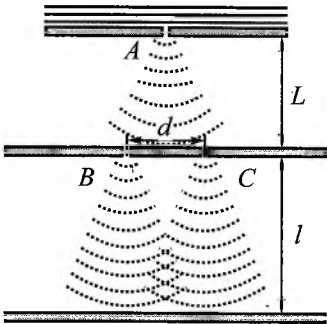
Место на экране	Условие наблюдения светлой или темной полосы
А) Точка A	1) $S_2A - S_1A = (2k + 1)\lambda/2$, где k – целое число
Б) Точка B	2) $S_2A - S_1A = 2k \cdot \lambda/2$, где k – целое число
	3) $S_2B - S_1B = (2k + 1)\lambda/2$, где k – целое число
	4) $S_2B - S_1B = 2k \cdot \lambda/2$, где k – целое число

О т в е т:

А	Б

13.13. В классическом опыте Юнга по интерференции пучок света, прошедший через узкое отверстие A , освещает отверстия B и C , за которыми на экране возникает интерференционная картина (см. рисунок).

Что что произойдет с расстоянием между центрами светлых полос и расстоянием между центрами темных полос в интерференционной картине, если увеличить расстояние d вдвое?



Расстояние	Характер изменения расстояния
А) Между центрами светлых полос	1) Увеличится
Б) Между центрами темных полос	2) Уменьшится
	3) Не изменится

О т в е т:

А	Б

13.14. На плоскую непрозрачную пластину с двумя узкими параллельными щелями падает по нормали плоская монохроматическая волна из зеленой части видимого спектра. За пластиной на параллельном ей экране наблюдается черед зеленых полос разделенных неосвещенными участками. Изменив параметры установки, добиваются того, что расстояние между центрами неосвещенных участков увеличивается. Выберите два утверждения, с описанием изменений, позволяющих наблюдать такое изменение в интерференционной картине.

- 1) На щели пустили волну из синей части спектра.
- 2) На щели пустили волну из красной части спектра.
- 3) Увеличили расстояние между щелями на пластине.
- 4) Уменьшили расстояние между щелями на пластине.
- 5) Приблизили экран к пластине.

О т в е т:

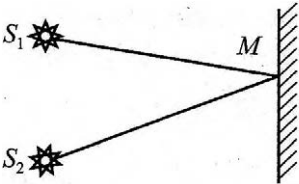
--	--

13.15. Луч от лазера направляется перпендикулярно плоскости дифракционной решетки (см. рисунок) в первом случае с периодом d , а во втором – с периодом $2d$. Каково отношение расстояний x_1/x_2 между нулевым и первым дифракционным максимумами на удаленном экране в первом и втором случаях.



О т в е т: _____

13.16. Когерентные источники света S_1 и S_2 находятся в среде с показателем преломления 1,5 (см. рисунок). В точке M наблюдается второй интерференционный минимум. Расстояния S_1M и S_2M отличаются на 0,6 мкм. Какова частота излучения источников света (1 терагерц = $1\text{ ТГц} = 10^{12}\text{ Гц}$)?



О т в е т: _____ ТГц

13.17. Дифракционная решетка с периодом d освещается нормально падающим узким пучком лазера с длиной волны λ . В первом случае наблюдают дифракционную картину на удаленном экране $L \gg x_1$, во втором – на экране, расположенном расстоянии L , сравнимым с расстоянием x_1 между первым и нулевым дифракционными максимумами.

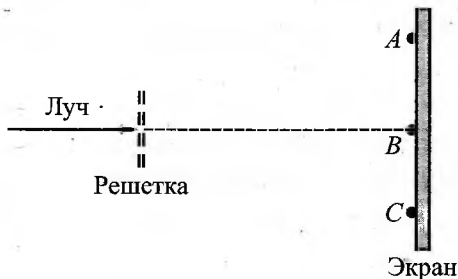
Поставьте в соответствие условия наблюдения картины и формулы для достаточно точного вычисления расстояние x_3 между нулевым и третьим дифракционными максимумами.

Условие наблюдения	Формула для вычисления
А) Экран на расстоянии $L \gg x_1$	1) $L \operatorname{tg}\left(\arcsin \frac{3\lambda}{d}\right)$; 2) $L \sin\left(\arctg \frac{3\lambda}{d}\right)$; 3) $L \frac{3\lambda}{d}$; 4) $L \sin\left(\frac{3\lambda}{d}\right)$
Б) Экран на расстоянии $L \approx x_1$	

О т в е т:

А	Б

13.18. Перпендикулярно на дифракционную решетку пускают поочередно лазерный луч красного цвета, а затем зеленого цвета. На линии ABC экрана (см. рисунок) наблюдается серия ярких световых пятен. Выберите два верных утверждения описывающих наблюдаемые явления.



- 1) При смене лазера расстояние между пятнами не изменится.
- 2) В обоих случаях в точке B будет наблюдаться белое пятно.
- 3) При смене лазера пятно в точке B не сместится, остальные сдвинутся к нему.
- 4) При смене лазера пятно в точке B не сместится, остальные отодвинутся от него.
- 5) В первом случае в точке B будет наблюдаться красное пятно, во втором зеленое.

О т в е т:

--	--

13.19. На дифракционную решетку с периодом $0,004$ мм падает по нормали плоская монохроматическая волна с длиной волны 500 нм. Какое число дифракционных максимумов можно наблюдать на экране, параллельном решетке?

О т в е т: _____

13.20. Луч лазера с длиной волны 650 нм падает на дифракционную решетку (500 штрихов на 1 мм) перпендикулярно плоскости решетки. Сколько дифракционных максимумов наблюдается на экране, расположенном в 40 см от плоскости решетки параллельно ей.

О т в е т: _____

Тематический блок № 14
«Специальная теория относительности»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания по данной теме требует знания следующих понятий по данной теме.

1. Постулаты СТО: инвариантность модуля скорости света в вакууме и принцип относительности Эйнштейна.

2. Энергия свободной частицы

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

3. Импульс частицы

$$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

4. Энергия покоя свободной частицы

$$E_0 = mc^2.$$

5. Связь массы и энергии свободной частицы

$$E^2 - (pc)^2 = (mc^2)^2.$$

Задания открытого банка говорят о том, что в заданиях первой части КИМ проверяется в основном п. 1, а в заданиях второй части используется п. 4. Формулы, приведенные в пп. 2, 3 и 5 следует применять только, если в условиях не оговорено, что движущаяся частица имеет скорость много меньше скорости света или не является релятивистской.

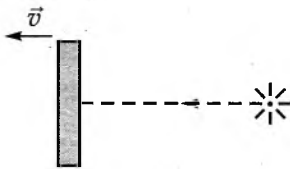
14.1. Выберите среди приведенных выражений два утверждения, являющихся постулатами специальной теории относительности.

- 1) Механические явления во всех инерциальных системах отсчета протекают одинаково (при одинаковых начальных условиях).
- 2) Любые физические явления во всех инерциальных системах отсчета протекают одинаково (при одинаковых начальных условиях).
- 3.) Любые физические явления в любых системах отсчета протекают одинаково (при одинаковых начальных условиях).
- 4) Механические явления в любых системах отсчета протекают одинаково (при одинаковых начальных условиях).
- 5) Скорость света во всех инерциальных системах отсчета постоянна.

О т в е т:

--	--

14.2. Свет от неподвижного источника падает перпендикулярно поверхности зеркала. Зеркало в одном случае удаляется от источника со скоростью v (см. рисунок), в другом – приближается к нему с той же скоростью.



Поставьте в соответствие выражение для вычисления скорости отраженного света относительно источника в соответствии с постулатами СТО и направление перемещения отражающего зеркала.

Направление перемещения зеркала	Формула для расчета скорости отраженного света
А) К неподвижному источнику Б) От неподвижного источника	1) $c - v$; 2) $c + v$; 3) c ; 4) $c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

О т в е т:

А	Б

14.3. Пучок света падает на собирающую линзу первый раз параллельно её главной оптической оси на расстоянии h от этой оси, второй раз – проходит через ее центр. Линза находится в вакууме, её фокусное расстояние равно F . С какой скоростью распространяется свет за линзой в первом и втором случае? Скорость света от неподвижного источника в вакууме равна c .

Поставьте в соответствие выражение для вычисления скорости прошедшего через линзу света и направление падающего на линзу пучка света.

Направление падения светового пучка на линзу	Формула для расчета скорости света за линзой
А) Параллельно оптической оси на расстоянии h от нее Б) Вдоль оптической оси через центр линзы	1) $\frac{c\sqrt{(F^2+h^2)}}{F}$; 2) c ; 3) $\frac{ch}{F}$; 4) $\frac{Fc}{F+h}$

О т в е т:

А	Б

14.4. Один ученый проверяет закономерности электромагнитных колебаний в колебательном контуре на Земле, а другой ученый – в лаборатории на космическом корабле, летящем вдали от звезд и планет с выключенным двигателем. Выберите два утверждения, соответствующие представлениям специальной теории относительности.

- Если колебательные контуры одинаковые, то эти закономерности будут:
- 1) одинаковыми при любом модуле скорости корабля;
 - 2) одинаковыми только в том случае, если скорость корабля мала по сравнению со скоростью света;
 - 3) одинаковыми, если корабль удаляется от Земли, разными, если приближается к ней;
 - 4) одинаковыми, если корабль приближается к Земле, и разными, если удаляется от нее;
 - 5) одинаковыми, при любом направлении скорости корабля.

О т в е т:

--	--

14.5. Два электрона, испущенные одновременно радиоактивным веществом, движутся в противоположных направлениях со скоростями 210 000 км/с относительно наблюдателя в лаборатории. Чему равно расстояние между электронами в лабораторной системе отсчета через 2 секунды после их излучения?

О т в е т: _____ км

14.6. Выберите два верных утверждения.

Формулы специальной теории относительности можно использовать при описании движения:

- 1) только микроскопических тел, скорости которых близки к скорости света;
- 2) только макроскопических тел, скорости которых близки к скорости света;
- 3) микроскопических тел, двигающихся с любой скоростью;
- 4) макроскопических тел, двигающихся с любой скоростью;
- 5) микроскопических тел, двигающихся со скоростью, большей скорости света.

О т в е т:

--	--

14.7. Скорость одного электрона составляет 60% от скорости света, скорость второго электрона составляет 80% от скорости света в вакууме. Сколько процентов составляет импульс первого от импульса второго электрона?

О т в е т: _____ %

Тематический блок № 15
«Квантовая физика. Атом»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания по данной теме требует знания следующих понятий по данной теме.

1. Гипотеза М. Планка о квантах. Формула Планка. Фотоны. Энергия фотона

$$E_{\text{ф}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}.$$

2. Импульс фотона

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}.$$

3. Фотоэффект. Опыты А.Г. Столетова. Законы фотоэффекта (красная граница фотоэффекта $h\nu_0 = hc/\lambda_0 = A_{\text{вых}}$). Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Задерживающий потенциал $U_{\text{зад}}$

$$h\nu = \frac{mv^2}{2} + A_{\text{вых}}; \quad \frac{mv^2}{2} = eU_{\text{зад}}.$$

4. Волны де Бройля. Длина волны де Бройля движущейся частицы со скоростью v :

$$\lambda = \frac{h}{mv}.$$

5. Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов на кристаллах.

6. Давление света на полностью отражающую и на полностью поглощающую поверхность

$$p_{\text{отр}} = \frac{2W}{c} \quad \text{и} \quad p_{\text{погл}} = \frac{W}{c}$$

(размерность $[W] = \text{Вт/м}^2$).

7. Планетарная модель атома. Постулаты Бора. Излучение и поглощение фотонов при переходе атома с одного уровня энергии на другой

$$h\nu_{mn} = |E_m - E_n|.$$

Линейчатые спектры.

8. Спектр уровней энергии атома водорода

$$E_n = -\frac{R_p}{n^2},$$

где $R_p = 13,6 \text{ эВ}$.

9. Лазер.

Обратим внимание, что в заданиях с развернутым ответом, если формула не входит в Кодификатор, то требуется вывод формулы. В качестве примера, приведем задание развернутого ответа с объяснением качественного явления «Давление света».

При изучении давления света проведены два опыта с одним и тем же лазером. В первом опыте свет лазера направляется на пластинку, покрытую сажей, а во втором – на зеркальную пластинку такой же площади. В обоих опытах пластинки находятся

на одинаковом расстоянии от лазера и свет падает перпендикулярно поверхности пластинок. Как изменится сила давления света на пластинку во втором опыте по сравнению с первым? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

Возможное решение

Сила давления света во втором опыте больше, чем в первом.

В первом опыте происходит поглощение световой волны. Этот процесс можно рассматривать как поглощение за время t большого числа $N \gg 1$ квантов света – фотонов. Каждый фотон при поглощении передаёт пластинке импульс $p_\phi = h\nu/c$, поэтому пластинка получает импульс, равный сумме импульсов поглощённых фотонов:

$$p_\Sigma = Np_\phi = \frac{N h \nu}{c}.$$

В результате поглощения света пластинкой, покрытой сажей, она приобретает за время t импульс p_Σ в направлении распространения света от лазера. В соответствии с законом изменения импульса тела в инерциальной системе отсчёта скорость изменения импульса тела равна силе, действующей на него со стороны других тел или полей:

$$F_1 = \frac{p_\Sigma}{t} = \frac{N h \nu}{t c}.$$

В результате отражения света от зеркальной пластины отражённый квант имеет импульс, противоположный по знаку импульсу кванта падающей волны: $\vec{p}'_\phi = -\vec{p}_\phi$, поэтому отражённая волна имеет импульс $p'_\Sigma = -N' p_\phi = -N' h\nu/c$. В итоге за время t импульс волны под действием зеркальной пластинки изменился. Это изменение

$$\Delta p_\Sigma = (-p'_\Sigma) - p_\Sigma = -(N + N')p_\phi.$$

Изменение импульса тела в инерциальной системе отсчёта происходит только под действием других тел или полей и характеризуется силой, модуль которой равен

$$F_2 = \frac{|\Delta p_\Sigma|}{t} = \frac{(N + N') h \nu}{ct}.$$

Для хорошего зеркала $N \approx N'$, поэтому $F_2 \approx 2F_1$.

Сравнивая выражения для силы F_1 , действующей на пластинку, покрытую сажей, и силы F_2 , действующей на зеркало, приходим к выводу, что $F_1 < F_2$.

15.1. Выберите два верных утверждения.

На основе опытов по рассеянию α -частиц Резерфорд:

- 1) ввел понятие об атомном ядре;
- 2) открыл радиоактивный распад;
- 3) измерил энергию связи нуклонов в ядре;
- 4) открыл законы фотоэффекта;
- 5) установил связь между зарядом ядра и номером элемента в таблице Д.И. Менделеева.

Ответ:

--	--

15.2. Какое представление о строении атома верно?

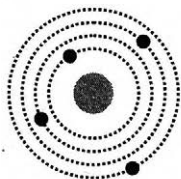
Выберите два верных утверждения из предложенных.

- 1) Большая часть массы атома сосредоточена в электронах.
- 2) Большая часть массы атома сосредоточена в ядре.
- 3) Заряд ядра положителен, а электронов отрицателен.
- 4) Заряд ядра отрицателен, а электронов положителен.
- 5) В ядре содержатся протоны и электроны.

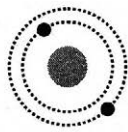
Ответ:

--	--

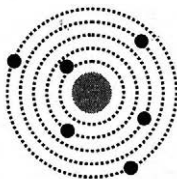
15.3. На рисунке изображены схемы планетарной модели четырех атомов. Черными точками обозначены электроны. Какая схема соответствует атому ${}^6_4\text{Be}$?



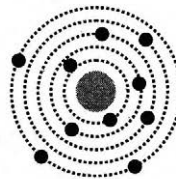
1



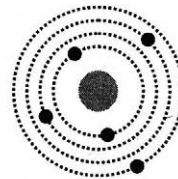
2



3



4



5

Ответ: _____

15.4. Установите соответствие между названиями явлений и их описанием.

Название явления	Описание явления
А) Внешний фотоэффект	1) Свечение металлов при пропускании по ним тока 2) Нагрев вещества при его освещении 3) Синтез глюкозы в растениях под действием солнечного света 4) Выбивание электронов с поверхности металла при освещении его светом 5) Уменьшение сопротивления полупроводников при их освещении
Б) Внутренний фотоэффект	

Ответ:

А	Б

15.5. Энергия фотона, соответствующая красной границе фотоэффекта для алюминия, равна $7,5 \cdot 10^{-19}$ Дж. На металл падает свет, энергия фотонов которого равна 10^{-18} Дж. Определите отношение энергии падающего фотона к максимальной кинетической энергии выбитого фотона.

Ответ: _____

15.6. Пластина из никеля освещается светом, энергия фотонов которого равна 7 эВ. При этом, в результате фотоэффекта, из пластины вылетают электроны с энергией 2,5 эВ. Какова работа выхода электронов из никеля?

Ответ: _____ эВ

15.7. Поток фотонов выбивает фотоэлектроны из металла с работой выхода 5 эВ. Энергия фотонов в 1,5 раза больше максимальной кинетической энергии фотоэлектронов. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

Ответ: _____ эВ

15.8. Металлическую пластину освещали монохроматическим светом одинаковой интенсивности: сначала красным, затем желтым, потом зеленым, затем синим. В всех случаях из пластины вылетали электроны. Установите соответствие между цветом монохроматического излучения и величиной максимальной кинетической энергии вылетающих фотоэлектронов в четырех опытах.

Максимальная кинетическая энергия электронов	Цвет монохроматического излучения
А) Наибольшая величина в серии опытов	1) Красный
Б) Наименьшая величина в серии опытов	2) Зеленый
	3) Желтый
	4) Синий

Ответ:

А	Б

15.9. Из перечисленных ниже факторов выберите два, от которых зависит кинетическая энергия электронов, вылетевших с поверхности металлической пластины при ее освещении светом лампы.

- 1) Интенсивность падающего света.
- 2) Частота падающего света.
- 3) Работа выхода электрона из металла.
- 4) Масса фотокатода.
- 5) Разность потенциалов между фотокатодом и анодом.

Ответ:

--	--

15.10. Выберите два верных утверждения.

В опытах Столетова было обнаружено, что при освещении металлической пластины светом:

- 1) кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от частоты падающего света;
- 2) кинетическая энергия фотоэлектронов линейно зависит от частоты падающего света;
- 3) кинетическая энергия фотоэлектронов линейно зависит от интенсивности света;
- 4) число фотоэлектронов линейно зависит от частоты падающего света;
- 5) число фотоэлектронов линейно зависит от интенсивности падающего света.

Ответ:

--	--

15.11. На металлическую пластинку падает электромагнитное излучение, выбивающее электроны из пластинки. Максимальная кинетическая энергия электронов, вылетевших из пластинки в результате фотоэффекта, составляет 6 эВ, а энергия падающих фотонов в 3 раза больше работы выхода из металла. Чему равна работа выхода электронов из металла?

Ответ: _____ эВ

15.12. При освещении ультрафиолетовым светом с частотой 10^{15} Гц металлического проводника с работой выхода 3,1 эВ выбиваются электроны. Чему равна максимальная скорость фотоэлектронов? Ответ округлить до целых.

Ответ: _____ км/с

15.13. Имеются два металла с работой выхода 1 эВ и с работой выхода $3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Во сколько раз частота света, соответствующая «красной границе» фотоэффекта для первого металла, меньше частоты света, соответствующей «красной границе» фотоэффекта для второго?

О т в е т: _____ раз(а)

15.14. В первом опыте при освещении катода вакуумного фотоэлемента потоком монохроматического света с частотой ν происходит освобождение фотоэлектронов. При этом работа выхода равна половине энергии фотонов. Как изменится максимальная энергия вылетевших фотоэлектронов во втором и третьем опыте при уменьшении частоты падающего света в 2 раза и при ее увеличении в 2 раза?

Поставьте в соответствие изменение частоты и изменение максимальную кинетическую энергию электронов во втором и третьем опытах.

Изменение частоты света	Кинетическая энергия фотоэлектронов
А) Частота в 2 раза меньше Б) Частота в 2 раза больше	1) Увеличится в 2 раза 2) Уменьшится в 2 раза 3) Уменьшится менее, чем в 2 раза 4) Увеличится в 3 раза 5) Станет равной нулю

О т в е т:

А	Б

15.15. Работа выхода из материала 1 больше, чем работа выхода из материала 2. Максимальная длина волны, при которой может наблюдаться фотоэффект на материале 1, равна λ_1 ; максимальная длина волны, при которой может наблюдаться фотоэффект на материале 2, равна λ_2 . Выберите два верных утверждения:

- 1) $\lambda_1 < \lambda_2$;
- 2) $\lambda_1 = \lambda_2$;
- 3) $\lambda_1 > \lambda_2$;
- 4) при длине волны излучения λ , лежащей между λ_1 и λ_2 , фотоэффект наблюдается только на материале 1;
- 5) при длине волны излучения λ , лежащей между λ_1 и λ_2 , фотоэффект наблюдается только на материале 2.

О т в е т:

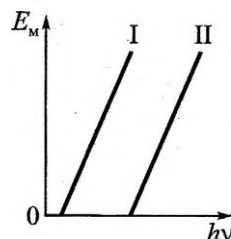
--	--

15.16. В первом случае при выбивании из металла электронов монохроматическим светом максимальная кинетическая энергия электронов равна $1,2 \text{ эВ}$. А при выбивании электронов из того же металла монохроматическим светом с вдвое меньшей длиной волны максимальная кинетическая энергия электронов равна $3,95 \text{ эВ}$. Какова энергия падающих фотонов в первом случае.

О т в е т: _____ эВ

15.17. На рисунке приведены графики зависимости максимальной энергии фотоэлектронов от энергии падающих на фотокатод фотонов для двух фотокатодов. Выберите два верных утверждения.

- 1) Работа выхода материала фотокатода больше в случае I.
- 2) Работа выхода материала фотокатода больше в случае II.
- 3) Работа выхода материала фотокатода одинаковая в случаях I и II.



- 4) Длина волны, при которой начинается фотоэффект, больше в случае I.
 5) Длина волны, при которой начинается фотоэффект, больше в случае II.

О т в е т:

--	--

15.18. Натриевый фотокатод освещается светом с длиной волны $\lambda = 400$ нм. «Красная граница» фотоэффекта для натрия $\lambda_{кр} = 540$ нм. Каково запирающее напряжение для фотоэлектронов, вылетающих из натрия? Ответ округлите до десятых.

О т в е т: _____ В

15.19. В некоторых опытах по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. Напряжение, при котором поле останавливает и возвращает назад все фотоэлектроны, называли задерживающим напряжением.

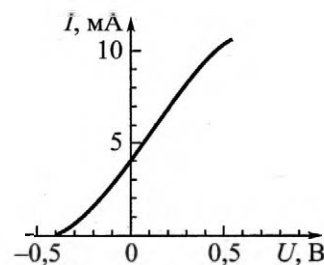
В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов при освещении одной и той же пластины, в ходе которого было получено значение $h = 5,3 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

Задерживающее напряжение U , В	—	0,6
Частота ν , 10^{14} Гц	5,5	6,1

Каково опущенное в таблице первое значение задерживающего потенциала? Ответ округлить до десятых.

О т в е т: _____ В

15.20. Металлическая пластина 1 освещается светом с длиной волны 600 нм. Измеряется сила тока между пластинами 1 и 2, помещенными в вакуумированную камеру. Зависимость силы фототока I от электрического напряжения U между пластинами 1 и 2 представлена на графике (см. рисунок). Какова работа выхода электронов из металла освещаемой пластины? Ответ округлить до десятых.



О т в е т: _____ эВ

15.21. При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался красный светофильтр, а во второй – жёлтый. В каждом опыте измеряли напряжение запираения. Как изменяются длина световой волны, модуль напряжения запираения и кинетическая энергия фотоэлектронов?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Длина световой волны	Модуль напряжения запираения	Кинетическая энергия фотоэлектронов

15.22. При облучении поверхности металлической пластинки светом с энергией фотонов E_{ϕ} наблюдают фотоэффект и измеряют фототок. При напряжении между облучаемой пластиной и вторым электродом равным $U_{зап}$ фототок прекращается. Во втором опыте при облучении

той же пластины светом с меньшей энергией падающих фотонов наблюдающийся фотоэффект прекращается при другом запирающем напряжении между облучаемой пластиной и вторым электродом. Как изменились при переходе от первого опыта к другому длина волны падающего света и модуль запирающего напряжения.

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:
 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится.
 Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны падающего света	Модуль запирающего напряжения

15.23. Фотоэффект один раз наблюдается при облучении поверхности металла светом лазера, излучающего красный свет, второй раз – лазером, излучающим зеленый свет. Как при переходе от первого опыта ко второму изменятся модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$, соответствующего прекращению фототока, и длина волны $\lambda_{\text{кр}}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта?

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.

Модуль запирающего напряжения	«Красная граница» фотоэффекта

15.24. Установите соответствие между физическими величинами, используемыми при описании вакуумного фотоэффекта и формулами, по которым их можно рассчитать (λ – длина волны падающего фотона, $\lambda_{\text{кр}}$ – красная граница фотоэффекта, U – запирающий потенциал, h – постоянная Планка, c – скорость света в вакууме, e – элементарный заряд). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические величины	Формулы
А) Запирающий потенциал Б) Работа выхода	1) $\frac{h\nu}{c}$; 2) $\frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{кр}}} \right)$; 3) $hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{кр}}} \right)$; 4) $\frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$

Ответ:

А	Б

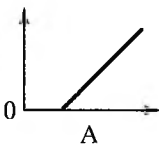
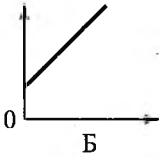
15.25. В таблице представлены результаты измерений запирающего напряжения для фотоэлектронов при двух разных значениях частоты падающего монохроматического света ($\nu_{\text{кр}}$ – частота, соответствующая красной границе фотоэффекта).

Частота падающего света ν	$2\nu_{\text{кр}}$	$3\nu_{\text{кр}}$
Запирающее напряжение $U_{\text{зап}}$, В	1,2	–

Какое значение запирающего напряжения пропущено в таблице?

Ответ: _____ В

15.26. При изучении фотоэффекта можно изменять интенсивность света, длину волны падающего на фотокатод излучения и материал фотокатода. Поставьте в соответствие полученный при исследовании график и соответствующую зависимость.

График зависимости	Зависимость
<div>  <p>А</p> </div> <div>  <p>Б</p> </div>	<div>1) Запирающего напряжения от работы выхода материала фотокатода при фиксированной частоте излучения и его интенсивности</div> <div>2) Фототока от модуля напряжения между облучаемым электродом из выбранного материала и вспомогательным электродом при фиксированной частоте излучения и его интенсивности</div> <div>3) Фототока от интенсивности света для данного материала фотокатода при фиксированной частоте излучения и напряжении между фотокатодом и анодом</div> <div>4) Кинетической энергии электронов от частоты излучения при фиксированной интенсивности излучения, падающей на один и тот же фотокатод</div>

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

Ответ:

А	Б

15.27. При исследовании фотоэффекта измеряли запирающее напряжение, меняя светофильтры, пропускающие узкий диапазон длин волн света. В первом измерении использовался светофильтр, пропускающий только фиолетовый свет, а во втором – пропускающий только желтый. Как изменились частота падающей световой волны и полученное значение модуля запирающего напряжения при переходе от первой серии опытов по измерению запирающего напряжения ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:
 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится.

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

Частота света, падающего на фотоэлемент	Запирающее напряжение

15.28. На рисунке приведены фрагмент спектра поглощения неизвестного разреженного атомарного газа (в середине), спектры поглощения атомов водорода (вверху) и гелия (внизу). Выберите два верных утверждения, которые можно сделать на основании приведенных спектров. В неизвестном газе:

- 1) содержится водород;
 2) содержится гелий;
 3) содержится водород и еще какое-то вещество;
 4) содержится гелий и еще какое-то вещество;
 5) нет иных веществ помимо гелия.

Ответ:

--	--

					Н
					Газ
					He

15.29. Один из способов измерения постоянной Планка основан на определении максимальной кинетической энергии фотоэлектронов с помощью измерения напряжения, задерживающего их. В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов.

Задерживающее напряжение U , В	0,4	0,9
Частота света ν , 10^{14} Гц	5,5	6,9

Рассчитайте постоянную Планка по результатам этого эксперимента.

О т в е т: _____ $\cdot 10^{-34}$ Дж \cdot с

В бланк ответов впишите коэффициент перед множителем 10^{-34} , округлив его до десятых.

15.30. Атом переходит из одного стационарного состояния с энергией E_m в другое стационарное состояние с энергией E_n . Выберите два верных утверждения:

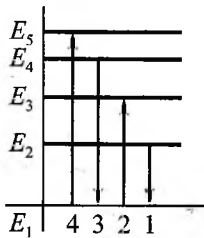
- 1) Атом испускает фотон, если $E_m > E_n$.
- 2) Атом испускает фотон, если $E_m < E_n$.
- 3) Частота испускаемого фотона $(|E_m - E_n|)/h$.
- 4) Частота испускаемого фотона E_m/h .
- 5) Частота испускаемого фотона E_n/h .

О т в е т:

--	--

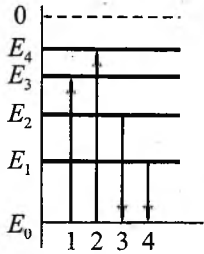
15.31. На рисунке изображена диаграмма энергетических уровней атома. Какой цифрой обозначен переход, который соответствует излучению фотона с наименьшей энергией?

О т в е т: _____



15.32. На рисунке показаны 4 перехода атома из одного стационарного состояния в другое. Каждому состоянию атома соответствует энергия E_0, E_1, \dots, E_4 . Переходы 1, 2, 3, 4 соответствуют излучению или поглощению фотона. Какой из переходов связан с поглощением света наибольшей длины волны, а какой с испусканием света наименьшей длины волны?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими переходы атома из одного состояния в другое. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Процесс	Номер перехода
А) Поглощение света наибольшей длины волны среди предложенных переходов	1) 1
	2) 2
Б) Испускание света наименьшей длины волны среди предложенных переходов	3) 3
	4) 4

О т в е т:

А	Б

15.33. В таблице приведены значения энергии для второго и четвёртого энергетических уровней атома водорода.

Номер уровня	Энергия, 10^{-19} Дж
2	- 5,45
4	- 1,36

Какова энергия фотона, излучаемого атомом при переходе с четвёртого уровня на второй?

О т в е т: _____ $\cdot 10^{-19}$ Дж

В бланк ответов впишите коэффициент перед множителем 10^{-19} .

15.34. Две линии в линейчатом спектре водорода имеют длины волн $\lambda_1 = 410$ нм и $\lambda_2 = 656$ нм. Фотоны, соответствующие этим длинам волн, попадают в органический растворитель с показателем преломления $n = 1,5$. Каково отношение энергии E_1/E_2 этих фотонов в растворе?

О т в е т: _____

15.35. В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13,6$ эВ) поглощает фотон и ионизируется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра со скоростью $v = 1600$ км/с. Какова энергия поглощённого фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь.

О т в е т: _____ эВ

15.36. В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13,6$ эВ) поглощает фотон частотой $3,71 \cdot 10^{15}$ Гц. С какой скоростью v движется вдали от ядра электрон, вылетевший из атома в результате ионизации? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь, ответ округлить до целых.

О т в е т: _____ км/с

15.37. Энергия ионизации атома водорода равна 13,6 эВ. Какую минимальную энергию нужно затратить, чтобы электрон перешел из основного в первое возбужденное состояние?

О т в е т: _____ эВ

15.38. Энергия фотона в первом пучке света в 2 раза больше энергии фотона во втором пучке. Чему равно отношение длины электромагнитной волны в первом пучке света к длине волны во втором пучке?

О т в е т: _____

15.39. Синий свет с длиной волны 480 нм переходит из воздуха в стекло с показателем преломления 1,6. Определите отношение энергии фотона в воздухе к его энергии в стекле.

О т в е т: _____

15.40. Установите соответствие между физическими явлениями и приборами, в которых используются или наблюдаются эти явления. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические явления	Прибор
А) Ионизация газа Б) Фотоэффект	1) Вакуумный фотоэлемент 2) Дифракционная решетка 3) Счетчик Гейгера 4) Лупа

Ответ:

А	Б

15.41. Длина монохроматической световой волны, дающей цветное ощущение красного в 2 раза больше длины монохроматической волны, дающей ощущение фиолетового цвета. Во сколько раз импульс фотона "фиолетового" света больше импульса фотона "красного" света?

Ответ: _____ раз(а)

15.42. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (ν – частота фотона, E – энергия фотона, h – постоянная Планка, c – скорость света в вакууме). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические величины	Формулы
А) Длина волны Б) Импульс фотона	1) $\frac{h\nu}{c}$; 2) $\frac{hc}{\nu}$; 3) $\frac{hc}{E}$; 4) $\frac{h}{\nu}$

Ответ:

А	Б

15.43. Фотон имеет импульс $1,6 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с. Чему равна разница между энергиями уровней в атоме газа, в результате перехода между которыми он образовался?

Ответ: _____ эВ

15.44. Чувствительность сетчатки человеческого глаза к монохроматическому свету с определенной длиной волны составляет $3,3 \cdot 10^{-18}$ Вт. Какой длине световой волны это соответствует, если при такой мощности света на сетчатку падает 10 фотонов.

Ответ: _____ нм

15.45. Выберите два верных утверждения.

Де Бройль выдвинул гипотезу, что частицы вещества (например, электрон) обладают волновыми свойствами. Эта гипотеза впоследствии была:

- 1) опровергнута путем теоретических рассуждений;
- 2) опровергнута экспериментально;
- 3) подтверждена в экспериментах по дифракции электронов;
- 4) подтверждена в экспериментах по выбиванию электронов из металлов при освещении;
- 5) подтверждена в экспериментах по интерференции пучков электронов.

Ответ:

--	--

15.46. Выберите два верных утверждения.

Если длина волны де Бройля для электрона равна длине волны де Бройля для α -частицы, то:

- 1) скорость электрона больше скорости α -частицы;
- 2) импульс электрона больше импульса α -частицы;
- 3) скорость α -частицы больше скорости электрона;
- 4) импульс α -частицы больше импульса электрона;
- 5) импульсы частиц одинаковы.

Ответ:

--	--

Тематический блок № 16

«Ядерная физика»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания по данной теме требует знания следующих понятий.

1. Нуклонная модель ядра Гейзенберга–Иваненко. Зарядовое число Z и заряд ядра Ze .
2. Массовое число ядра A . Изотопы.
3. Радиоактивность. Альфа-распад: ${}_Z^AX \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{Z-2}^{A-4}Y$. Электронный (${}_Z^AX \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{Z+1}^AY$) и позитронный β -распад. Гамма-излучение.
4. Закон радиоактивного распада: $N = N_0 \cdot 2^{-t/T}$.
5. Дефект массы ядра ${}_Z^AX$ ($\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{ядра}}$). Энергия связи нуклонов в ядре $E_{\text{св}} = \Delta mc^2$. Ядерные силы.
6. Ядерные реакции. Деление и синтез ядер. Энергия, выделяющаяся (поглощаемая) в ядерной реакции $A + B \rightarrow C + D$:

$$Q = (m_A + m_B)c^2 - (m_C + m_D)c^2.$$

Следует обратить внимание, что в задании № 19, которое проверяет знание строения атома, атомного ядра или умение записывать уравнение ядерных реакций, изменилась форма представления. Ответ, представляющий собой два числа, необходимо сначала записать в предложенную таблицу, а затем перенести в бланк ответов № 1 без пробелов и дополнительных знаков. Примером такого задания может быть следующее.

В результате цепной реакции деления урана ${}_0^1n + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_Z^AX + {}_{56}^{139}\text{Ba} + 3{}_0^1n$ образуется ядро химического элемента ${}_Z^AX$. Каковы заряд образовавшегося ядра Z (в единицах элементарного заряда) и его массовое число A ?

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A
36	94

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

В бланк ответов следует занести числа 3694.

16.1. Выберите два верных утверждения.

В конце XIX – начале XX века было открыто явление радиоактивного распада, в ходе которого из атома некоторых радиоактивных веществ вылетают α -частицы. После доказательства существования атомного ядра и связи его заряда с номером элемента в таблице Д.И. Менделеева эти экспериментальные факты позволили выдвинуть гипотезу о:

- 1) сложном строении ядра;
- 2) наличии в атоме электронов;
- 3) наличии в атоме протонов;
- 4) наличии в атоме нейтронов;
- 5) возможности превращения одних элементов в другие.

Ответ:

--	--

16.2. Сколько нейтронов и сколько электронов содержит атом аргона $^{37}_{18}\text{Ar}$?

Число нейтронов	Число электронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

16.3. Установите соответствие между научными открытиями и именами ученых, которым эти открытия принадлежат.

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

Экспериментальное открытие	Имена ученых
А) Атомного ядра Б) Естественной радиоактивности урана	1) А. Беккерель 2) М. Склодовская-Кюри 3) Э. Резерфорд 4) Дж. Дж. Томпсон

Ответ:

А	Б

16.4. Установите соответствие между названиями радиоактивных излучений и их природой.

Вид излучения	Природа излучения
А) α -излучение Б) β -излучение В) γ -излучение	1) Поток электронов, вылетающих из ядер атома 2) Поток ядер атомов гелия 3) Поток квантов электромагнитного излучения, испускаемых атомными ядрами 4) Поток квантов электромагнитного излучения, испускаемых быстрыми электронами при торможении

Ответ:

А	Б	В

16.5. Среди ядерных реакций можно выделить реакции радиоактивного распада, деления и синтеза. Среди приведённых во втором столбце ядерных реакций выберите те, которые являются примерами реакций альфа- и бета-распада. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Вид ядерной реакции	Ядерные реакции
А) альфа-распад Б) бета-распад	1) ${}^{176}_{77}\text{Ir} \rightarrow {}^{172}_{75}\text{Re} + {}^4_2\text{He}$
	2) ${}^{178}_{71}\text{Lu} \rightarrow {}^{178}_{72}\text{Hf} + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}_e$
	3) ${}^{238}_{92}\text{U} + {}^{22}_{10}\text{Ne} \rightarrow {}^{256}_{102}\text{No} + 4{}_0^1n$
	4) ${}^{113}_{48}\text{Cd} + {}^1_0n \rightarrow {}^{114}_{48}\text{Cd} + \gamma$

Ответ:

--	--

16.6. Как изменятся заряд и массовое число радиоактивного ядра в результате его β -распада? 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.

Ответ:

Заряд	Массовое число

16.7. Выберите две строчки, правильно отражающие структуру ядер ${}^{48}_{20}\text{Ca}$ и ${}^{116}_{48}\text{Cd}$.

	p – число протонов	n – число нейтронов
1)	48	68
2)	48	20
3)	20	48
4)	20	28
5)	116	68

Ответ:

--	--

16.8. Выберите два верных утверждения.

Два протона удерживаются в ядре атома гелия за счет:

- 1) компенсации электромагнитного взаимодействия протонов их гравитационным взаимодействием;
- 2) электромагнитного взаимодействия протонов и нейтронов;
- 3) компенсации электромагнитного взаимодействия сильным взаимодействием нуклонов;
- 4) нейтрализации электромагнитного взаимодействия протонов присутствующими нейтронами;

5) притяжения протонов и нейтронов друг к другу за счет сильного взаимодействия.

О т в е т:

--	--

16.9. Выберите два верных утверждения. Атом бериллия ${}^9_4\text{Be}$ содержит:

- 1) 9 протонов, 4 нейтрона;
- 2) 4 протона и 4 электрона;
- 3) 4 протона и 9 нейтронов;
- 4) 9 протонов и 13 электронов;
- 5) 5 нейтронов и 4 электрона.

О т в е т:

--	--

16.10. Нагретый до газообразного состояния углерод ${}^{15}_6\text{C}$ излучает свет. Этот изотоп испытывает β -распад с периодом полураспада 2,5 с. Выберите два верных утверждения, показывающие как изменится спектр излучения всего газа за 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) Спектр углерода станет менее ярким.
- 5) К спектру углерода добавятся линии азота ${}^{15}_7\text{N}$, которые образуются в ходе радиоактивного распада.

О т в е т:

--	--

16.11. В ядро ${}^{27}_{13}\text{Al}$ попадает α -частица. В результате ядерной реакции появляются ядро другого элемента и протон. Рассчитайте сумму зарядовых и массовых чисел продуктов реакции?

Сумма зарядовых чисел продуктов	Сумма массовых чисел продуктов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

16.12. Ядро урана ${}^{238}_{92}\text{U}$ после α -распада превращается в ядро радиоактивного изотопа X, а затем в результате еще двух электронных β -распадов превращается в ядро изотопа Y.

Установите соответствие между изотопами X, Y и их структурой

Изотоп	Структура ядра
А) X Б) Y	1) Кюрий ${}^{247}_{96}\text{Cm}$ 2) Уран ${}^{234}_{92}\text{U}$ 3) Плутоний ${}^{244}_{94}\text{Pu}$ 4) Торий ${}^{232}_{90}\text{Th}$ 5) Торий ${}^{234}_{90}\text{Th}$

О т в е т:

А	Б

16.13. Какое зарядовое число Z и массовое число A будет иметь ядро элемента, получившегося из ядра изотопа ${}^{238}_{92}\text{U}$ после одного α -распада и двух β -распадов?

Z	A

В бланк ответов № 1 в таком задании переносятся только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

16.14. Сколько альфа-распадов и сколько бета-распадов испытывает радиоактивный изотоп урана ${}^{234}_{92}\text{U}$ прежде чем превратиться в изотоп висмута ${}^{214}_{83}\text{Bi}$?

Число альфа-распадов	Число бета-распадов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

16.15. При облучении ядер изотопа плутония ${}^{99}_{44}\text{Pu}$ нейтронами образуется ядро изотопа технеция и протон. Сколько протонов и сколько нейтронов содержит ядро образующегося технеция?

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

16.16. Изотоп франция выделен из продуктов альфа-распада актиния ${}^{227}_{89}\text{Ac}$. Чему будет равна сумма зарядовых и массовых чисел продуктов реакции?

Сумма зарядовых чисел продуктов	Сумма массовых чисел продуктов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

16.17. Радиоактивный изотоп полония ${}^{213}_{84}\text{Po}$ превращается в стабильный изотоп полония ${}^{209}_{84}\text{Po}$. Сколько альфа-распадов и сколько бета-распадов он при этом претерпевает?

Число альфа-распадов	Число бета-распадов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

16.18. Как изменяются в результате позитронного β -распада заряд ядра и число протонов в ядре? Позитронный β -распад означает, что среди продуктов распада есть позитрон ${}^0_{+1}e$.

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.

Заряд ядра	Число протонов в ядре

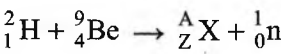
16.19. Какие два уравнения **противоречат** закону сохранения электрического заряда в ядерных реакциях?

- 1) ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_2\text{He}$;
- 2) ${}^7_4\text{Be} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + \nu_e$;
- 3) ${}^8_3\text{Li} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$;
- 4) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_7\text{N} + {}^1_0\text{n}$;
- 5) ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_9\text{O} + {}^1_1\text{H}$.

О т в е т:

--	--

16.20. Определите зарядовое и массовое число ядра химического элемента X, образовавшегося в результате реакции синтеза



Зарядовое число	Массовое число

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

16.21. Чему равен порядковый номер в периодической таблице Д.И. Менделеева элемента Z, участвующего в реакции синтеза ${}_X^Y\text{Z} + {}^9_4\text{Be} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$? Чему равно число нуклонов в ядре неизвестного элемента Z?

Порядковый номер элемента в Таблице Менделеева Д.И.	Число нуклонов в ядре

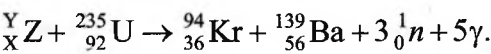
В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

16.22. В атоме элемента вокруг ядра вращается 7 электронов, при этом массовое число ядра атома вдвое больше зарядового. Чему равен порядковый номер этого элемента в периодической таблице Д.И. Менделеева и чему равно число нейтронов в ядре атома?

Порядковый номер элемента в Таблице Менделеева Д.И.	Число нейтронов в ядре

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

16.23. В результате столкновения ядра урана с частицей произошло деление ядра урана, сопровождающееся излучением γ -кванта в соответствии с уравнением



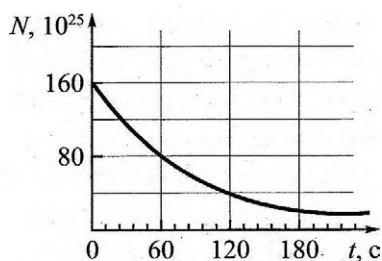
Впишите название частицы (**протон, электрон, нейтрон, позитрон, альфа-частица**), с которой столкнулось ядро урана.

О т в е т:

16.23																			
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

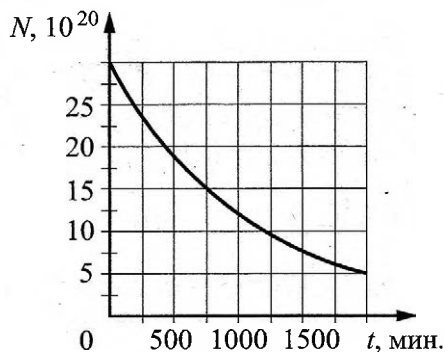
 (в бланке ответов)

16.24. На рисунке приведён график зависимости числа нераспавшихся ядер эрбия $^{173}_{68}\text{Er}$ от времени. Каков период полураспада этого изотопа?



Ответ: _____ с

16.25. В эксперименте получен график зависимости числа нераспавшихся ядер изотопа висмута-203 от времени (см. рис.). Чему равен период полураспада этого изотопа?



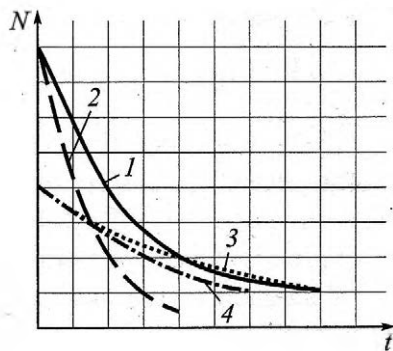
Ответ: _____ мин

16.26. Имеется 10^8 атомов радиоактивного изотопа йода $^{128}_{53}\text{I}$, период полураспада которого 25 мин. Какое примерно количество ядер изотопа распадается за 50 мин? Вписываемое число округлить до десятых.

Ответ: _____ $\cdot 10^7$

В бланк ответов впишите коэффициент перед множителем 10^7 .

16.27. На рисунке приведена зависимость числа нераспавшихся ядер N в процессе радиоактивного распада для трех изотопов. Укажите номера изотопов с минимальным и максимальным периодом полураспада.

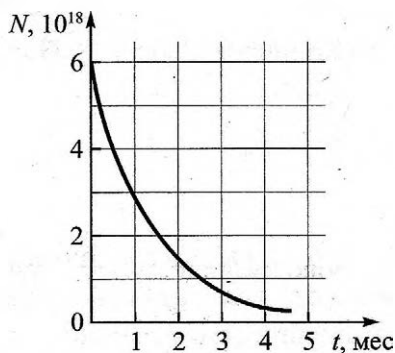


Ответ:

Минимальный период полураспада	Максимальный период полураспада

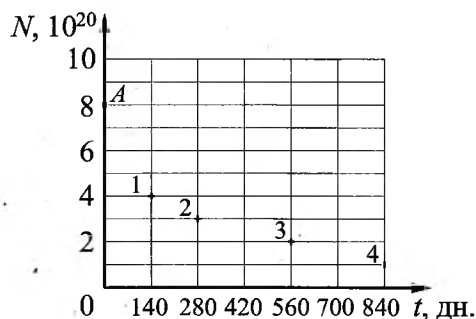
В бланк ответов № 1 в таком задании переносятся только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

16.28. Во сколько раз уменьшится число исходных радиоактивных ядер через 5 месяцев для изотопа, кривая радиоактивного распада которого представлена на рисунке, если начальное число ядер в образце равнялось $6 \cdot 10^{18}$.



Ответ: в _____ раз

16.29. Ученик хочет нарисовать график зависимости числа ядер радиоактивного полония $^{210}_{84}\text{Po}$ в образце от времени. Он нарисовал вертикальную и горизонтальную оси, нанес масштабные единицы и поставил точку A , так как в начале наблюдения в образце содержалось $8 \cdot 10^{20}$ ядер полония. Через какую из точек 1, 2, 3 или 4 должен еще пройти график зависимости, если период полураспада этого изотопа полония 140 дней?



О т в е т: через точку _____

16.30 Чему равен период полураспада изотопа, если за одни сутки распадается в среднем 7500 атомов из 10 000?

О т в е т: _____ час

16.31. Изотоп металлического радия – 224 в ходе α -распада превращается в инертный газ радон. Период полураспада 3,66 суток. Сколько миллиграммов радия останется в образце, содержащего 1,6 мг такого изотопа через 18,3 суток.

О т в е т: _____ мг

16.32. Через сутки в твердом образце радиоактивного вещества содержится 25% исходных ядер и 75% продуктов реакции. На сколько процентов возрастет в образце доля ядер продуктов реакции радиоактивного распада через сутки, если продукт реакции является твердым?

О т в е т: на _____ %

16.33. Большое число N радиоактивных ядер $^{203}_{80}\text{Hg}$ распадается, образуя стабильные дочерние ядра $^{203}_{81}\text{Tl}$. Период полураспада равен 46,6 суток. Какое количество исходных ядер останется через 139,8 суток, а дочерних появится за 93,2 суток после начала наблюдений?

Установите соответствие между величинами и их значениями.

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

Величины	Их значение
А) Количество ядер $^{203}_{80}\text{Hg}$ через 139,8 суток	1) $\frac{N}{8}$; 2) $\frac{N}{4}$; 3) $\frac{3N}{4}$; 4) $\frac{7N}{8}$
Б) Количество ядер $^{203}_{81}\text{Tl}$ через 93,2 суток	

О т в е т:

А	Б

16.34. Образец содержит большое число N ядер β -радиоактивного изотопа ванадия-53. Период его полураспада с образованием стабильного изотопа хром-53 составляет 2 минуты. Какое количество исходных ядер ванадия останется через 6 минут и какое количество ядер хрома будет в образце через 4 минуты после начала наблюдений?

Установите соответствие между величинами и их значениями.

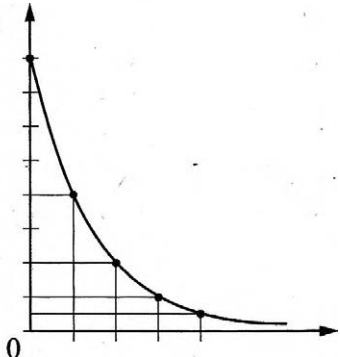
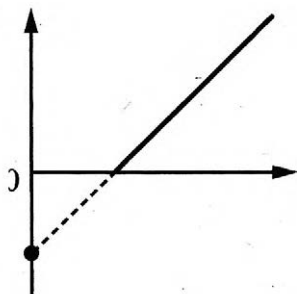
К каждой позиции из первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Величины	Их значение
А) Число ядер изотопа $^{53}_{23}\text{V}$ через 6 минут	1) $N/8$
Б) Число ядер изотопа $^{53}_{24}\text{Cr}$ через 4 минуты	2) $N/4$
	3) $3N/4$
	4) $7N/8$

Ответ:

А	Б

16.35. На рисунках А и Б представлены графики определенных зависимостей (законов), связывающих две физические величины. К каждому рисунку подберите из второго столбца и запишите в таблицу выбранный номер зависимости или закона, соответствующий форме графика.

График	Закон
<p>А)</p> 	<p>1) Зависимость энергии фотона от частоты света 2) Закон радиоактивного распада 3) Зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света 4) Закон Эйнштейна пропорциональности массы и энергии</p>
<p>Б)</p> 	

Ответ:

А	Б

16.36. Выберите два верных утверждения.

При облучении нейтронами ядра урана – 235:

- 1) оно делится на 2 сравнимых по массе осколка;
- 2) образуется 235 свободных нуклонов;
- 3) образуется несколько нейтронов;
- 4) оно распадается, образуя только альфа- и бета-частицы;
- 5) оно распадается, образуя только нейтроны и протоны.

Ответ:

--	--

16.37. Изотоп нептуния ${}^{236}_{93}\text{Np}$ может быть получен в результате бомбардировки мишени из ${}^{238}_{92}\text{U}$ ядрами дейтерия ${}^2_1\text{H}$. При этом образуется несколько свободных нейтронов.

Сколько нейтронов содержится в связанном виде в образующемся изотопе нептуния и сколько свободных нейтронов при этом образуется?

Число нейтронов в ядре нептуния	Число свободных нейтронов в продуктах реакции

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

16.38. Ниже приведена одна из реакций распада урана, стимулированного попаданием в него нейтрона



Осколки имеют кинетическую энергию большую, чем исходные частицы.

Выберите два верных утверждения.

- 1) Масса осколков точно равна массе исходных частиц.
- 2) Масса осколков больше массы исходных частиц.
- 3) Масса осколков меньше массы исходных частиц.
- 4) Сумма зарядов осколков точно равна сумме зарядов исходных частиц.
- 5) Сумма зарядов осколков меньше суммы зарядов исходных частиц.

О т в е т:

--	--

16.39. Укажите верное соотношение для полных энергий свободных протонов E_p , нейтронов E_n и атомного ядра E_y , составленного из них:

- 1) $E_y = E_p + E_n$;
- 2) $E_y > E_p + E_n$;
- 3) $E_y < E_p + E_n$;
- 4) для стабильного ядра $E_y < E_p + E_n$, для радиоактивного $E_y > E_p + E_n$;
- 5) для радиоактивного ядра $E_y < E_p + E_n$, для стабильного $E_y > E_p + E_n$.

О т в е т: _____

16.40. Установите соответствие между веществами и их функцией на атомных электростанциях.

Функция в ядерном реакторе	Вещество
А) Топливо Б) Поглотитель нейтронов	1) Уран 2) Каменный уголь 3) Кадмий 4) Графит 5) Тяжелая вода

О т в е т:

А	Б

16.41. Впишите название второй частицы (*протон, электрон, нейтрон, нейтрино, позитрон*), которая образуется в результате реакции термоядерного синтеза ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + ?$

О т в е т:

--	--	--	--	--	--	--	--

16.42. В недрах звезд температура достигает десятков миллионов градусов, при этом они непрерывно излучают в космическое пространство огромное количество энергии в виде электромагнитных волн. Выберите два процесса, определяющих источник энергии звезды.

- 1) Радиоактивный распад ядер плутония.
- 2) Деление ядер урана с участием нейтронов.
- 3) Термоядерный синтез с участием ядер водорода.
- 4) Термоядерный синтез с участием ядер гелия.
- 5) Горение водорода в кислороде.

О т в е т:

--	--

16.43. Установите соответствие между физическим принципом и прибором в котором изучаются траектории частиц, образующихся в ядерных реакциях.

Физическое явление	Прибор для регистрации треков частиц
А) Образование капель жидкости при ионизации газа в месте пролета частицы	1) Счетчик Гейгера
Б) Образование пузырьков пара в перегретой жидкости в месте пролета частицы	2) Камера Вильсона
	3) Пузырьковая камера
	4) Толстослойная фотоэмульсия

О т в е т:

А	Б

16.44. В результате распада частицы массой m образуются два γ -кванта.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими процесс и формулами для их расчета.

Физическая величина	Формула для расчета
А) Максимальная энергия каждого γ -кванта в системе отсчета, где исходная частица покоилась	1) mc^2 ; 2) mc ; 3) $\frac{mc^2}{2}$; 4) $\frac{mc}{2}$; 5) 0
Б) Импульс каждого γ -кванта в системе отсчета, где исходная частица покоилась	

О т в е т:

А	Б

Тематический блок № 17
«Элементы астрофизики»

Ученику на заметку

Кодификатор элементов содержания для проведения ЕГЭ по ФИЗИКЕ содержит следующие элементы по данной теме.

1. Солнечная система: планеты земной группы и планеты-гиганты, малые тела солнечной системы.
2. Звезды: разнообразие звездных характеристик и их закономерности. Источники энергии звезд.
3. Современные представления о происхождении и эволюции Солнца и звезд.
4. Наша Галактика. Другие галактики. Пространственные масштабы наблюдаемой Вселенной.
5. Современные взгляды на строение и эволюцию Вселенной.

Анализ открытого банка ЕГЭ показывает, что в рамках ЕГЭ 2018–2019 года проверялись умения сопоставлять характеристики планет, спутников планет, астероидов, звезд, приведенных в таблице или на диаграмме Герцшпунга–Рассела, а также знать характерные расстояния в Солнечной системе и Галактике, основные характеристики Земли и Солнца, спектральные классы звезд, этапы эволюции звезд и характеристики продуктов конечных этапов их эволюции.

Среди минимальных требований к расчетным умениям, проверяемых в рамках заданий можно указать умения:

- вычислять среднюю плотность планеты (спутника планеты, астероида сферической формы) по ее массе и радиусу;
- вычислять ускорение свободного падения на планеты (спутника планеты, астероида сферической формы) по ее массе и радиусу;
- вычислять первую и вторую космическую скорости для планет (спутников, астероидов).

Среди понятий, используемых в заданиях по этой теме, но изучаемых только в курсе астрономии следует отметить: эксцентриситет орбиты, большая малая полуоси эллипса, планеты земной группы, планеты – гиганты, астрономическая единица (а.е.), плоскость эклиптики, наклон оси вращения планеты, созвездие, галактика, температура поверхности звезды, ее светимость, спектральный класс, белый карлик, средняя звезда, гигант, сверхгигант, главная последовательность, жизненный цикл звезды.

Ниже приведены справочные таблицы, позволяющие сопоставлять эти термины с терминами школьного курса физики.

Таблица 1

Характерные расстояния

Величина	Примерное значение величины
Радиус Земли $R_з$	6400 км
Радиус Солнца	$109 R_з$
Среднее расстояние от Земли до Луны	384 000 км
1 а. е. – расстояние от Солнца до Земли	150 млн км
Расстояние от Солнца до Марса	1,5 а. е.
Расстояние от Солнца до Юпитера	5,2 а. е.
Размер Солнечной системы	40 а. е.
1 св. год – расстояние проходимое светом за земной год	$9,46 \cdot 10^{15}$ м

Величина	Примерное значение величины
Расстояние от Солнца до ближайшей звезды Проксима Центавра	4,2 св. года
Диаметр Галактики	100 000 св. лет

Таблица 2

Классификация звезд по размерам

Название	Характерный радиус по отношению к радиусу Солнца R _☉
Карлики	0,001–0,1
Средние звёзды	0,1–10
Звёзды-гиганты	10–100
Звёзды-сверхгиганты	100–1000

Таблица 3

Спектральные классы¹ звезд

Класс	O	B	A	F	G	K	M
Температура поверхности	30 000–60 000	10 000–30 000	7500–10 000	6000–7500	5000–6000	3500–5000	2000–3500

17.1. Масса одного спутника планеты больше массы другого спутника в 4 раза, а радиус этого спутника больше радиуса второго спутника в 2 раза. Чему равно отношение плотности первого спутника к плотности второго?

О т в е т: _____

17.2. 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 ³
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	5,43
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 3 часа 50 минут	5,25
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	5,52
Марс	6794	687 суток	24 часа 37 минут	3,93
Юпитер	142 800	11 лет 314 суток	9 часов 55,5 минут	1,33
Сатурн	119 900	29 лет 168 суток	10 часов 40 минут	0,71
Уран	51 108	83 года 273 суток	17 часов 14 минут	1,24
Нептун	49 493	164 года 292 суток	17 часов 15 минут	1,67

Найдите отношение массы планеты с максимальной массой к массе планеты с минимальной массой. Ответ округлите до целых.

О т в е т: _____

¹ Для запоминания последовательности спектральных классов звезд (OBAFGKM) можно использовать мнемоническое правило, используя латинское написание русских букв в начале слов фразы: *Один Бритый Англичанин Финики Жевал Как Морковь.*

17.3. Известны средняя плотность планеты ρ , ее диаметр D . Поставьте в соответствие физическую величину и формулу для ее вычисления.

Физическая величина	Формула для ее вычисления
<div>А) Ускорение свободного падения на поверхности планеты</div> <div>Б) Первая космическая скорость для этой планеты</div>	<div>1) $\frac{2G\rho\pi D}{3}$; 2) $\frac{\pi\rho D^3}{6}$; 3) $\frac{D}{2}\sqrt{\frac{\pi}{\rho G}}$; 4) $D\sqrt{\frac{G\rho}{3}}$</div>

О т в е т:

- 17.4. Используя таблицу задания 17.2 выберите два верных утверждения.
- 1) Сутки на Венере примерно в 10 раз длиннее земных суток.
 - 2) Масса любой планеты земной группы, больше массы планеты гиганта.
 - 3) Вторая космическая скорость для планеты Нептун равна примерно 24 км/с.
 - 4) Скорость движения спутника вблизи поверхности Урана по круговой орбите равна примерно 2,6 км/с.
 - 5) Ускорение свободного падения на Венере равно 4,9 м/с².

О т в е т:

17.5. В таблице приведены некоторые параметры планет Солнечной системы. Выберите два верных утверждения, которые можно сформулировать, используя данные этой таблицы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца, а. е.	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Вторая космическая скорость, км/с	Масса, т
Меркурий	0,39	4878	28°	4,25	3,3 · 10 ²⁰
Венера	0,72	12 104	3°	10,36	4,9 · 10 ²¹
Земля	1,00	12 756	23°27′	11,18	6,0 · 10 ²¹
Марс	1,52	6794	23°59′	5,02	6,4 · 10 ²⁰
Юпитер	5,20	142 800	30°5′	59,54	1,9 · 10 ²⁴
Сатурн	9,54	119 900	26°44′	35,49	5,7 · 10 ²³
Уран	19,19	51 108	82°05′	21,29	8,7 · 10 ²²
Нептун	30,52	49 493	28°48′	23,71	1,0 · 10 ²³

- 1) Первая космическая скорость для Сатурна 17,5 км/с.
- 2) На Венере не бывает смены времен года.
- 3) Средняя плотность Марса больше средней плотности Юпитера.
- 4) Чем дальше планета от Солнца, тем больше ее плотность.
- 5) Объем Нептуна примерно в 4 раза больше объема Земли.

О т в е т:

17.6. В таблице приведены некоторые параметры планет Солнечной системы. Выберите два верных утверждения, которые можно сформулировать, используя данные этой таблицы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца, а. е.	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Вторая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см ³
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

- 1) Первая космическая скорость для Урана 15,05 м/с.
- 2) На Нептуне зима (четверть нептунианских года) длится примерно 42 земных года.
- 3) Масса Марса равна примерно $6,5 \cdot 10^{24}$ кг.
- 4) Чем дальше планета от Солнца, тем больше ее плотность.
- 5) Объем Урана примерно в 4 раза больше объема Венеры.

О т в е т:

--	--

17.7. В таблице приведены некоторые параметры естественных спутников Юпитера и Сатурна.

Название спутника	Диаметр, км	Масса, кг	Примерный радиус орбиты, км	Период обращения вокруг планеты, земных суток	Планета
Ио	3642	$8,9 \cdot 10^{22}$	422 000	1,77	Юпитер
Европа	3122	$4,8 \cdot 10^{22}$	674 000	3,55	Юпитер
Ганимед	5260	$1,5 \cdot 10^{23}$	1070 000	7,15	Юпитер
Каллисто	4820	$1,1 \cdot 10^{23}$	1 880 000	16,69	Юпитер
Тифия	1060	$6,2 \cdot 10^{20}$	295 000	1,89	Сатурн
Диона	1118	$1,1 \cdot 10^{21}$	377 000	2,74	Сатурн
Рея	1528	$2,3 \cdot 10^{21}$	527 000	4,52	Сатурн
Титан	5150	$1,3 \cdot 10^{23}$	1 220 000	15,95	Сатурн

Выберите два верных утверждения.

- 1) Первая космическая скорость для Европы 1,4 км/с.
- 2) Ускорение свободного падения на поверхности Реи около $2,6 \text{ м/с}^2$.
- 3) Масса спутника Юпитера, вращающегося по максимально удаленной от него орбите, минимальна среди приведенных в таблице спутников Юпитера.
- 4) Плотность самого крупного в таблице спутника минимальна.
- 5) Объем самого крупного из приведенных спутников Сатурна меньше объема Земли.

О т в е т:

--	--

17.8. В таблице приведены некоторые параметры естественных спутников Юпитера и Сатурна.

Название спутника	Примерный диаметр, 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	$1,5 \cdot 10^{23}$	1 070 412	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, которые можно сделать на основании данных, приведенных в таблице.

- 1) Первая космическая скорость для Дионы 3,18 км/с.
- 2) Объем самого крупного спутника Юпитера превышает объем Земли.
- 3) Ускорение свободного падения на поверхности Ганимеда около 1,45 м/с².
- 4) Масса спутника Сатурна, вращающегося по максимально удаленной от него орбите (среди приведенных), минимальна.
- 5) Сила притяжения Дионы к Сатурну примерно равна $2,9 \cdot 10^{20}$ Н.

О т в е т:

--	--

17.9. Вокруг планеты вращаются два примерно равных по массе спутника на двух круговых орбитах разного радиуса $r_1 > r_2$. Выберите два верных утверждения.

- 1) Орбитальная скорость у первого спутника меньше, чем у второго.
- 2) Период вращения у первого спутника меньше, чем у второго.
- 3) Угловая скорость у первого и второго спутника совпадают.
- 4) Центробежное ускорение у первого спутника меньше, чем у второго.
- 5) Сила притяжения первого спутника к планете больше, чем у второго.

О т в е т: _____

17.10. Используя только данные таблицы задания 17.7, выберите два верных утверждения.

- 1) Первая космическая скорость для Реи 318 м/с.
- 2) Ускорение свободного падения на поверхности Ганимеда около 1,45 м/с².
- 3) Масса спутника Сатурна, вращающегося по максимально удаленной от него орбите, минимальна среди приведенных спутников планет.
- 4) Площадь поверхности самого крупного из приведенных спутника Сатурна превышает площадь поверхности Земли.
- 5) Сила притяжения Ио к Юпитеру примерно равна $6,3 \cdot 10^{22}$ Н.

О т в е т:

--	--

17.11. Большая полуось орбиты астероида в 2 раза больше его малой полуоси. Рассчитайте эксцентриситет¹ орбиты. Ответ округлите до сотых.

О т в е т: _____

17.12. Эксцентриситет орбиты астероида 0,2. На сколько процентов его меньшая полуось орбиты меньше большой оси? Ответ округлите до целых.

О т в е т: _____ %

17.13. В таблице приведены параметры крупных астероидов Солнечной системы

Название	Примерный диаметр, км	Эксцентриситет орбиты	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	$3,9 \cdot 10^{19}$

Выберите два верных утверждения.

- 1) Гигея вращается по более «вытянутой» орбите, чем Интерамния.
- 2) Большие полуоси Ефросины и Паллады примерно одинаковы, значит они движутся друг за другом по одной орбите.
- 3) Средняя плотность Давиды составляет 725 кг/м^3 .
- 4) Средняя скорость Цереры на орбите около 18 км/с .
- 5) Орбита Весты находится между орбитами Марса и Юпитера.

О т в е т:

--	--

17.14. Используя таблицу задания 17.13, выберите два верных утверждения.

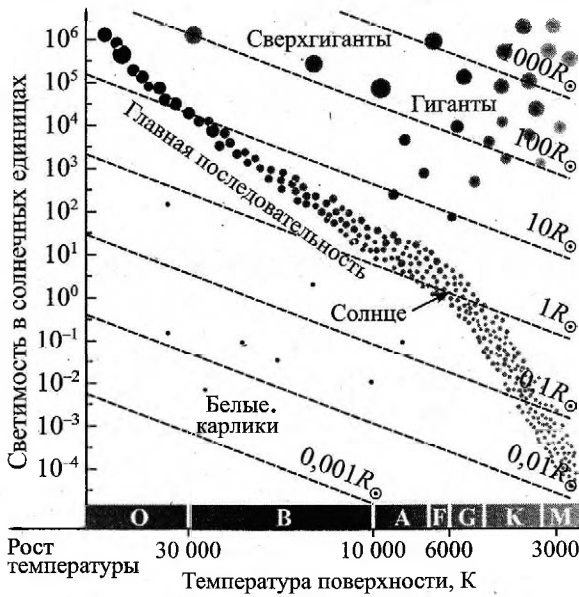
- 1) Паллада вращается по более «вытянутой» орбите, чем Интерамния.
- 2) Большие полуоси Ефросины и Давиды примерно одинаковы, значит они движутся друг за другом по одной орбите.
- 3) Средняя плотность Цереры составляет 280 кг/м^3 .
- 4) Первая космическая скорость для Весты более 8 км/с .
- 5) Орбита Весты находится между орбитами Марса и Юпитера.

О т в е т:

--	--

¹ Эксцентриситет орбиты $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$, где a – большая полуось; b – малая полуось эллиптической орбиты.

17.15. На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга–Рассела.



Выберите два утверждения о звёздах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Плотность белых карликов существенно меньше средней плотности звезд гигантов.
- 2) Радиус звезд, относящихся к звездам гигантам, превышает радиус Солнца в 100 раз.
- 3) Температура поверхности звёзд спектрального класса А может в 3 раза превышать температуры поверхности звёзд спектрального класса М.
- 4) Чем больше светимость звезды, тем больше ее радиус.
- 5) Чем больше радиус звезды, тем выше температура ее поверхности.

О т в е т:

--	--

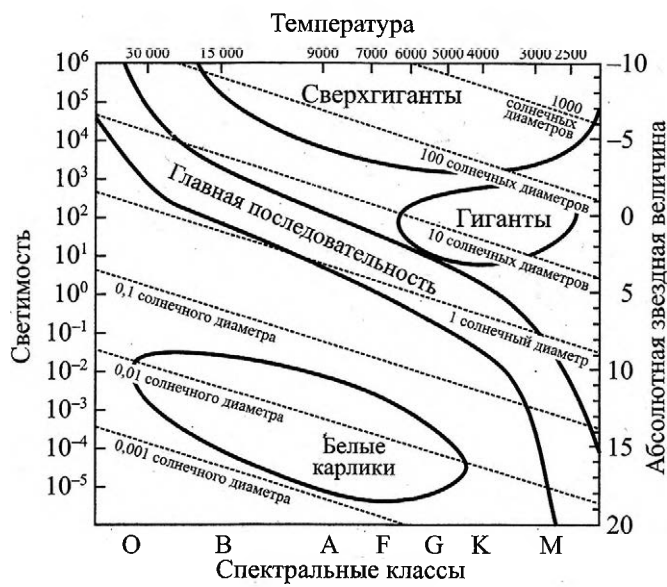
17.16. Используя диаграмму Герцшпрунга – Рассела, приведенную в задании 17.15, выберите два утверждения о звёздах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Температура поверхности звёзд спектрального класса М в 2 раза ниже температуры поверхности звёзд спектрального класса В.
- 2) Радиус звезды Ригель имеет радиус в 138 раз больший радиуса Солнца, поэтому ее следует отнести к звездам гигантам.
- 3) Плотность белых карликов существенно меньше средней плотности Солнца.
- 4) Звезда Сириус А примерно в 2 раза превышает Солнце по размерам, имеет температуру поверхности 9250 К и поэтому относится к звёздам главной последовательности.
- 5) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса G главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса В главной последовательности.

О т в е т:

--	--

17.17. Используя диаграмму Герцшпрунга–Рассела, выберите два верных утверждения о звездах главной последовательности.



- 1) Радиус звезд лежит в пределах от 0,1 до 10 радиусов Солнца.
- 2) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса К главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса В главной последовательности.
- 3) Температура поверхности звезд размером от 1 до 10 радиусов Солнца может превышать температуру поверхности Солнца более, чем в 5 раз.
- 4) Светимость звезды пропорциональна абсолютной температуре ее поверхности.
- 5) Звезда имеет температура поверхности 25 000 К и радиус в 100 раз меньший радиуса Солнца, поэтому это звезда главной последовательности.

О т в е т:

17.18. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды, св. год
Солнце	6000	1,0	1,0	68
Бетельгейзе	3100	20	900	650
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) Спика относится к звездам главной последовательности.
- 2) Звезда Процион является ближайшей к Солнцу звездой среди всех звезд Вселенной.
- 3) Звезды одинаковой массы находятся на одинаковом расстоянии от Земли.
- 4) Звезда Бетельгейзе относится к звездам спектрального класса М.
- 5) Звезды Кастор и Капелла относятся к одному созвездию, так как находятся на одинаковом расстоянии от Земли.

О т в е т:

17.19. Используя таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах, выберите два утверждения, которые можно сделать на основании данных, приведенных в таблице.

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	0,02	Большой пес

- 1) Звёзды Альдебаран и Эльнат находятся на одинаковом расстоянии от Солнца, т.к. находятся в одном созвездии.
- 2) Сириус В относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга–Рассела.
- 3) Сириус А относится к белым карликам.
- 4) Светимость звезды Садр выше светимости Солнца.
- 5) Звезда Альдебаран является звездой спектрального класса К.

О т в е т:

--	--

17.20. Используя таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах, выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

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	$2 \cdot 10^{-2}$
α -Центавра	5730	1,02	1,2

- 1) Светимость Бетельгейзе ниже светимости Солнца, так как температура на ее поверхности ниже.
- 2) Звезда Ригель является звездой гигантом.
- 3) Средняя плотность карликов в десятки и сотни раз меньше плотности Солнца.
- 4) Звезда Сириус А относится к звездам спектрального класса А
- 5) Звезды Сириус В и α -Центавра имеют одинаковый радиус

О т в е т:

--	--

17.21. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах. Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

Название звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)
Эльнат	13 600	4,5	5,5
Сириус А	9900	2,1	1,7
Сириус В	26 000	1	$2 \cdot 10^{-2}$
Бетельгейзе	3100	20	900
Ригель	11 200	40	138

- 1) Температура на поверхности Бетельгейзе выше температуры на поверхности Солнца.
- 2) Звезда Сириус А относится к белым карликам.
- 3) Звезда Эльнат относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга–Рассела.
- 4) Звезда Ригель относится к бело-голубым звёздам спектрального класса В.
- 5) Время пребывания звезды Ригель на главной последовательности больше, чем у Солнца.

О т в е т:

--	--

17.22. Выберите два верных утверждения о масштабах во Вселенной.

- 1) Расстояние от Земли до Луны 100 000 км.
- 2) Расстояние от Земли до Солнца 1 а. е.
- 3) Радиус Солнечной системы примерно 150 млн км.
- 4) Расстояние от Солнца до ближайшей звезды Проксима Центавра 1 св. год.
- 5) Свет проходит расстояние равное диаметру диска Галактики примерно за 100 тыс. земных лет.

О т в е т:

--	--

17.23. Выберите два верных утверждения о масштабах во Вселенной.

- 1) Свет от Луны до Земли доходит примерно в 390 раз быстрее, чем от Солнца до Земли.
- 2) Диаметр Солнечной системы примерно 2 а. е.
- 3) Главный пояс астероидов лежит от Солнца на расстоянии от 1,5 а. е. до 5,2 а. е.
- 4) Если звезда Проксима Центавра погаснет, то мы узнаем об этом через 100 лет.
- 5) Млечный путь – это сферическая галактика диаметром 100 тыс. световых лет.

О т в е т:

--	--

Тематический блок № 18
«Методы научного познания»

Ученику на заметку

В разделе 2 Кодификатора элементов содержания для проведения ЕГЭ по ФИЗИКЕ содержится ряд требований к уровню подготовки выпускников, которые можно отнести к методам научного познания. В частности требуется уметь:

- описывать результаты физических экспериментов;
- описывать фундаментальные опыты, оказавшие существенное явление на развитие физики;
- приводить примеры практического применения физических знаний, законов физики;
- определять характер физического процесса по графику, таблице, формуле;
- понимать, что законы физики имеют свои определенные границы применимости;
- измерять физические величины и представлять результаты измерений с учетом погрешностей.

Эти и другие требования проверяются на различном тематическом содержании (см. Тематические блоки № 1–16). Однако, начиная с 2017 г. в КИМ ЕГЭ два задания (№ 22 и 23) целевым образом проверяют подготовку выпускников этом направлении.

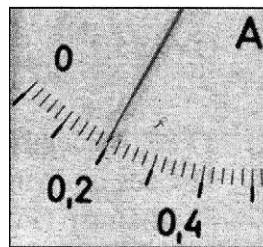
Задание 22 обычно направлено на проверку умения записывать показания различных приборов при измерении физических величин с учетом абсолютной погрешности измерений.

Для снятия показаний приборов предлагаются задания по рисункам или фотографиям различных приборов (амперметр, вольтметр, мензурка, термометр, гигрометр). Как правило, учащимся необходимо уметь правильно записывать показания приборов с учетом необходимых округлений и с учетом абсолютной погрешности измерений. Абсолютная погрешность измерений задается в тексте задания: либо в виде половины цены деления, либо в виде цены деления (в зависимости от точности прибора). Пример такого задания приведен ниже.

Определите показания амперметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.

О т в е т: (_____ \pm _____) А.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.



Ответом к этому заданию будет $(0,20 \pm 0,02)$ А. Следует обратить внимание, что среднее значение содержит столько же знаков после запятой, что и погрешность измерения (не 0,2 А, а 0,20 А). В бланк ответов № 1 нужно перенести только числа и запятые без пробелов: 0,200,02.

Также следует понимать, что если показания приборов двух приборов, измеряющих одну и ту же физическую величину, при записи результатов измерений с учетом погрешности дают перекрывающиеся интервалы, то следует признать, что показания приборов совпадают. То есть (99 ± 1) см = (100 ± 1) см.

В открытом банке ЕГЭ имеются и задания, где требуются простейшие представления о погрешности косвенных измерений. Например, если брусок прошел путь от отметки на линейке (210 ± 1) мм до отметки (310 ± 1) , то пройденный путь с учетом погрешности будет равен (100 ± 2) мм.

Так же следует учесть, что деление на целое число уменьшает и среднее значение результата, и величину погрешности. Если длина ряда из 10 одинаковых шариков (50 ± 1) мм, то диаметр шарика равен $(5,0 \pm 0,1)$ мм.

Задание 23 проверяет умение выбирать оборудование для проведения опыта по заданной гипотезе. С 2017 г. оно представляет собой задание на множественный выбор (двух правильных элементов из пяти предложенных), но оценивается в 1 балл, только если верно указаны

оба элемента ответа. Порядок записи элементов ответа значения не имеет. Здесь предлагаются три различные модели заданий:

- на выбор двух рисунков, графически представляющих соответствующие установки для опытов;
- на выбор двух строк в таблице, которая описывает характеристики установок для опытов;
- на выбор названия двух элементов оборудования или приборов, которые необходимы для проведения указанного опыта.

Ниже приведен пример одного из таких заданий.

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость периода свободных колебаний пружинного маятника от жёсткости пружины. У него имеется пять пружинных маятников, характеристики которых приведены в таблице. Какие два маятника необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ маятника	Жёсткость пружины, Н/м	Объём груза, см ³	Материал, из которого сделан груз
1	40	30	Алюминий
2	40	60	Алюминий
3	60	30	Медь
4	80	30	Алюминий
5	60	60	Медь

Запишите в таблицу номера выбранных маятников.

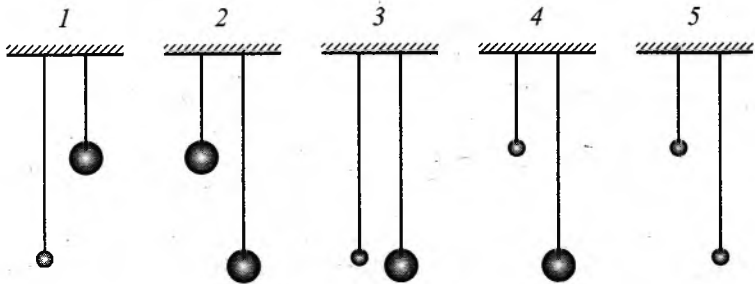
О т в е т:

--	--

Верный ответ 14 или 41 предполагает, что ученик понимает, что для выявления зависимости одной характеристики явления от другой, следует остальные характеристики, от которых в принципе может зависеть протекание явления, сохранить неизменными. В данном случае материал и объём груза одинаковы, а жесткости пружины маятников различаются.

Также в таких заданиях может проверяться умение правильно проводить по экспериментальным точкам прямую или кривую при изучении зависимости одной величины от другой, в случае, когда экспериментальные значения величин нанесены на координатную плоскость с учетом погрешности измерений. Проверяется и умение трактовать зависимости, представленные в виде графика или заполненной таблицы.

18.1. Ученик изучает свойства математического маятника. Укажите две пары маятников, с помощью которых можно на опыте обнаружить зависимость периода колебаний маятника от его длины. Шарики сплошные, из одинакового материала.



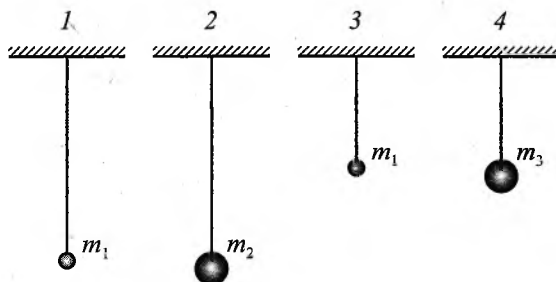
О т в е т:

--	--

18.2. Необходимо экспериментально установить, зависит ли период колебаний математического маятника от длины нити. Запишите номера двух маятников, которые можно использовать для этой цели.

О т в е т:

--	--



18.3. Для изучения зависимости периода колебаний пружинного маятника от массы груза на штатив подвесили пружину жесткостью 40 Н/м, а на пружину – груз массой 100 г. Какие еще два предмета необходимо взять из представленного списка оборудования, чтобы провести это исследование?

- 1) Линейка с миллиметровыми делениями.
- 2) Груз массой 100 г.
- 3) Весы.
- 4) Секундомер.
- 5) Пружина жесткостью 20 Н/м.

В ответ запишите номера выбранных предметов.

О т в е т:

--	--

18.4. Ученик изучает свойства нитяных маятников. В его распоряжении имеется 5 маятников, состоящих из нити заданной длины и укрепленных на нити сплошных шариков разного объема, сделанных из разных материалов. Какую пару маятников нужно использовать для того, чтобы на опыте доказать или отвергнуть зависимость периода колебаний маятника от длины нити?

№ маятника	Длина нити, м	Объём сплошного шарика, см ³	Материал, из которого сделан шарик
1	1,0	8	Фторопласт
2	2,0	5	Фторопласт
3	1,0	8	Латунь
4	1,0	5	Латунь
5	1,5	5	Латунь

О т в е т:

--	--

18.5. В вашем распоряжении имеется 5 плосковыпуклых линз, сделанных из стекла и поликарбоната (оргстекло). В таблице приведены радиусы кривизны R этих линз.

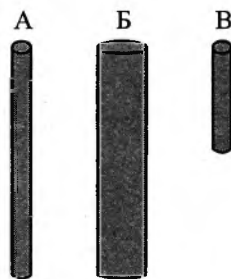
№	R , см	Материал
1	5	Стекло
2	10	Стекло
3	15	Стекло
4	7	Поликарбонат
5	15	Поликарбонат

Какие из линз следует взять для того, чтобы исследовать зависимость фокусного расстояния линзы от материала?

О т в е т:

--	--

18.6. Необходимо экспериментально обнаружить зависимость электрического сопротивления круглого угольного стержня от его длины и площади поперечного сечения. Установите соответствие между целью эксперимента и парой объектов, отбираемых для исследования (см. рисунок).

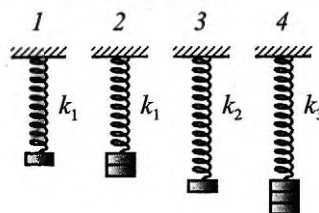


Задача исследования	Объекты исследования
А) Установить зависимость сопротивления от длины стержня	1) А и Б 2) А и В
Б) Установить зависимость сопротивления от площади его сечения	3) Б и В

О т в е т:

А	Б

18.7. Необходимо экспериментально установить, зависит ли период колебаний пружинного маятника от массы груза. Укажите номера маятников, которые можно использовать для этой цели.



О т в е т:

--	--

18.8. Ученик решил изучить зависимость силы тока через резистор от напряжения на нем. Для сборки цепи он взял резистор, набор проводов, нерегулируемый источник тока с ЭДС 1,5 В, ключ и амперметр. Какие еще два прибора из приведенного списка ему нужно включить в цепь, чтобы провести задуманное исследование?

- 1) Лампочка.
- 2) Вольтметр.
- 3) Термометр.
- 4) Калориметр.
- 5) Реостат.

О т в е т: _____

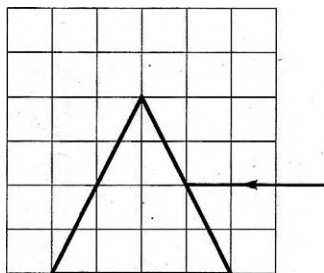
18.9. Какую пару конденсаторов (см. рис.) нужно выбрать, чтобы проведя два опыта, обнаружить зависимость ёмкости конденсатора от расстояния между его обкладками? Пространство между обкладками конденсатора № 5 заполнено пластиковым диэлектриком.

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)

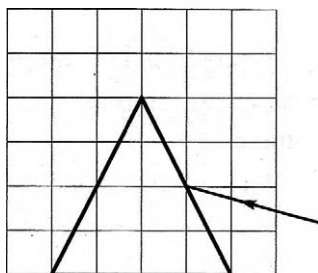
О т в е т:

--	--

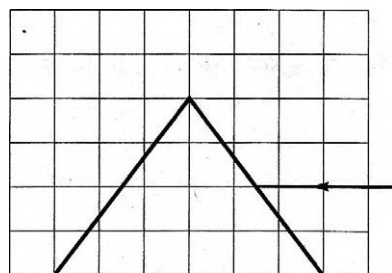
18.10. Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Были выдвинуты гипотезы, что ширина спектра, получаемого на стоящем за призмой экране, может зависеть от угла падения пучка на грань призмы и от преломляющего угла призмы при вершине. Какие два опыта (см. рисунок) нужно провести для проверки гипотез?



№ 1



№ 2



№ 3

Гипотезы	Опыты, проверяющие гипотезу
А) Ширина спектра зависит от угла падения пучка	1) № 1 и № 2
Б) Ширина спектра зависит от преломляющего угла призмы	2) № 1 и № 3
	3) № 2 и № 3

О т в е т:

А	Б

18.11. Имеются четыре дифракционные решетки. На решетке № 1 указано «100 штрихов на мм», на решетке № 2 – «Период решетки 0,067 мм», на решетке № 3 – «Постоянная решетки 0,01 мм», на решетке № 4 – «Расстояние между центрами щелей 0,002 мм». Со всеми решетками проводится эксперимент, при котором на них перпендикулярно решетке направляется свет одного и того же лазера и измеряется расстояние между первыми максимумами на экране. Укажите номера решеток, использованных в экспериментах, из которых можно сделать вывод о зависимости расстояния между дифракционными максимумами от расстояния между решеткой и экраном, если во всех экспериментах расстояние от решетки до экрана было различным.

О т в е т:

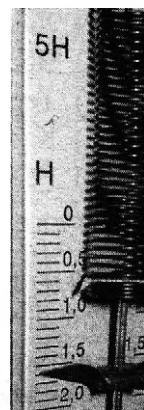
--	--

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

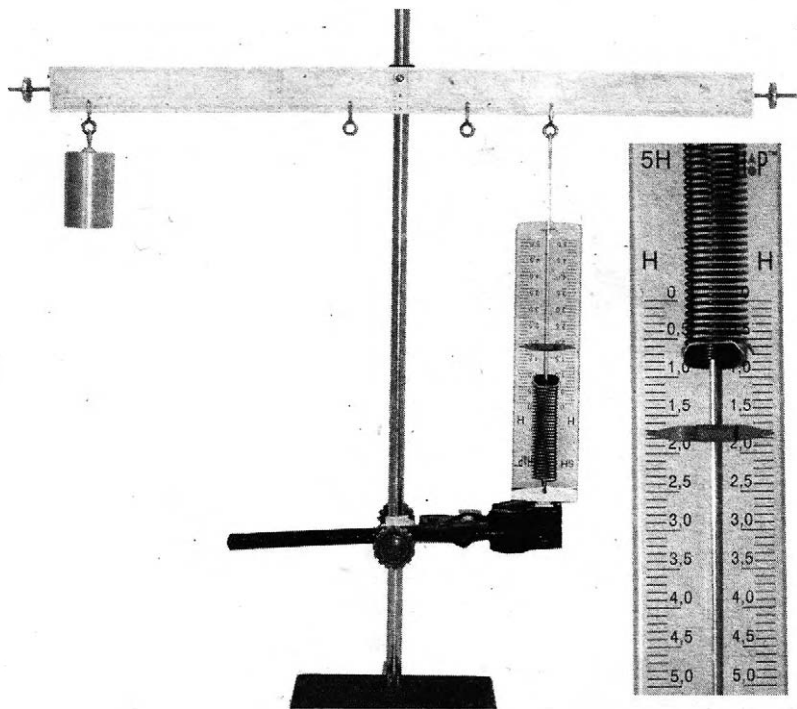
Запишите показания прибора вместе с погрешностью измерения.

О т в е т: (_____ ± _____) Н

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



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

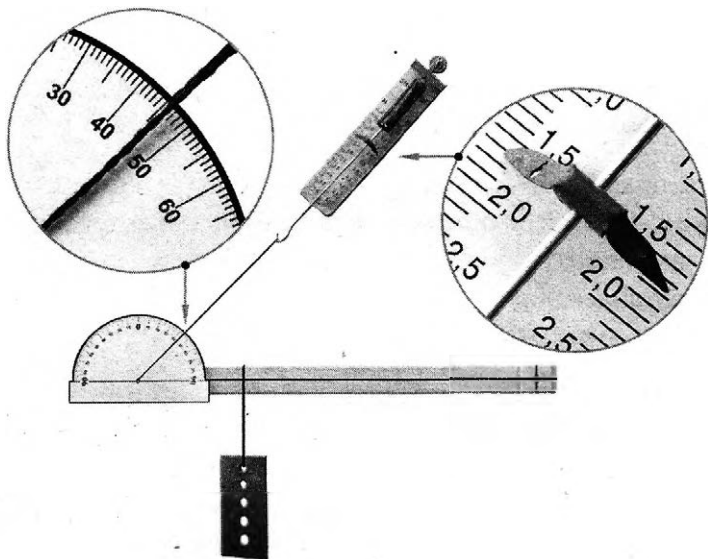


Запишите показания прибора вместе с погрешностью измерения.

Ответ: (_____ ± _____) Н

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

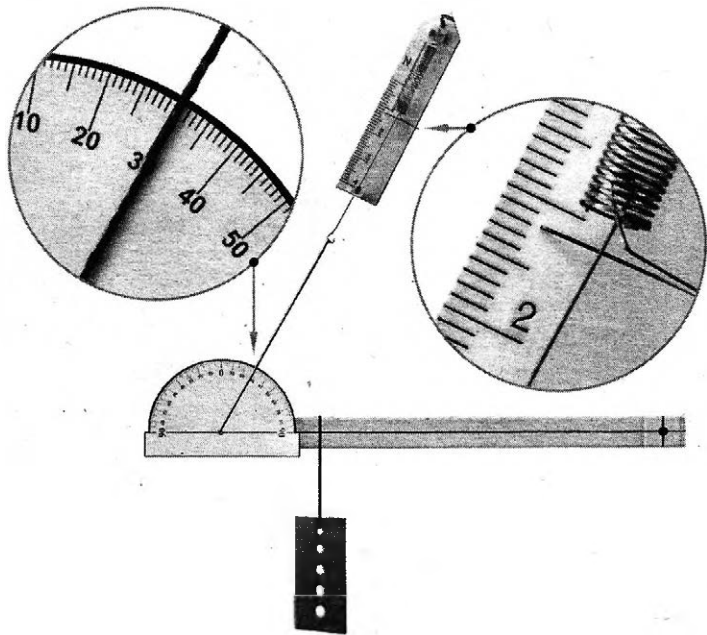
18.14. Считая погрешность измерения равной цене деления прибора, укажите, под каким углом к направлению оси рычага направлена нить, прицепленная к крючку динамометра?



Ответ: (_____ ± _____) °

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

18.15. Считая погрешность измерения равной цене деления динамометра, укажите силу натяжения нити, прикрепленной к крючку динамометра.

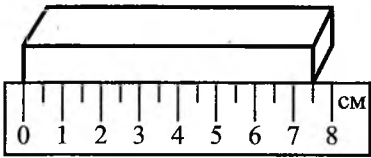


Запишите показания прибора вместе с погрешностью измерения.

Ответ: (_____ ± _____) Н

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

18.16. Длину бруска измеряют с помощью линейки. Запишите результат измерения, учитывая, что погрешность измерения равна половине цены деления. Запишите результат измерения вместе с погрешностью измерения.



Ответ: (_____ ± _____) см

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

18.17. Запишите показания барометра – анероида с учетом погрешности измерений. Считайте погрешность равной цене деления прибора. Верхняя шкала отградуирована в миллиметрах ртутного столба, нижняя – в гектапаскалях.

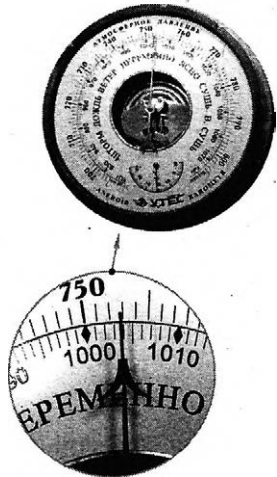
Ответ: (_____ ± _____) кПа

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

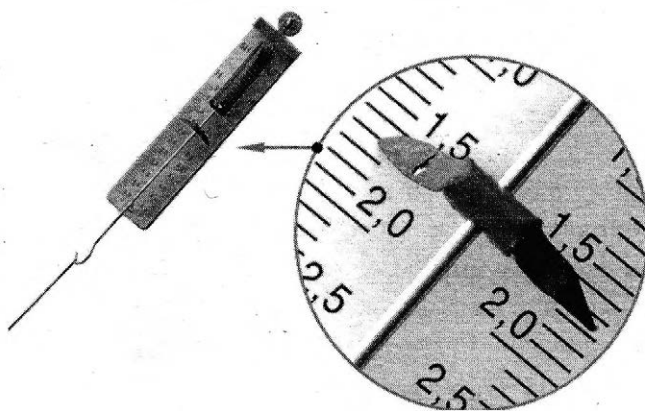
18.18. Чему равно действительное значение атмосферного давления в момент измерения (см. рис. задания 18.17), если в паспорте барометра указано, что погрешность прямого измерения давления не превосходит 3 мм рт. ст. Запишите показания прибора вместе с погрешностью измерения.

Ответ: (_____ ± _____) мм.рт.ст

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



18.19. Определите показания динамометра с учетом погрешности измерений, считая, что погрешность прямого измерения равна цене деления прибора.



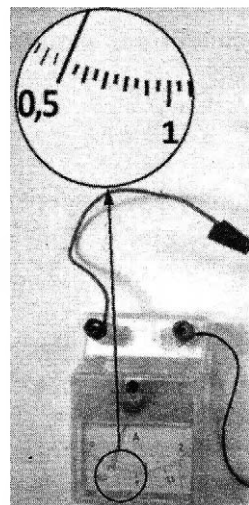
Ответ: (____ ± ____) Н

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

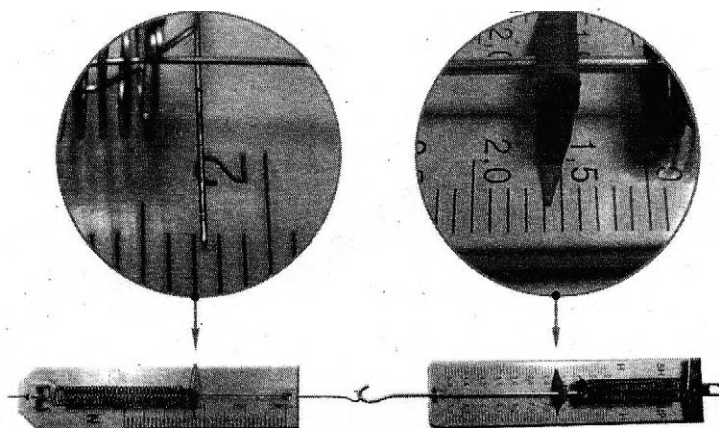
18.20. Укажите показания амперметра с учетом погрешности измерений, считая, что погрешность прямого измерения равна цене деления прибора.

Ответ: (____ ± ____) А.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.



18.21. На рисунке показан опыт по растягиванию двух сцепленных динамометров. Выберите два верных утверждения.



- 1) Показания левого динамометра $(2,3 \pm 0,1)$ Н.
- 2) Показания правого динамометра $(1,6 \pm 0,1)$ Н.
- 3) Показания динамометров совпадают с учетом погрешности измерений.
- 4) Сила воздействия левого динамометра на правый больше, чем сила воздействия правого на левый.
- 5) Цена деления правого динамометра меньше, чем цена деления левого.

Ответ:

--	--

18.22. Имеются два барометра (см. рисунок). Погрешность каждого равна цене деления прибора по соответствующей шкале. Выберите два верных утверждения об их показаниях.

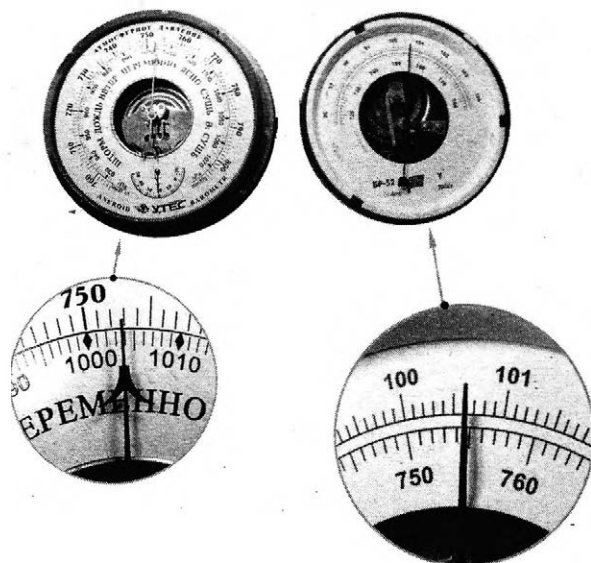
1) На обоих приборах имеются шкалы с ценой деления 1 кПа.

2) Показания обоих приборов с учетом погрешностей измерения совпадают.

3) У обоих приборов имеются шкалы, измеряющие атмосферное давление в мм рт. ст.

4) Судя по шкале левого барометра 1000 Па соответствует 750 мм рт. ст.

5) Левый барометр позволяет измерить давление с меньшей погрешностью, чем правый



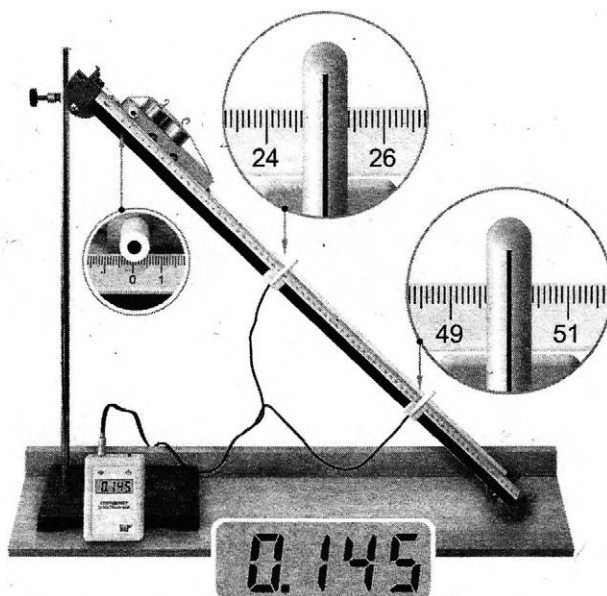
Ответ: _____

18.23. Измерение длины нарезки винтовой линии на крепежной детали дало результат (14 ± 1) мм. При этом на измеряемом отрезке укладывалось 20 витков. Каков шаг винтовой линии с учетом погрешности измерений.

Ответ: (_____ \pm _____) мм

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком

18.24. Считая погрешность измерения равной сумме погрешностей установки каждого из датчиков положения, а погрешность установки датчика равной цене деления линейки укажите расстояние между верхним и нижним датчиками положения (см. рис.).

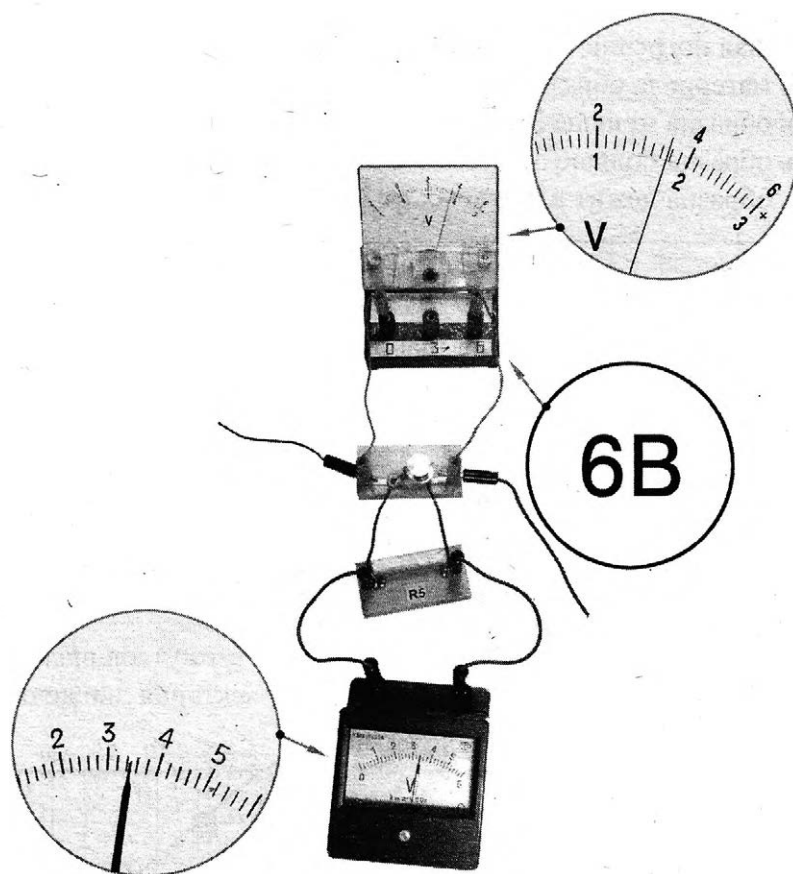


Запишите показания прибора вместе с погрешностью измерения.

Ответ: (_____ \pm _____) м

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

18.25. Выберите два верных утверждения о характеристиках измерительных приборов и их показаниях на участке цепи, приведенной на рисунке, которые можно сделать на основании показаний приборов. Погрешность измерений считать равной цене деления прибора.



- 1) Пределы измерений приборов совпадают
- 2) Цены деления приборов отличаются
- 3) Показания приборов в пределах погрешности измерений совпадают
- 4) Напряжение, измеренное верхним прибором, больше измеренного нижним
- 5) Сила тока через лампочку больше силы тока через резистор.

Ответ:

--	--

18.26. Маятник совершает $N = 20$ колебаний за $t = (24,0 \pm 0,2)$ с. Чему равен период колебаний маятника T согласно этим данным?

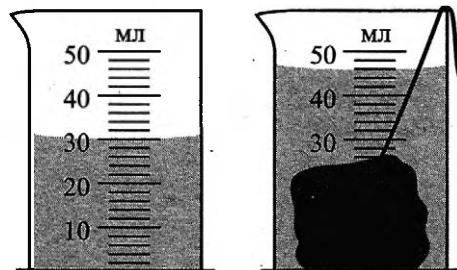
Ответ: (____ \pm ____) с

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

18.27. При измерении объёма тела его погрузили в мензурку (см. рисунок). Погрешность измерения объёма при помощи данной мензурки равна её цене деления. Запишите объём тела с учетом погрешности измерений.

Ответ: (____ \pm ____) мл

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.



18.28. При определении плотности вещества ученик измерил массу образца на очень точных электронных весах: $m = 90,00$ г. Объем был измерен с использованием мерного цилиндра: $V = (25 \pm 1)$ см³. Выберите два верных вывода, которые можно сделать на основе этих измерений.

- 1) Относительная погрешность измерения объема 4%.
- 2) Плотность материала образца 3,6 г/см³.
- 3) Плотность образца меньше 3,4 г/см³.
- 4) Плотность образца больше 3,7 г/см³.
- 5) Плотность образца лежит в пределах от 3,4 до 3,8 г/см³.

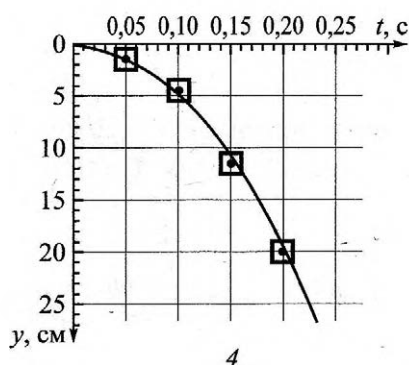
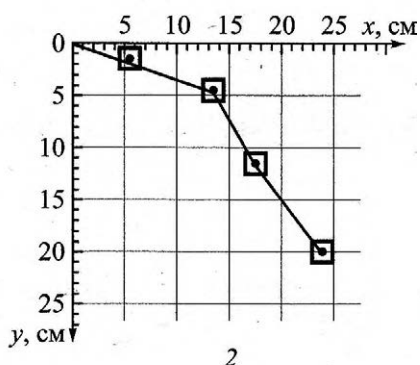
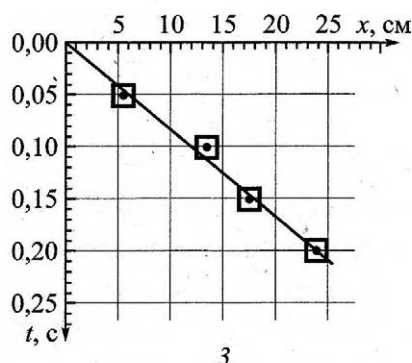
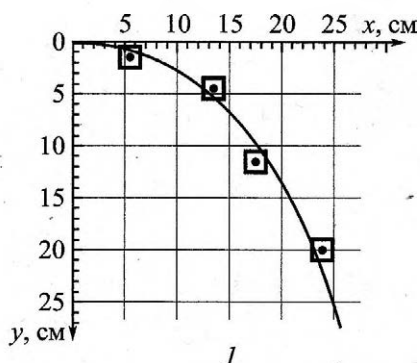
Ответ:

--	--

18.29. Ученик исследовал движение шарика, сброшенного горизонтально со стола. Для этого он измерил координаты летящего шарика в разные моменты времени его движения и заполнил таблицу.

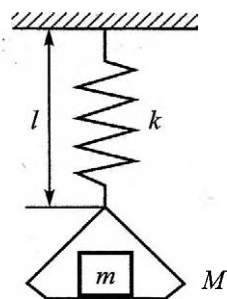
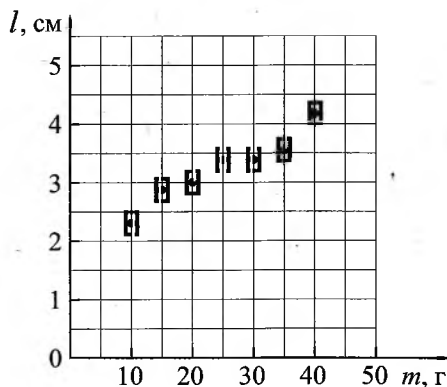
$t, \text{с}$	0	0,05	0,10	0,15	0,20
$x, \text{см}$	0	5,5	13,5	17,5	24
$y, \text{см}$	0	1,5	4,5	11,5	20

Погрешность измерения координат равна 1 см, а промежутков времени – 0,01 с. На каком из графиков верно представлена наиболее вероятная траектория движения шарика?



Ответ: _____

18.30. На графике представлены результаты измерения длины пружины l при различных значениях массы грузов с учетом погрешностей измерений ($\Delta m = \pm 1$ г, $\Delta l = \pm 0,2$ см). Грузы лежат в чашке пружинных весов (рисунок справа).



Установите соответствие между физическими величинами получаемыми в таком эксперименте и их числовыми значениями.

Физические величины	Примерные числовые значения
А) Длина пружины с пустой чашей весов, см	1) 0
Б) Жёсткость пружины, Н/м	2) 0,02
	3) 2
	4) 10
	5) 20

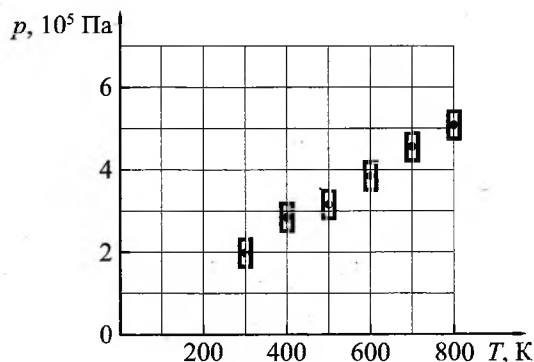
Ответ:

А	Б

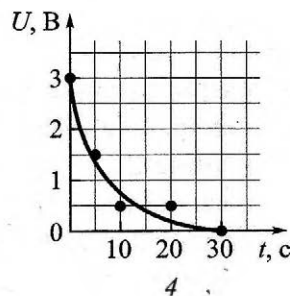
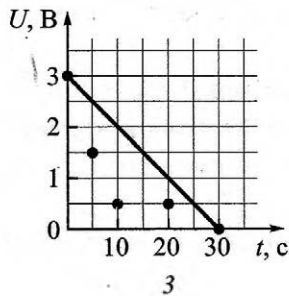
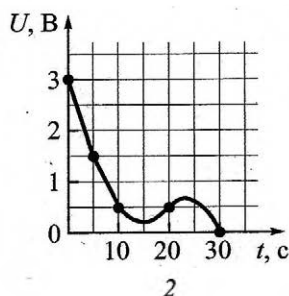
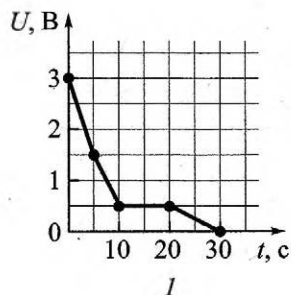
18.31. На рисунке показаны результаты измерения давления постоянной массы разреженного газа при повышении его температуры. Погрешность измерения температуры $\Delta T = \pm 10$ К, давления $\Delta p = \pm 2 \cdot 10^4$ Па. Газ занимает сосуд объемом 5 л. Чему равно число молей газа?

Ответ округлить до десятых.

Ответ: _____ моль



18.32. На рисунке точками указаны результаты измерений напряжения на конденсаторе при его разряде через резистор в разные моменты времени. Погрешности измерения этих величин соответственно равнялись 0,3 В и 2 с. Какой из графиков правильно построен по этим точкам?



Ответ: _____

18.33. С использованием пружины, бруска и нитки (рис. 1) исследовалась зависимость тормозного пути S_T от растяжения пружины x . Результаты исследования представлены на рис. 2. На основе анализа экспериментальных данных укажите две формулы, позволяющие предсказать значение S_T при известной деформации x .

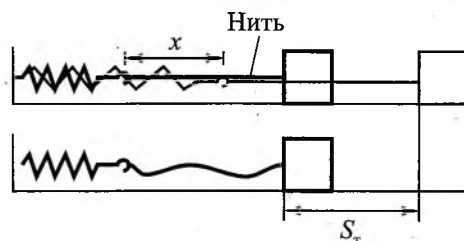


Рис. 1

- 1) $S_T = 0,5x^2$;
- 2) $S_T = 5x$;
- 3) $S_T = 2x$;
- 4) $x = 2,24\sqrt{S_T}$;
- 5) $x = 1,41\sqrt{S_T}$

Ответ: _____

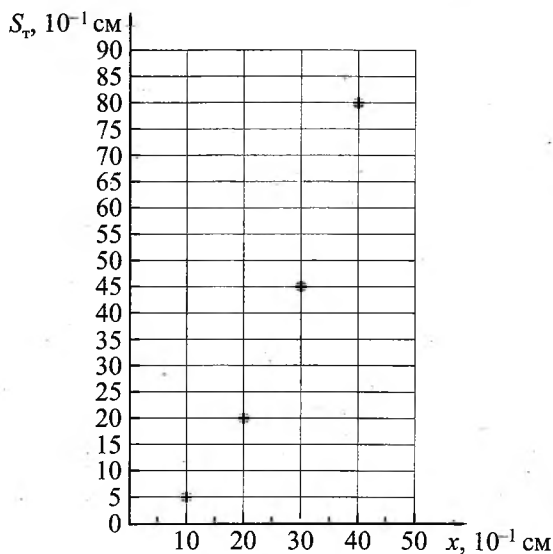


Рис. 2

18.34. Шарик уронили в воду с некоторой высоты. На рисунке показан график изменения координаты шарика с течением времени.

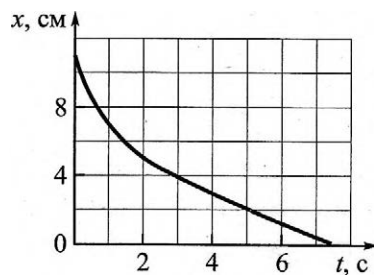
Выберите два верных утверждения.

Согласно графику:

- 1) шарик все время двигался с постоянным ускорением;
- 2) ускорение шарика увеличивалось в течение всего времени движения;
- 3) первые 3 с шарик двигался с постоянной скоростью;
- 4) первые 3 с шарик замедлял движение;
- 5) после 3 с шарик двигался с постоянной скоростью.

Ответ:

--	--

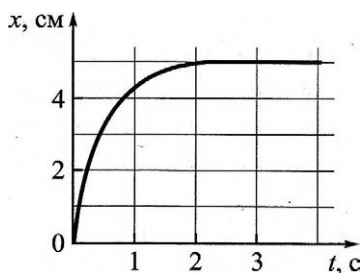


18.35. Шарик катится по желобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчета показано на графике. На основании этого графика можно уверенно утверждать, что:

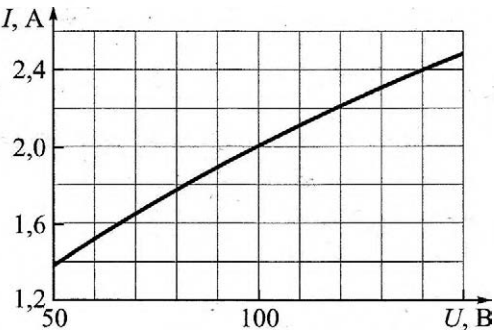
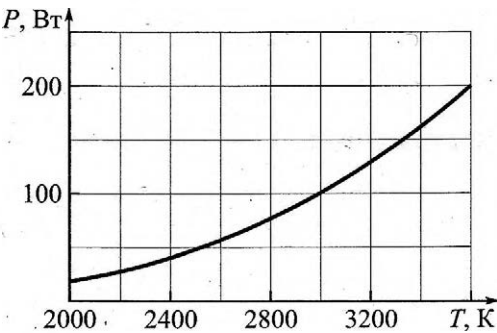
- 1) скорость шарика постоянно увеличивалась;
- 2) шарик двигался с постоянным ускорением;
- 3) первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной;
- 4) первые 2 с шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился;
- 5) с 2 до 4 с равнодействующая сил, действующих на шарик, равна нулю.

Ответ:

--	--



18.36. При нагревании спирали лампы накаливания протекающим по ней электрическим током основная часть подводимой энергии теряется в виде теплового излучения. На рисунке изображены графики зависимости мощности тепловых потерь лампы от температуры спирали $P = P(T)$ и силы тока от приложенного напряжения $I = I(U)$. При помощи этих графиков определите примерную температуру спирали лампы при силе тока $I = 2\text{ А}$.

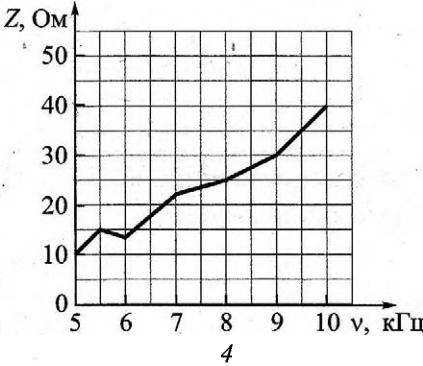
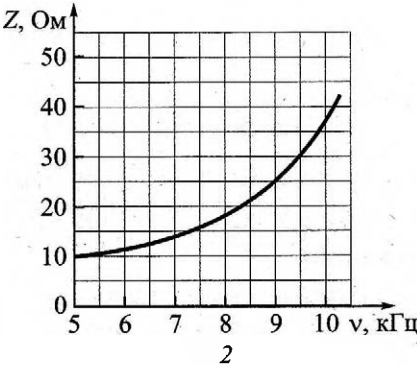
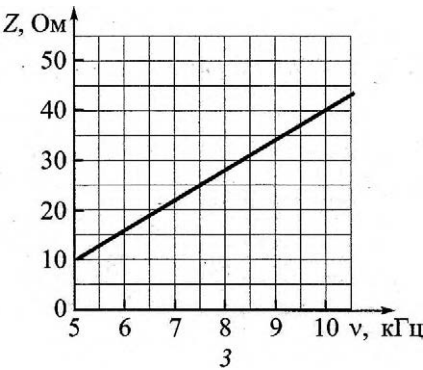
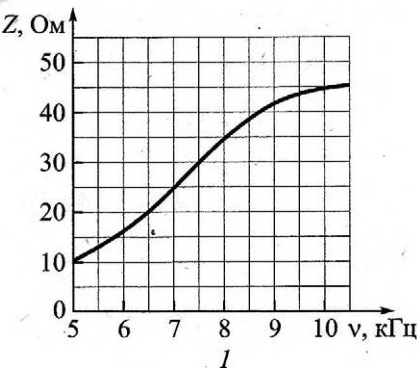


О т в е т: _____ К

18.37. Исследовалась зависимость электрического сопротивления Z участка цепи переменного тока от частоты ν колебаний тока. Погрешности измерения величин Z и ν соответственно равны 5 Ом и 2 Гц. Результаты измерений представлены в таблице.

ν , кГц	5	5,5	6	7	8	9	10
Z , Ом	10	15	14	22	25	30	40

Какой из графиков построен правильно с учётом всех результатов измерений и их погрешностей.



О т в е т: _____

18.38. Ученик устанавливал зависимость между силой трения скольжения тела, движущегося равномерно по горизонтальной поверхности, и силой его нормального давления. Для этой цели он использовал динамометр и шесть одинаковых брусков массой 100 г каждый, которые поочередно ставил друг на друга, меняя тем самым силу нормального давления. Полученные учеником результаты представлены в таблице.

$F_{\text{тр}}, \text{ Н}$	2,5	5,0	7,5	9,0	11,0	13,0
$m, \text{ г}$	100	200	300	400	500	600

Какие утверждения можно сделать из данного эксперимента, если пренебречь погрешностью измерений?

- 1) Прямая пропорциональная зависимость между силой трения скольжения и силой нормального давления наблюдается для первых трех измерений.
- 2) Прямая пропорциональная зависимость между силой трения скольжения и силой нормального давления наблюдается для последних трех измерений.
- 3) Прямая пропорциональная зависимость между силой трения скольжения и силой нормального давления наблюдается для всех измерений.
- 4) Прямая пропорциональная зависимость между силой трения скольжения и силой нормального давления не наблюдается для первых трех измерений.
- 5) Прямая пропорциональная зависимость между силой трения скольжения и силой нормального давления не наблюдается для последних трех измерений.

О т в е т:

--	--

18.39. Идеальный газ сжимают таким образом, что выполняется соотношение $pV^2 = \text{const}$. Как при этом изменяются следующие физические величины?

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов).

Физические величины	Их изменение
А) Температура	1) Увеличится
Б) Давление	2) Уменьшится
В) Внутренняя энергия	3) Не изменится

О т в е т:

А	Б	В

18.40. Ученик изучал в школьной лаборатории колебания груза на нити и на пружине. Результаты измерений каких величин дадут ему возможность рассчитать период колебаний маятника при известном ускорении свободного падения?

Рассчитываемая величина	Измеряемая величина
А) Период нитяного маятника	1) Масса груза и амплитуда колебаний
Б) Период пружинного маятника	2) Масса груза и жесткость пружины
	3) Длина нити
	4) Масса груза и длина пружины
	5) Амплитуда колебаний и жесткость пружины

О т в е т:

А	Б

18.41. Выберите два верных утверждения. Законы геометрической оптики применимы для описания:

- 1) образования тени от дома;
- 2) образования светлого пятна в центре тени шарика;
- 3) образования радужных цветных пленок;
- 4) прохождения света через два поляризатора только при определенной их ориентации;
- 5) образования солнечного зайчика на стене.

О т в е т:

--	--

18.42. Выберите два верных утверждения.

Если m – масса двух тел, а r – расстояние между их центрами, сравнимое с их размерами, то сила их гравитационного притяжения равна Gm^2/r^2 , если тела имеют:

- 1) форму кубов;
- 2) форму шаров;
- 3) форму сфер (симметричных полых шаров);
- 4) форму параллелепипедов;
- 5) форму цилиндров.

О т в е т:

--	--

18.43. Установите соответствие между научными открытиями и именами ученых, которым эти открытия принадлежат.

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

Физические открытия	Имена ученых
А) Закон, определяющий тепловое действие электрического тока Б) Закон магнитного взаимодействия проводников с током	1) А. Ампер 2) Э.Х. Ленц 3) Ш. Кулон 4) М. Фарадей

О т в е т:

А	Б

18.44. Установите соответствие между научными открытиями и именами ученых, которым эти открытия принадлежат.

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

Физические открытия	Имена ученых
А) Открытие явления непрерывного беспорядочного движения частиц, взвешенных в жидкости Б) Открытие закона о передаче давления жидкостями	1) Архимед 2) Э. Торричелли 3) Б. Паскаль 4) Р. Броун

О т в е т:

А	Б

18.45. Установите соответствие между именами ученых XIX века и их вкладом в развитие электродинамики.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов).

Имена ученых	Вклад ученого в науку
А) Майкл Фарадей Б) Джеймс Максвелл В) Генрих Герц	1) Экспериментально обнаружил распространение электромагнитных волн в воздухе 2) Ввел представления о существовании электрического и магнитного полей 3) Создал теорию распространения электромагнитных волн

Ответ:

А	Б	В

18.46. Установите соответствие между научными открытиями и именами ученых, которым эти открытия принадлежат.

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

Физические открытия	Имена ученых
А) Экспериментальное открытие магнитного действия электрического тока Б) Экспериментальное открытие явления электромагнитной индукции	1) М. Фарадей 2) Х.К. Эрстед 3) Г. Герц 4) Дж. Максвелл

Ответ:

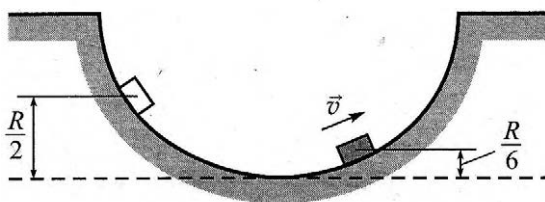
А	Б

Часть II

ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ, ТРЕБУЮЩИЕ РАЗВЕРНУТОГО ОТВЕТА

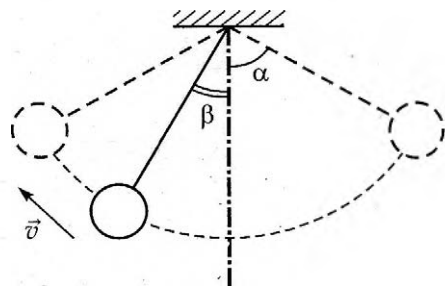
ЗАДАНИЯ, ПРОВЕРЯЮЩИЕ УМЕНИЕ ДАТЬ РАЗВЕРНУТЫЙ ОТВЕТ НА КАЧЕСТВЕННЫЙ ВОПРОС (задание № 28 в КИМ ЕГЭ)

1. В гладкой цилиндрической трубе радиусом R колеблется шайба, поднимаясь на максимальную высоту $R/2$ (см. рисунок).



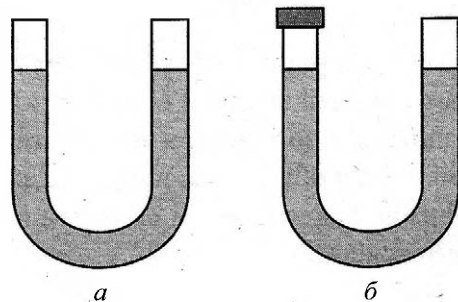
Нарисуйте силы (без учета сил трения о воздух и о трубу), действующие на шайбу в момент прохождения точки, расположенной на высоте $R/6$ над нижней точкой поверхности, при движении шайбы от крайней левой точки в крайне правую (см. рисунок). Куда направлено в этот момент ускорение шайбы (покажите на рисунке)? Ответ обоснуйте.

2. Шарик колеблется на легкой невесомой нити в вертикальной плоскости (см. рисунок). Угол максимального отклонения нити от вертикали составляет угол α . Нарисуйте силы (без учета сопротивления воздуха), приложенные к шарiku в момент, когда шарик поднимается вверх, и нить образует с вертикалью угол $\beta < \alpha$ (см. рисунок). Куда в этот момент направлено ускорение шарика (покажите на рисунке)? Ответ обоснуйте.

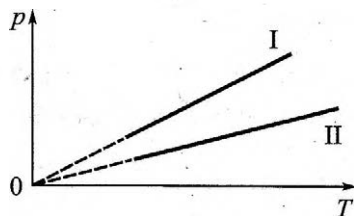


3. Три сосуда соединены друг с другом трубками, объем которых мал по сравнению с объемом сосудов. В трубках имеются краны, перекрывающие их. Объемы сосудов одинаковы, давление газа в сосудах № 1, 2, 3 равно, соответственно, p , $3p$ и p . Как изменится в итоге количество газа в первом сосуде, если сначала открыть на длительное время и закрыть кран между сосудами № 2 и № 3, а затем открыть на длительное время и закрыть кран, соединяющий сосуды № 1 и 2? Температура газа в сосудах все время равна комнатной.

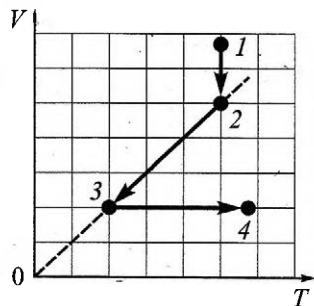
4. U-образный манометр заполнен ртутью (рис. а). Как изменится уровень ртути при неизменном давлении воздуха в комнате, если левое колено трубки плотно закрыть пробкой (рис. б), и нагреть воздух в комнате обогревателем? В ответе укажите, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



5. В сосудах одинакового объёма нагревают две порции аргона и получают зависимости давления в сосудах от температуры (см. рисунок). Поясните, почему изохора I лежит выше изохоры II? Укажите, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



6. С одним молем идеального газа провели процессы 1–2, 2–3 и 3–4, показанные на диаграмме V – T . Поясните, как менялось давление газа p на каждом из трёх участков, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



7. Идеальный газ при атмосферном давлении p_0 и температуре T_0 зажат в вертикальном цилиндре с гладкими стенками массивным поршнем (рис. 1). При этом поршень лежит на небольшом жестком выступе, расположенном на внутренней стенке цилиндра (рис. 1), объем газа при этом равен V_0 . Газ медленно нагревают так, что в конечном состоянии его объем и давление удваиваются по сравнению с начальным состоянием (рис. 2). Постройте график зависимости объема газа от его температуры (рис. 3) при очень медленном нагревании, пояснив, какая модель процесса может быть предложена на разных участках нагревания при переходе из начального состояния 1 в конечное состояние 2. Укажите, какие явления и закономерности вы использовали для объяснения.

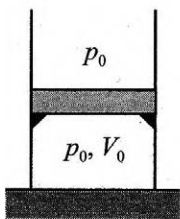


Рис. 1

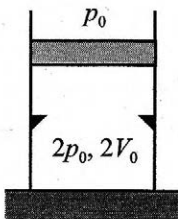


Рис. 2

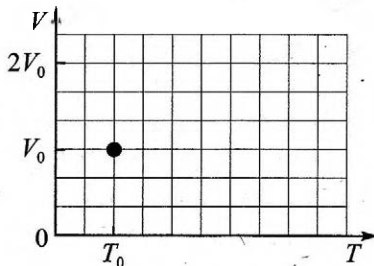
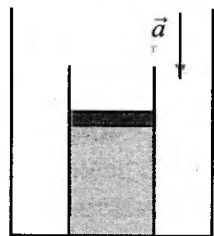
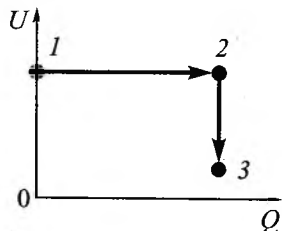


Рис. 3

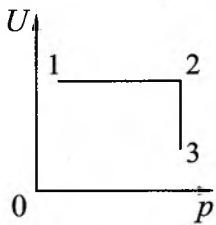
8. В лифте небоскреба установлен сосуд, в котором может без трения перемещаться тяжёлый поршень, плотно прилегающий к стенкам сосуда. В начальный момент времени лифт и поршень покоятся относительно стен здания. Объясните, куда сместится поршень относительно сосуда после начала движения лифта, в ходе длительной стадии равноускоренного движения вниз. Как при этом изменится температура газа в соеуде, если стенки сосуда плохо проводят тепло? Укажите, какие законы механики и молекулярной физики вы использовали для объяснения.



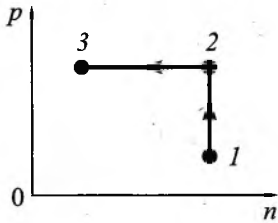
9. На рисунке показана диаграмма, иллюстрирующая изменение внутренней энергии U идеального газа, находящегося в сосуде с подвижным поршнем, и количество теплоты Q , передаваемое газу. Как меняется объем газа в процессах 1–2 и 2–3. Укажите в ответе, какие физические законы и свойства идеального газа вы использовали для объяснения.



10. На рисунке в координатах $p - U$, (U – внутренняя энергия, p – давление газа) приведена диаграмма процесса, проводимого с 1 молем одноатомного идеального газа. Опишите, получает газ теплоту или отдаёт в процессах 1–2 и 2–3, используя законы термодинамики и уравнение состояния идеального газа.



11. На рисунке изображена диаграмма процесса, проводимого с 2 молями гелия (p – давление газа, n – его концентрация). Поясните, опираясь на законы физики, отдает или получает газ теплоту в процессах 1–2 и 2–3.

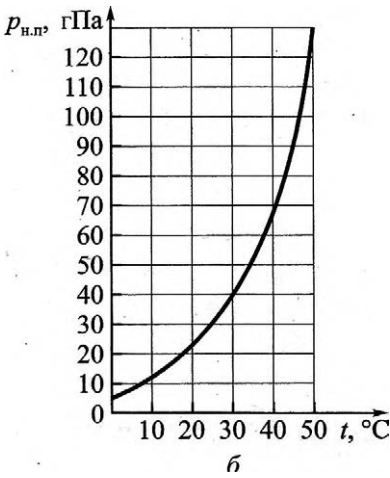


12. В комнату, где температура воздуха $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, а его относительная влажность 50% входит с улицы человек в очках. При какой температуре на улице его очки в комнате запотеют? Поясните свой ответ, используя таблицу давления насыщенных паров воды при разной температуре.

Давление насыщенных паров воды при различных температурах

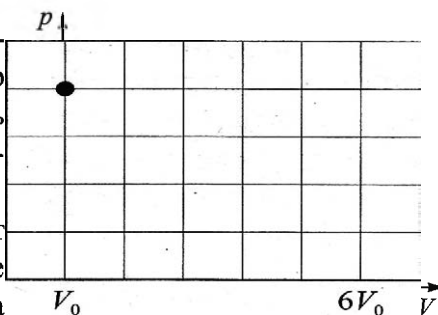
$t, ^{\circ}\text{C}$	0	2	4	6	8	10	12	14
$p, \text{кПа}$	0,611	0,705	0,813	0,934	1,07	1,23	1,4	1,59
$t, ^{\circ}\text{C}$	16	18	20	22	24	25	30	40
$p, \text{кПа}$	1,81	2,06	2,19	2,64	2,99	3,17	4,24	7,37

13. Для демонстрации того, что температура кипения воды зависит от давления воздуха над поверхностью воды, в школьном опыте используют стеклянный колокол, из-под которого можно откачивать воздух насосом (рис. а). В таком опыте было обнаружено, что вода закипела в ходе откачивания воздуха, хотя термометр, опущенный в стакан с водой под колоколом показывал $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Используя график зависимости давления насыщенного пара от температуры (рис. б), поясните, какое давление должен показывать манометр, измеряющий давление воздуха под колоколом в момент закипания воды. Укажите, какие закономерности, известные Вам из курса физики, Вы использовали для объяснения.



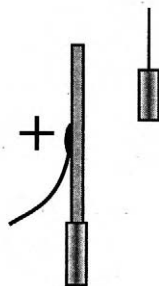
14. В сосуде с подвижным поршнем при комнатной температуре находятся в равновесии только вода массой m и её пар массой $m/2$. Поршень медленно, так что процесс можно считать изотермическим, выдвигают из сосуда, увеличивая объем пространства под поршнем от V_0 до $6V_0$.

Используя физические законы, поясните, что происходит с массой воды и пара в сосуде в ходе процесса, и постройте график зависимости давления p пара в цилиндре от объема V в ходе описанного увеличения объема. Первоначальное состояние системы показано точкой на pV -диаграмме.

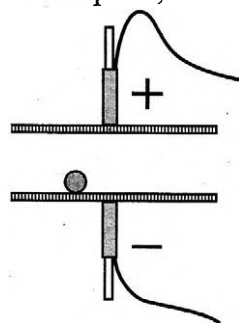


15. Что произойдет с влажностью воздуха и парциальным давлением паров воды в воздухе при нагревании до температуры $t_2 = 50^\circ\text{C}$ в герметично закрытом сосуде постоянного объема? Первоначальная температура воздуха $t_1 = 30^\circ\text{C}$ и влажность 50%. Укажите какие законы молекулярной физики, Вы используете для объяснения.

16. 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. Опишите движение гильзы и объясните его.



17. Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещен над горизонтальной металлической пластиной, равномерно заряженной положительным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится частота малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить отрицательный заряд.



18. Две близко расположенные горизонтальные металлические пластины укреплены на изолирующих подставках и подключены к шарикам электрофорной машины, вырабатывающей высокое напряжение. Полярность напряжения между пластинами показана на рисунке. На нижнюю пластину кладут легкий шарик из металлической фольги и начинают вращать ручку электрофорной машины. Опишите и объясните движение шарика, опираясь на законы электростатики и механики.

19. Электромметр может служить для измерения разности потенциалов между корпусом и центральным стержнем электромметра. Используя электромметр с прикрученным к нему металлическим диском и второй такой же диск на изолирующей ручке, учитель собрал модель плоского конденсатора (рис. 1–3).

Корпус электромметра был заземлен и проводом соединен с пластиной на изолирующей ручке. Зарядив пластину, соединенную со стержнем электромметра, с помощью пластиковой палочки, потертой о ткань, учитель расположил над ней вторую пластину (рис. 2) и на короткое время заземлил корпус электромметра. Откинув провод заземления от корпуса электромметра,

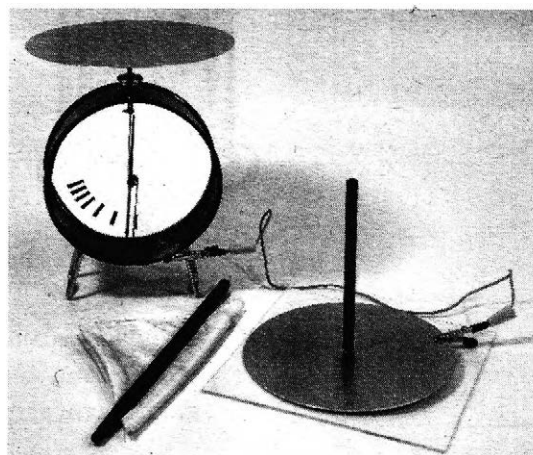


Рис. 1

учитель сместил одну пластину относительно другой, не изменяя расстояния между ними (рис. 3). Поясните, как и почему изменились показания электрометра в ходе такого смещения. В ответе укажите, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

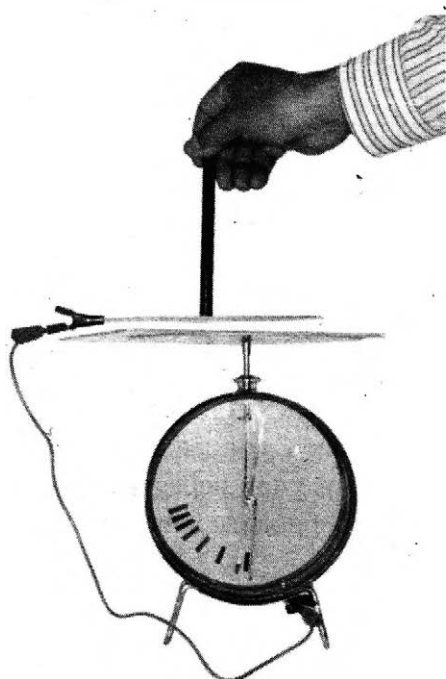


Рис. 2

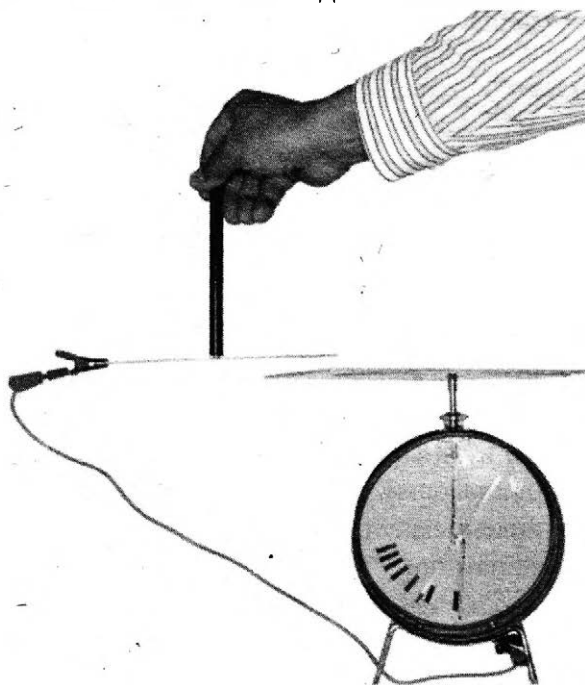


Рис. 3

20. Электрометр может служить для измерения разности потенциалов между корпусом и центральным стержнем со стрелкой. На стержне электрометра укрепляется металлический диск. На него кладется изолирующая пластина из оргстекла, а на нее второй диск с изолирующей ручкой. Верхний диск соединяется с заземленным корпусом электрометра (рис. 1). Нижний диск заряжается наэлектризованной палочкой зарядом « $+q$ ». После этого заземление с корпуса электрометра убирается. Опираясь на известные Вам законы, поясните, как изменяются показания электрометра при вынимании диэлектрической пластины из пространства между металлическими пластинами без изменения зазора между ними (рис. 2).

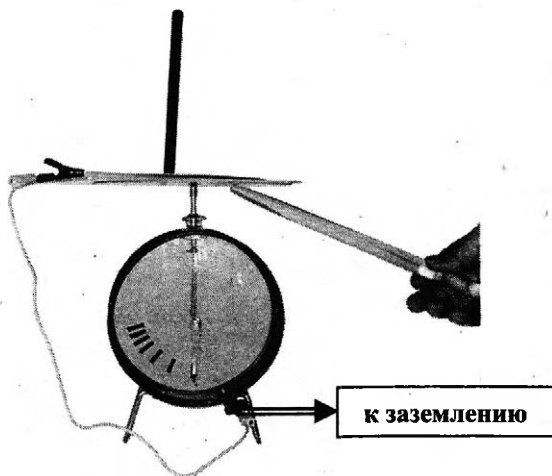


Рис. 1

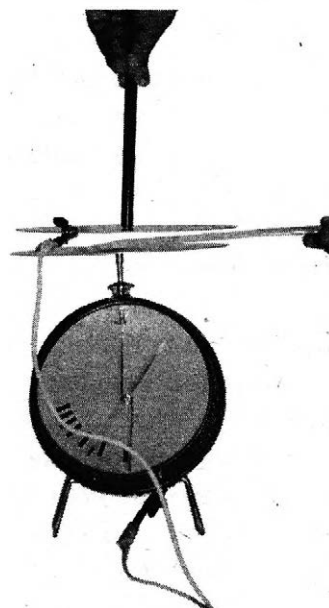
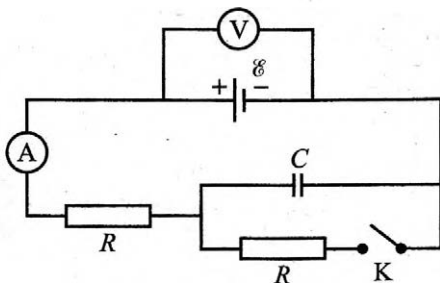
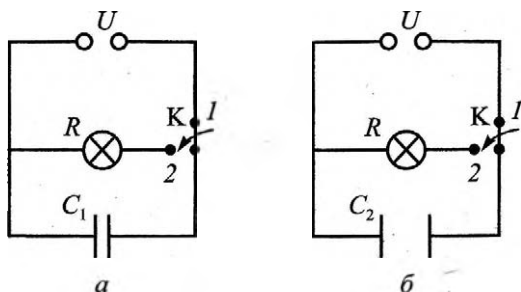


Рис. 2

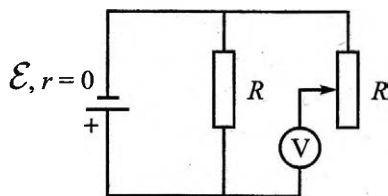
21. Конденсатор включен в электрическую цепь, показанную на рисунке. Ключ К первоначально разомкнут. Каковы показания идеального амперметра и вольтметра до и после замыкания ключа? Укажите физические явления и закономерности, которые Вы использовали для объяснения.



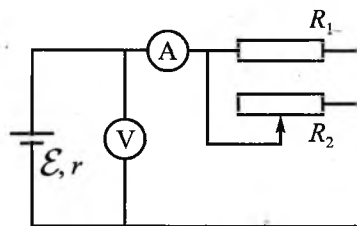
22. К одинаковым источникам постоянного напряжения подключены плоские воздушные конденсаторы с одинаковой площадью пластин, но различным расстоянием между пластинами (рис. а и б). При переводе ключа из положения 1 в положение 2 конденсаторы подключаются к одинаковым лампам. В какой из схем лампа вспыхнет ярче при переключении ключа? Сопротивлением соединяющих проводов пренебречь. Ответ обосновать, опираясь на законы электродинамики.



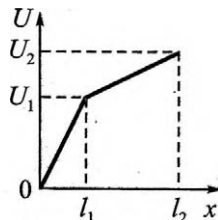
23. Постоянный (сопротивление R) и переменный (сопротивление от 0 до R) резисторы включены в электрическую цепь по схеме, показанной на рисунке. ЭДС батарейки равна \mathcal{E} . Как меняются показания идеального вольтметра при увеличении сопротивления переменного резистор. Ответ обоснуйте, ссылаясь на известные физические закономерности.



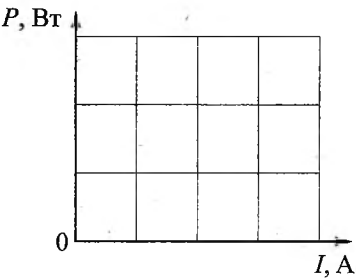
24. В схеме, показанной на рисунке, помимо источника тока с внутренним сопротивлением r и идеальных измерительных приборов, имеются постоянный резистор и реостат, соединенные параллельно. Как будут изменяться показания амперметра и вольтметра при перемещении движка реостата вправо. Ответ обоснуйте, ссылаясь на известные физические закономерности.



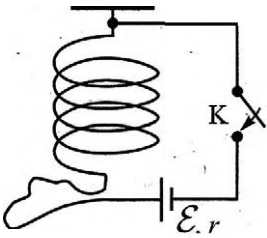
25. К клеммам источника постоянного тока включен прямой провод из материала с большим удельным сопротивлением, длиной l_2 и меняющимся сечением. Один щуп идеального вольтметра подключают к клемме «—» источника, а второй щуп двигают вдоль провода. Зависимость показаний вольтметра от расстояния x между его щупами показана на рисунке. Какова зависимость площади поперечного сечения провода от того же расстояния от x ? В ответе укажите, какие физические закономерности Вы использовали.



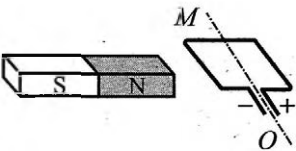
26. Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом и реостата, сопротивление которого может меняться от $R = 0$ до $R \gg r$. При изменении сопротивления реостата изменяется и сила тока в цепи. Используя известные физические законы, поясните, какой кривой будет отображаться график зависимости мощности тока на реостате от протекающего через него тока. Постройте этот график для $\mathcal{E} = 2$ В.



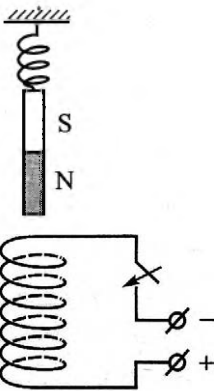
27. Пружина, изготовленная из тонкого провода, после подвешивания к потолку растянулась под действием собственной силы тяжести так, что витки не касаются друг друга (см. рисунок). Что произойдет с пружиной, если к верхнему и нижнему концу пружины подключить источнику тока через ключ К, как показано на рисунке. Контакт с нижним концом пружины обеспечивается с помощью гибкого легкого провода? Что произойдет если поменять полярность подключения источника тока. В ответ нужно включить ссылки на физические закономерности и явления, которые используются для объяснения.



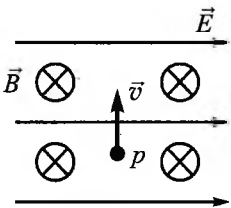
28. Около полюса стержневого магнита удерживают небольшую рамку, которая может вращаться вокруг оси OM . При этом к рамке подведены провода, соединенные с выходными клеммами «+» и «-» источника тока. (см. рисунок). Опишите движение рамки, после того как ей будет позволено свободно вращаться вокруг оси OM . Учтите небольшое сопротивление воздуха, возникающее при движении рамки. Как может измениться характер движения рамки при изменении массы рамки и напряжения на концах источника? В ответе поясните, на какие физические закономерности вы опирались при описании.



29. Полосовой магнит висит на пружине над закрепленной неподвижно катушкой, по которой может быть пропущен ток (см. рисунок). До замыкания ключа магнит покоится. Опишите движение магнита сразу после замыкания ключа? В ответе укажите, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения характера движения магнита.



30. В вакуумированной камере движутся протоны и попадают в скрещенные ($\vec{E} \perp \vec{B}$) однородные поля: электрическое напряженностью \vec{E} и магнитное с индукцией \vec{B} . Скорости протонов перпендикулярны и вектору \vec{E} , и вектору \vec{B} (см. рисунок). Первый протон движется прямолинейно. Как отличается от прямой траектория начального участка траектории второго протона, скорость которого больше скорости первого? В объяснении укажите, на какие явления и закономерности Вы опирались.



31. Постоянный стержневой магнит пролетает сквозь закреплённое проволоочное кольцо после того как его выпускают из рук (рис. 1). В кольце датчик регистрирует электрический ток, зависимость которого от времени показана на рис. 2. Отрицательная сила тока на графике означает смену направления тока. Поясните смену направления тока и различный модуль

силы тока в моменты времени t_1 и t_2 . Укажите, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.

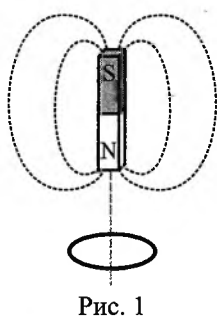


Рис. 1

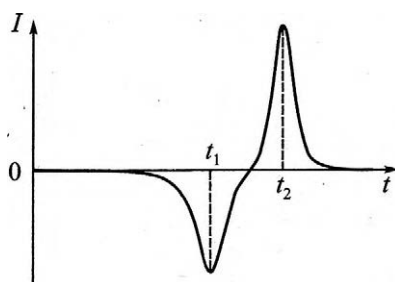
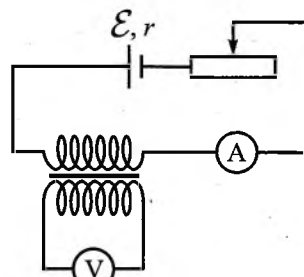
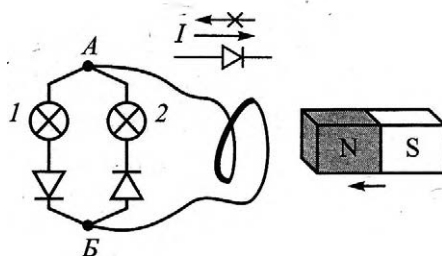


Рис. 2

32. В начальный момент времени ползунок реостата в схеме, показанной на рисунке, установлен посередине и неподвижен. В цепь последовательно с реостатом включены гальванический элемент, амперметр и первичная обмотка трансформатора. Вольтметр подключен к вторичной обмотке трансформатора. Как будут изменяться показания амперметра и вольтметра, если ползунок реостата быстро двигать влево. Явлением самоиндукции в данной цепи можно пренебречь.



33. В электрическую цепь включены параллельно два участка, содержащие лампочки малой мощности и полупроводниковые диоды (см. рисунок). Диоды пропускает ток только в одном направлении и не пропускают в другом (см. верхнюю часть рисунка). К этому участку цепи подсоединена катушка (направление намотки витков катушки отображено увеличением толщины той части витка, которая ближе к наблюдателю). К катушке быстро приближают северный полюс магнита. Какая из лампочек загорится? Что изменится, если аналогичным образом пододвигать к катушке южный полюс магнита? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали.



34. В начальный момент ключ в цепи, показанной на рисунке, разомкнут. Катушка в цепи, обладает большой индуктивностью L , ЭДС источника тока равен \mathcal{E} , его внутренне сопротивление пренебрежимо мало, резисторы имеют одинаковое сопротивление R (рис. 1), амперметр идеальный. При замыкании ключа сила тока плавно увеличивается от значения I_0 до некоторого нового значения I_1 . Поясните зависимость $I(t)$ полученную в эксперименте (рис. 2, $t = 0$ – момент замыкания ключа). Рассчитайте значение силы тока I_1 . Обоснуйте ответ, опираясь на известные физические законы.

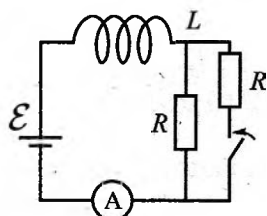


Рис. 1

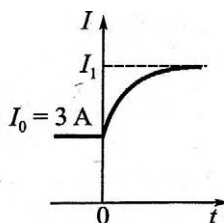


Рис. 2

35. В колебательный контур помимо катушки и конденсатора включен источник переменного напряжения, на выходных клеммах которого напряжение имеет амплитуду U_0 и меняется с частотой ν по гармоническому закону. Ученик постепенно уменьшал индуктивность катушки от максимального значения L_{\max} до минимального L_{\min} , вынимая сердечник из катушки и не меняя ёмкость конденсатора. Оказалось при этом, что амплитуда силы тока в контуре всё время возрастает. Объясните такую закономерность, опираясь на известные законы электродинамики.

36. С помощью тонкой линзы L на экране \mathcal{E} получают чёткое действительное изображение предмета AB (рис. 1). Затем верхнюю половину линзы закрывают куском чёрного картона K (рис. 2)? Как изменится изображение предмета на экране? Для объяснения постройте изображение предмета в обоих случаях и укажите в ответе, какие физические закономерности Вы использовали.

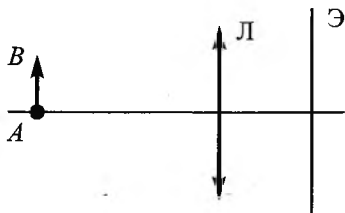


Рис. 1

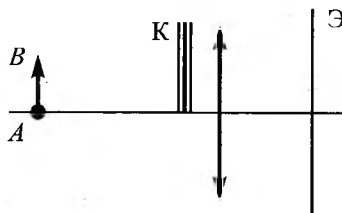


Рис. 2

37. Небольшая светодиодная линейка, расположена под углом 45° к оптической оси собирающей линзы, так что один ее конец расположен на оптической оси на расстоянии двух фокусных расстояний, а второй конец расположен ближе к плоскости линзы. Линейка имеет размер меньше фокусного расстояния. Покажите построением, как следует расположить экран, чтобы получить на нем четкое изображение всех светодиодов линейки. Используя физические законы, обоснуйте, каков будет размер изображения линейки.

38. На рис. 1 приведена схема классической установки по изучению фотоэффекта. При освещении фотокатода светом, пропущенным через жёлтый светофильтр, и замене ЭДС и полярности источника питания была получена зависимость силы фототока I от напряжения U между анодом и катодом (рис. 2). Во втором опыте изучалась аналогичная зависимость с использованием зеленого светофильтра. Мощность света, поглощаемого фотокатодом, осталась прежней, квантовый выход фотоэффекта (отношение числа фотоэлектронов к числу поглощённых фотонов) не изменились. Как в этом случае изменится график $I(U)$. Нарисуйте обе зависимости на одном графике и объясните, какие закономерности фотоэффекта Вы использовали.

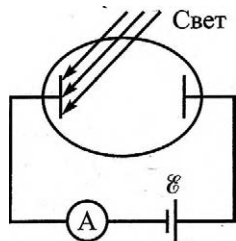


Рис. 1

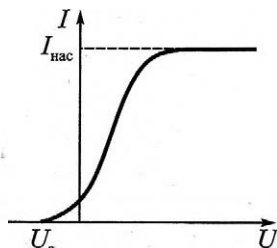


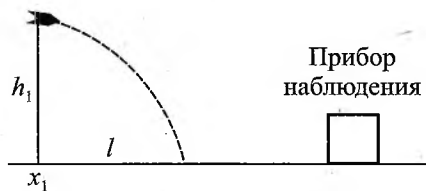
Рис. 2

39. Фотоэффект наблюдается при облучении пластины, расположенной под углом 45° , к оптической оси собирающей линзы, которая направляет на фотокатод параллельный пучок света от точечного монохроматического источника. Поясните, что произойдет с фототоком насыщения, если линзу заменить на другую, с большей оптической силой, при условии, что на фотокатод по-прежнему будет падать параллельный пучок света, а источник света останется прежним. Сделайте поясняющий чертеж и укажите физические законы (закономерности), на которые Вы опирались?

ЗАДАНИЯ, ПРОВЕРЯЮЩИЕ УМЕНИЕ ДАТЬ РАЗВЕРНУТОЕ РЕШЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ЗАДАЧИ (задания № 29–32 в КИМ ЕГЭ)

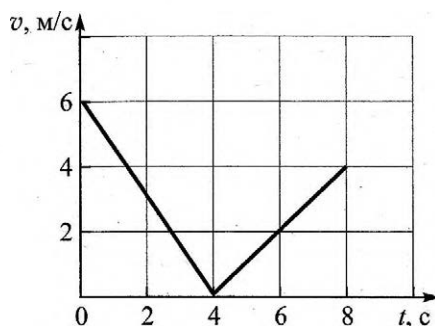
1. Найдите время падения тела, если, двигаясь из состояния покоя, оно проходит первый участок пути длиной h м за время $\tau = 1$ с, а последний длиной h – за время в два раза меньшее.

2. После того, как летящий снаряд был зафиксирован в точке с координатами $(x_1; h_1)$ (см. рисунок), он упал на землю через $t_1 = 3$ с в точке с координатами $(x_1 + l; 0)$. Каково время полного пребывания снаряда в полете, если $l = 1700$ м, а $h_1 = 1655$ м? Сопротивлением воздуха пренебречь. Местность, на которой находятся орудие и точка падения считать плоской.

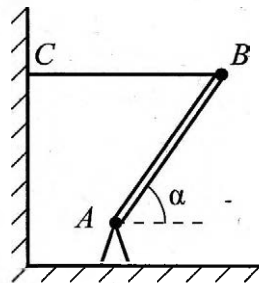


3. Самолёт летит с запада на восток от пункта A в пункт B при восточном ветре со скоростью 328 км/ч относительно воздуха в течение 7,5 ч. При такой же скорости северного ветра полёт между A и B занимает 6 ч. При какой скорости ветра возможно такое соотношение времен перелета?

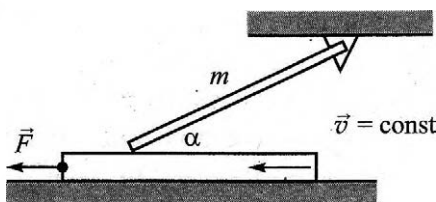
4. Шайба, брошенная вдоль наклонной плоскости, скользит по ней, двигаясь вверх, а затем движется вниз. График зависимости модуля скорости шайбы от времени дан на рисунке. Найти угол наклона плоскости к горизонту.



5. Масса тонкого однородного стержня AB $m = 1$ кг. Он находится в равновесии в положении, показанном на рисунке за счет шарнира, укрепленного в точке A , и горизонтальной нити BC , укрепленной на конце стержня и на стене (см. рисунок). С какой по модулю силой действует шарнир на стержень? Трение в шарнире мало, $\alpha = 45^\circ$. В решение требуется привести рисунок, на котором указаны все силы, действующие на стержень.

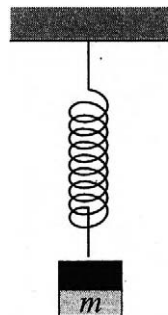


6. Тонкий однородный стержень укреплен на горизонтальной оси вблизи потолка (см. рисунок). Нижний конец стержня касается доски, которую вытягивают из под стержня по гладкому полу, прикладывая такую горизонтальную силу \vec{F} , что доска движется равномерно. Чему равен модуль этой силы, если стержень остается неподвижным и образует с доской угол $\alpha = 30^\circ$. Масса стержня $m = 1$ кг, а коэффициент трения между доской и стержнем $\mu = 0,2$. Трением в оси подвеса можно пренебречь.

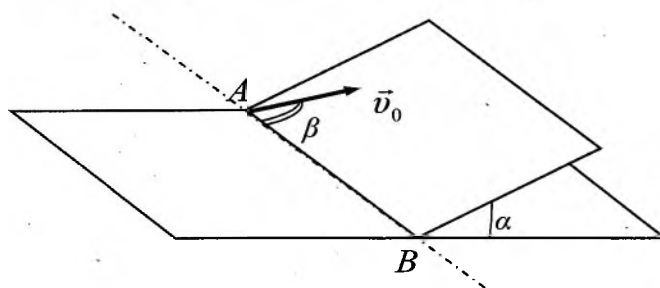


7. Из пружинного пистолета выстрелили вертикально вниз в мишень, находящуюся на расстоянии 2 м от него. Совершив работу 0,12 Дж, пуля застряла в мишени. Какова масса пули, если пружина была сжата перед выстрелом на 2 см, а ее жесткость 100 Н/м?

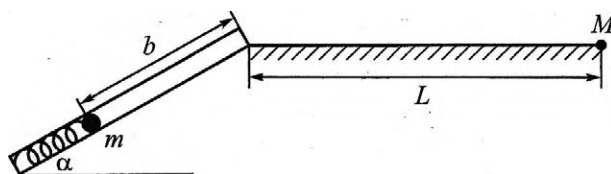
8. На невесомой пружине жесткостью $k = 400$ Н/м висит составной груз, нижняя часть которого имеет массу m . В некоторый момент времени нижняя часть груза отделяется и начинает падать без начальной скорости, после чего оставшаяся часть груза начинает двигаться вверх и поднимается на максимальную высоту $h = 3$ см относительно первоначального положения. Найдите массу m отделившейся нижней части составного груза.



9. Гладкая наклонная плоскость пересекает горизонтальную плоскость по прямой AB (см. рис.). Угол между плоскостями $\alpha = 30^\circ$. Найдите максимальное расстояние, на которое маленькая шайба удалится от прямой AB в ходе подъема по наклонной плоскости после толчка ее под углом $\beta = 60^\circ$ к этой прямой (см. рис.). Начальная скорость шайбы в точке A равна $v_0 = 2$ м/с.

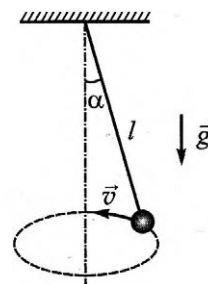


10. Пружинный пистолет упирается в край стола. Перед выстрелом пружину сжимают так, что энергия сжатой пружины равна 0,41 Дж, а расстояние от центра шарика до среза ствола b (см. рисунок). При выстреле шарик массой $m = 50$ г падает на стол в точке M на расстоянии $L = 1$ м от края стола, если ствол пистолета наклонен к горизонту под углом $\alpha = 30^\circ$.

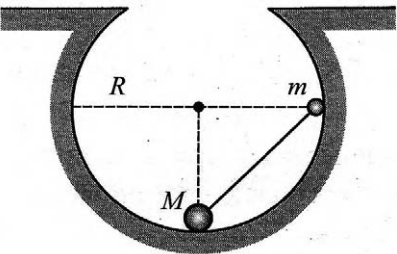


Чему равно расстояние b , если трением в стволе и сопротивлением воздуха можно пренебречь?

11. Конический маятник представляет собой небольшой груз, вращающийся вокруг вертикальной оси так, что нить все время образует угол $\alpha = 60^\circ$ с вертикалью. Какова линейная скорость груза при таком его движении, если длина нити 0,15 м?

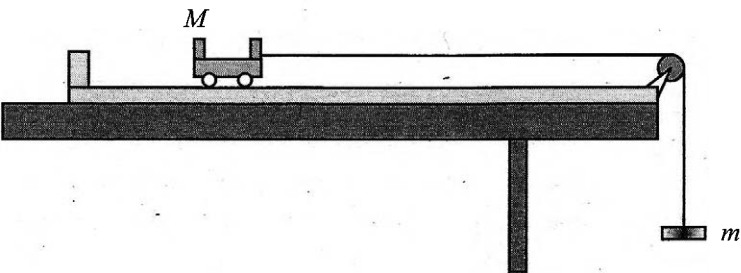


12. В гладкой пластиковой трубе цилиндрической формы в плоскости перпендикулярной оси цилиндра имеется паз, в котором могут двигаться два небольших шарика разной массы, соединенные лёгким стержнем. Начальное положение конструкции показано на рисунке.

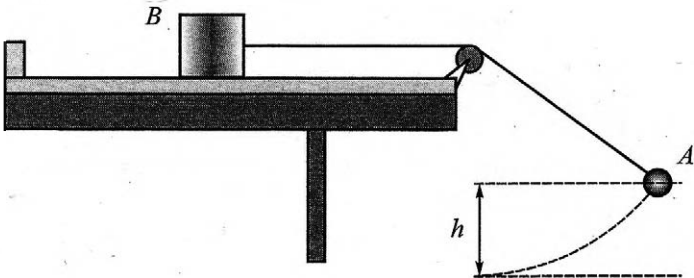


После того, как шарики отпускают, они начинают колебаться, скользя по стенкам трубы, причем шарик массой M поднимается относительно нижней точки трубы максимум на 12 см. Чему равен радиус трубы R , если массы шариков m и M равны 30 г и 60 г, соответственно?

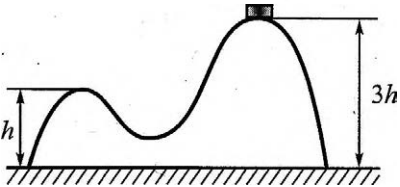
13. На учительском столе собрана установка, изображённая на рисунке. Если масса груза m в 9 раз меньше массы тележки M , а масса блока пренебрежимо мала, то после небольшого толчка тележки M вправо связка тележки с грузом движется равномерно. При небольшом толчке влево движение тележки происходит с постоянным ускорением \vec{a} . Чему равен модуль этого ускорения a ? Нить считать невесомой и нерастяжимой, а силу сопротивления движению тележки считать не зависящей от скорости и одинаковой по модулю при движении тележки в обоих направлениях.



14. Шарик A , связанный с бруском B нитью, перекинутой через блок на краю стола, покоится (см. рисунок). Если шарик отвести в сторону, подняв на высоту h и отпустить, то в момент прохождения шариком нижней точки траектории брусок начинает двигаться. При какой минимальной массе шарика возможно такое поведение бруска при заданных величинах h , L (длина свисающей части нити), M (масса бруска), μ (коэффициент трения бруска о горизонтальную поверхность)? Трение в блоке и его массу не учитывать.



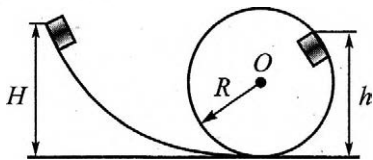
15. Пластиковый лист согнули так, что в разрезе он имеет форму горы с двумя вершинами (см. рисунок). Шайба начинает скользить из состояния покоя с высшей точки такой подставки, стоящей неподвижно на гладком столе. Какова скорость подставки в тот момент времени, когда шайба, скользя без отрыва от подставки, окажется на вершине, высота которой



в три раза меньше? Считать высоту h известной, силами трения между подставкой и столом, подставкой и шайбой, сопротивлением воздуха пренебречь. Масса шайбы в 12 раз меньше массы подставки.

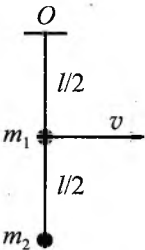
16. Снаряд разрывается в воздухе на две равные части так, что суммарная кинетическая энергия осколков становится за счет энергии взрыва на величину ΔE больше кинетической энергии снаряда, летевшего со скоростью v_0 . Первый осколок после разрыва движется по направлению начального движения снаряда со скоростью v_1 , второй – в противоположную сторону. Найдите массу осколка.

17. По гладкой горке, переходящей в мёртвую петлю начинает скользить небольшой брусок (см. рисунок). Оказалось, что на высоте $h = 2,5$ м от нижней точки петли брусок давит на поверхность с силой $F = 4$ Н. Чему равен радиус петли R , если начальная высота бруска относительно нижней точки петли $H = 3$ м, его масса $m = 1$ кг? В решении приведите рисунок с указанием сил, действующих на брусок в точке на высоте h .

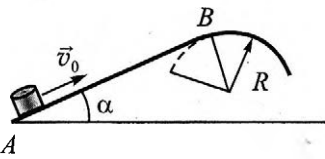


18. Рассчитайте минимальную скорость, которую нужно сообщить небольшому грузу массой 25 г, висящему на нити длиной 40 см, чтобы он совершил полный оборот в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку подвеса. Сопротивлением воздуха пренебречь.

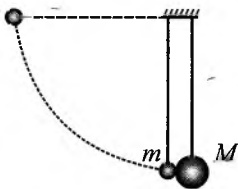
19. Невесомый стержень длиной $l = 1$ м может вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку O . Небольшие шарики массой $m_1 = 0,25$ кг и $m_2 = 0,5$ кг укреплены на стержне (см. рисунок). Чему равна сила, с которой стержень действует на массу m_2 в нижней точке траектории, если груз массой m_1 в этот момент имеет скорость $v = 1$ м/с?



20. Наклонная плоскость AB (длина $L = 1$ м, угол наклона к горизонту $\alpha = 30^\circ$) в точке B переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом R без излома. По наклонной плоскости из точки A после резкого удара с начальной скоростью $v_0 = 4$ м/с начинает скользить маленькая шайба (см. рисунок). Коэффициент трения между плоскостью и шайбой $\mu = 0,2$. Достигнув точки B , шайба отрывается от опоры. Найдите внешний радиус трубы R .

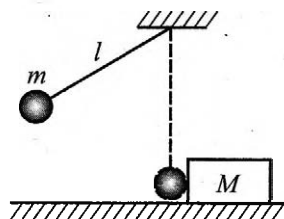


21. Левый из двух пластилиновых шариков, висящих на вертикальных нитях и соприкасающихся друг с другом, отклоняют на угол 90° и отпускают без толчка. В результате удара в нижней точке траектории шарик массой m слипается с шариком массой M и половина потенциальной энергии, которой он обладал относительно точки столкновения, когда нить была горизонтальна, переходит в тепло. Чему равно отношение масс шаров?



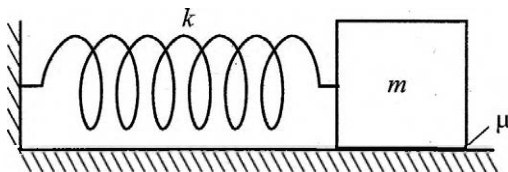
22. Пластилиновый шарик, брошенный с горизонтальной поверхности Земли с начальной скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту, абсолютно неупруго сталкивается в воздухе с другим таким же шариком, который начал двигаться без начальной скорости с некоторой высоты одновременно с первым шариком. Выразите время t от начала движения шариков, через которое шарики упадут на Землю, если сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. Сопротивлением воздуха пренебречь.

23. Если шарик массой $m = 0,3$ кг подвесить на нити длиной $l = 0,9$ м и отводить от положения равновесия, то при некотором угле α нить рвется в нижней точке траектории. В опыте шарик отводят так, что нить образует с вертикалью угол α (см. рисунок) и отпускают. В нижней точке траектории шарик прилипает к покоящемуся бруску и движется с ним по горизонтальному столу со скоростью v .

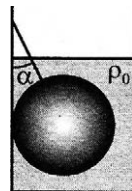


Чему равна скорость v ? Масса бруска $M = 1,5$ кг, испытание нити на прочность показывает, что она рвется при силе натяжения $T_0 = 6$ Н.

24. Брусек покоится на горизонтальной плоскости, коэффициент трения груза о которую $\mu = 0,2$. Брусек скреплен с нерастянутой невесомой пружиной с жесткостью $k = 100$ Н/м, второй конец которой закреплен на стене (см. рисунок). После смещения бруска вправо и растяжения пружины брусек отпускают. Он движется к своему начальному положению и останавливается, пройдя его. Чему равна масса бруска, если такое движение бруска возможно, только если максимальное смещение бруска вправо не превышает значения $d = 15$ см?



25. Металлический шар на нити покоится в воде, когда нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$. Масса шара $m = 4$ кг, плотность металла $\rho = 11\,300$ кг/м³, трение между шаром и стенкой отсутствует. Определите силу, с которой нить действует на шар. В решении приведите рисунок с указанием сил, действующих на шар.



26. В баллоне находится 2 г смеси водорода с гелием. При температуре 27°C , давление в баллоне объемом 10 л равно 200 кПа. Найдите отношение масс водорода и гелия в смеси?

27. Воздушный шар имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой до температуры 77°C . Объем шара 2500 м³, оболочка шара нерастяжима, масса оболочки 400 кг, масса корзины и воздухоплавателя 200 кг. Плотность окружающего воздуха $1,2$ кг/м³. При какой максимальной температуре окружающего воздуха шар взлетит?

28. Цилиндрический сосуд снабжен легким поршнем, который может двигаться в цилиндре с трением. Сила трения между поршнем и стенками сосуда одинакова при движении поршня вниз и вверх. Поршнем плотно закрывают сосуд на воздухе при температуре $T_0 = 300$ К так, что расстояние между поршнем и дном сосуда оказывается равным $L = 50$ см (рис. 1). При помещении сосуда в камеру с температурой T_1 и тем же давлением, что в комнате, расстояние от поршня до дна сосуда оказывается равным $h = 40$ см (рис. 2). После возвращения сосуда в комнату с температурой T_0 поршень поднимается так, что расстояние от него до дна сосуда становится равным $H = 46$ см (рис. 3). Какова температура T_1 в камере?

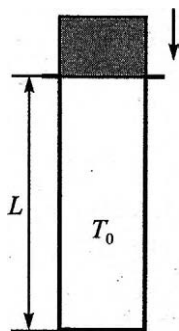


Рис. 1

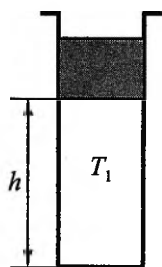


Рис. 2

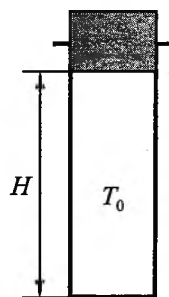
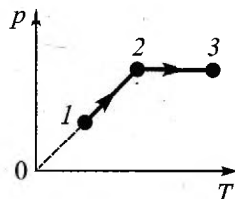


Рис. 3

29. В одном калориметре находится 300 г воды, во втором – 200 г льда и 200 г воды при 0°C . После того как в первый калориметре перемещают все содержимое второго, в нем устанавливается температура 2°C . Чему равна температура воды в первом калориметре перед смешением, если количеством теплоты, передаваемым калориметрам и окружающему воздуху, можно пренебречь?

30. В термосе находится 1 кг льда при температуре -20°C . Сколько льда останется в термосе после установления теплового равновесия, если в него налить 0,2 кг воды при температуре 10°C ? Теплоёмкостью термоса и потерями тепла пренебречь.

31. На рисунке представлен график процесса, совершенного с 1 моле́м одноатомного идеального газа. Какое количество теплоты было передано газу в процессе 1–2–3, если известно, что давление p газа в процессе 1–2 возросло в 2 раза, а температура T при переходе из состояния 1 в состоянии 3 возросла в три раза и достигла величины 900 К?



32. Гелий в количестве 1 моль находится в цилиндре при температуре $T_1 = 600\text{ К}$ и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5\text{ Па}$. Одновременное расширение и охлаждение газа приводит к тому, что в ходе процесса его давление обратно пропорционально квадрату объёма. Какое количество теплоты отдал гелий при расширении внешним телам, если он, расширившись в два раза, совершил работу $A = 2493\text{ Дж}$?

33. Пористая неподвижная перегородка делит теплоизолированный сосуд на две равные части. Перегородка проницаема для атомов гелия и не позволяет проникать через нее атомам аргона. В начале наблюдения в левой части сосуда находится 1 моль гелия, а в правой – 1 моль аргона. Температуры гелия и аргона равны $T = 400\text{ К}$. Чему равно отношение внутренней энергии газа, находящегося в левой половине сосуда, к внутренней энергии газа, находящейся в правой половине, после установления термодинамического равновесия?

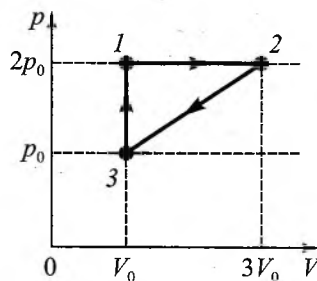
34. Тонкая перегородка делит теплоизолированный сосуд на части, отношение объёмов которых $V_1/V_2 = 0,5$. Обе части сосуда заполнены аргоном. Давление в первой части p_0 , во второй – $4p_0$. Рассчитайте давление в сосуде после того, как перегородка будет убрана?

35. Теплоизолированный сосуд объёмом 2 м^3 разделен тонкой стенкой с плохой теплопроводностью на две одинаковые камеры. В левой камере находится $\nu_1 = 1$ моль гелия при температуре $T_1 = 400\text{ К}$; во второй – $\nu_2 = 3$ моль неона при температуре T_2 . В некоторый момент в стенке возникает трещина и через достаточно длительный промежуток времени обнаруживается, что давление в сосуде стало равным $p = 5,4\text{ кПа}$. Чему равнялась температура неона до образования трещины?

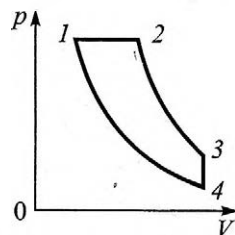
36. В начальный момент времени подвижный теплопроводящий поршень делит теплоизолированный цилиндрический сосуд на две равные части и находится в механическом равновесии. В левой части цилиндра находится гелий при температуре 300 К , в правой – аргон при температуре 900 К . Во сколько раз изменится объём, занимаемый аргоном, после установления теплового равновесия? Трения нет, теплоёмкость цилиндра и поршня пренебрежимо малы.

37. Трубку длиной 60 см, запаянную с одного конца, погружают в ртуть вертикально, открытым концом вниз. Температура в трубке не меняется. При какой глубине погружения трубки в ней выпадет роса? Атмосферное давление 76 см ртутного столба, относительная влажность 80%, давление насыщенных паров при этой температуре 2 кПа.

38. На рисунке показан циклический процесс, совершаемый с одноатомным идеальным газом. Количество теплоты, полученной газом за цикл, равно 10 кДж. Рассчитайте работу, совершенную газом за цикл.



39. На pV -диаграмме изображен цикл работы теплового двигателя. Он состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. КПД этого цикла $\eta = 15\%$. Минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе $t_{\min} = 37^\circ\text{C}$ и $t_{\max} = 302^\circ\text{C}$. Определите количество теплоты, получаемое газом за цикл, если в качестве рабочего вещества используется 1 моль аргона.



40. В вертикальном сосуде с гладкими стенками, опираясь на выступы, лежит поршень массой M и площадью основания S . Под поршнем находится одноатомный идеальный газ, сверху сосуд открыт в атмосферу, расстояние от дна сосуда до поршня h (рис. 1). Сосуд с газом медленно нагревают, и поршень поднимается на высоту H (рис. 2). Какое количество теплоты Q было сообщено газу, если начальное давление газа p_0 равно внешнему атмосферному, а тепловыми потерями можно пренебречь?

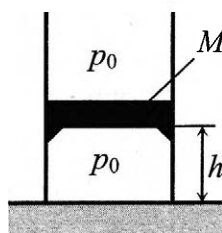


Рис. 1

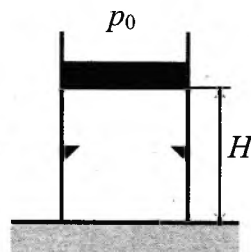
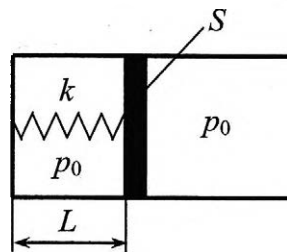


Рис. 2

41. В горизонтальном цилиндре с гладкими стенками массивный поршень с площадью S соединён с основанием цилиндра пружиной с жёсткостью k (рис.). В начальном состоянии расстояние между поршнем и основанием цилиндра равно L , а под поршнем находится одноатомный идеальный газ. Давление газа в этом состоянии равно внешнему атмосферному давлению p_0 . Какое количество теплоты Q должно быть передано газу, чтобы поршень медленно переместился вправо на расстояние b ?



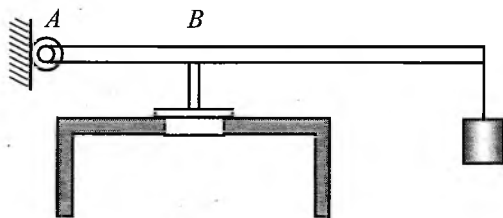
42. Нарисуйте схематично в координатах p – V циклический процесс, проводимый с одним молем идеального одноатомного газа и состоящий из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. Выразите КПД тепловой машины, работающей по такому циклу, если работа, совершённая газом в изотермическом процессе, равна A , а в изохорном процессе температура газа понижается на ΔT .

43. В сосуде под поршнем находится воздух при температуре $t = 100^\circ\text{C}$ и давлении $p_1 = 1,8 \cdot 10^5$ Па. При изотермическом сжатии воздуха в $k = 4$ раза, давление в сосуде увеличивается в $n = 3$ раза, хотя утечки газа не наблюдается. Чему равна относительная влажность ϕ воздуха под поршнем в начальном состоянии?

44. Сосуд с поршнем находится в термостате, поддерживающем температуру 50°C . В сосуде воздух с относительной влажностью $\phi = 40\%$. Какая часть α водяных паров сконденсируется в сосуде, если воздух медленно сжать поршнем в 5 раз?

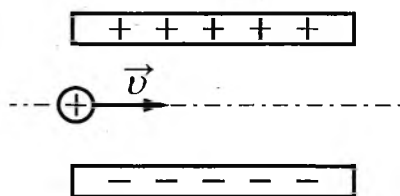
45. В сосуде объёмом 2 л находится воздух с влажностью 30%, в другом сосуде объёмом 30 л – воздух с влажностью 40%. Оба сосуда при комнатной температуре. Какова будет влажность воздуха, если открыть кран на узкой короткой трубке, соединяющей сосуды, после установления термодинамического равновесия?

46. На рисунке показана верхняя часть сосуда объёмом $0,5 \text{ м}^3$ с предохранительным клапаном B , который удерживается в закрытом состоянии в верхней стенке сосуда за счет давления невесомого стержня, который может вращаться вокруг оси A и отягощен грузом массой 2 кг, висющим на противоположном конце стержня (см. рисунок). В начальный момент времени давление воздуха в сосуде равно атмосферному. В сосуд начинают насосом накачивать воздух со скоростью $0,002 \text{ кг/с}$, и через 580 с работы насоса клапан открывается. Температура воздуха в цилиндре и снаружи не меняется и равна 300 К . Чему равна длина стержня, если площадь закрытого клапаном отверстия $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, а расстояние AB равно $0,1 \text{ м}$?

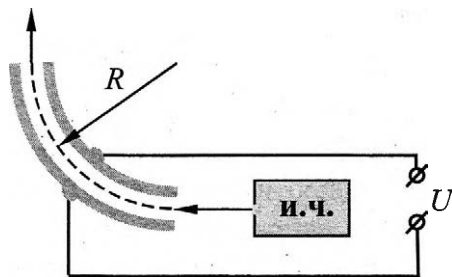


47. Протон на бесконечности имеет скорость v и начинает двигаться в сторону покоящегося протона. На какое наименьшее расстояние могут сблизиться частицы? Возникающим при ускоренном и замедленном движении заряженных частиц излучением электромагнитных волн пренебречь.

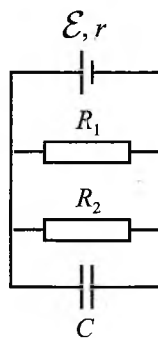
48. Длина пластин конденсатора 5 см, расстояние между пластинами 1 см, напряжённость электрического поля конденсатора 5000 В/м . Поле внутри конденсатора можно считать однородным. При какой скорости v протон, влетающий в конденсатор параллельно его пластинам (см. рис.) в точке, находящейся посередине между пластинами, пролетит сквозь конденсатор, не задев его пластин.



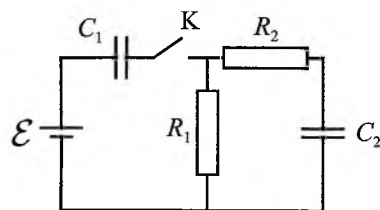
49. На рисунке показана схема устройства для предварительного отбора заряженных частиц для последующего детального исследования. Устройство представляет собой цилиндрический конденсатор, пластины которого изогнуты дугой радиусом $R \approx 50 \text{ см}$, а напряжённость электрического поля всюду в конденсаторе равна по модулю 5 кВ/м . В промежуток между обкладками конденсатора из источника заряженных частиц (и.ч.) влетают ионы со скоростью 10^5 м/с (см. рис) и пролетают сквозь конденсатор, не коснувшись его пластин. Чему равно отношение заряда к массе ионов, если расстояние между обкладками конденсатора мало, вне конденсатора электрическое поле отсутствует, и силой тяжести ионов можно пренебречь?



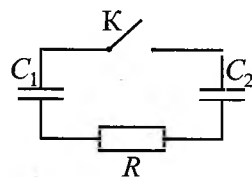
50. В цепи, показанной на рисунке, конденсатор заряжен, и энергия электрического поля в нем $W = 60 \text{ мкДж}$. Чему равна ёмкость конденсатора, если параметры остальных элементов цепи следующие: ЭДС источника тока $\mathcal{E} = 10 \text{ В}$, его внутреннее сопротивление $r = 0,4 \text{ Ом}$, сопротивление резисторов $R_1 = 4 \text{ Ом}$ и $R_2 = 6 \text{ Ом}$?



51. В начальный момент времени ключ в цепи, изображённой на рисунке разомкнут, конденсаторы не заряжены. Параметры элементов цепи следующие: ЭДС батареи $\mathcal{E} = 100$ В, ее внутреннее сопротивление $r = 0$, сопротивления резисторов $R_1 = 10$ Ом и $R_2 = 6$ Ом, ёмкости конденсаторов $C_1 = 60$ мкФ и $C_2 = 100$ мкФ. Через некоторое время T после замыкания ключа в системе установится равновесие. Какое количество теплоты выделится в цепи к этому моменту времени?



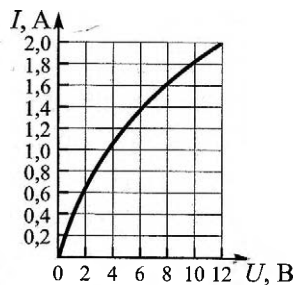
52. Одна из пластин конденсатора C_1 , соединена с пластиной конденсатора C_2 через резистор с сопротивлением R (см. рисунок). Пластины конденсатора C_1 соединяют с источником напряжения с выходным напряжением U , отсоединяют от источника и соединяют верхние пластины конденсаторов через ключ K . Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа, если $C_1 = 1$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ, $U = 300$ В, $R = 300$ Ом?



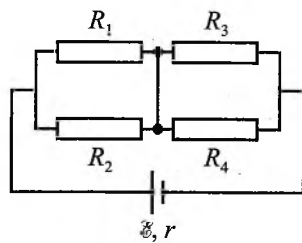
53. По алюминиевому проводу цилиндрического сечения (площадь сечения $2 \cdot 10^{-6}$ м²) в течение 15 с пропускают ток силой 10 А. Если считать, что все выделившееся в проводнике за это время количество теплоты пошло на его нагревание, то на сколько градусов должна повысится температура проводника? Удельное сопротивление алюминия $2,5 \cdot 10^{-8}$ Ом \cdot м.

54. Однородным медным проводником длиной 10 м круглого сечения замыкают клеммы источника тока. За 15 с его температура повышается на 10 К. Чему равно напряжение на концах проводника в процессе нагревания, если удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом \cdot м, а ее плотность 8900 кг/м³? (Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь.)

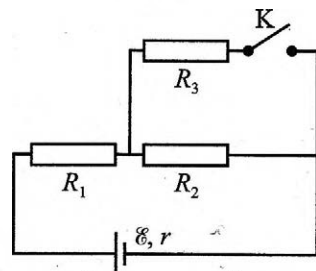
55. При повышении напряжения на лампе ток через нее возрастает нелинейно из-за изменения удельного сопротивления материала нити накала лампы (см. рисунок). Было показано, что при напряжении источника 12 В температура нити накала равна 3100 К. Чему равна температура нити накала при напряжении на лампе 6 В, если считать, что сопротивление нити прямо пропорционально её абсолютной температуре?



56. Резисторы, включённые в цепь (см. рисунок), имеют одинаковое сопротивление $R = 20$ Ом. ЭДС источника $\mathcal{E} = 110$ В; его внутреннее сопротивление $r = 2$ Ом. Перегорание резистора приводит к разрыву в участке цепи, в который он был включен. Какая мощность выделяется на резисторе R_1 , если перегорает резистор R_2 ?

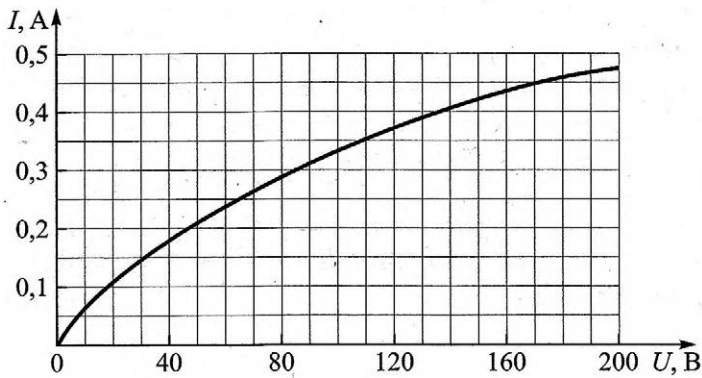


57. В цепи, схема которой представлена на рисунке, $R_1 = R_2 = R_3 = 1$ Ом, $r = 0,5$ Ом. Чему равно отношение мощности, выделяющейся на резисторе R_1 после замыкания ключа K (см. рисунок), к мощности, выделяющейся на нем до замыкания этого ключа?



58. При повышении напряжения на лампе накаливания ток через нее возрастает нелинейно из-за изменения удельного сопротивления материала нити накала лампы (см. вольт-амперную характеристику лампы на рисунке). При подключении к источнику тока двух последовательно

соединенных ламп с такой вольт-амперной характеристикой, ток через них оказался равным 0,35 А. Чему равно при этом напряжение на клеммах источника?



59. Вакуумный диод представляет собой две параллельные пластины в вакууммированной стеклянной колбе с герметичными токоподводами. Одну пластину (катод) подогревают до температуры, при которой электроны начинают покидать поверхность катода, и соединяют с отрицательной клеммой источника тока. Когда вторую пластину (анод) соединяют с положительно заряженной клеммой источника тока, электроны обеспечивают протекание тока в вакууме. При обратной полярности напряжения между катодом и анодом ток через диод не течет. В определенном диапазоне напряжений между катодом и анодом сила тока и напряжение между катодом и анодом связаны соотношением $I = aU^{3/2}$ (где a — некоторая постоянная величина). Бьющие по аноду электроны воздействуют на анод с определенной силой. Как изменится эта сила, если напряжение на диоде увеличить в два раза? Начальную скорость электронов движущихся вблизи катода можно считать равной нулю.

60. Вольт-амперная характеристика диода D носит резко нелинейный характер. При достижении некоего порогового напряжения на диоде сила тока через него резко возрастает (рис. 1). При включении диода в цепь по схеме, показанной на рис. 2, можно, меняя сопротивление резистора R , менять силу тока через диод. Оказалось, что в интервале значений силы тока от 0,05 до 0,2 А напряжение на диоде практически не зависит от силы тока через него. Если использовать в цепи источник с ЭДС $\mathcal{E}_1 = 6$ В и малым внутренним сопротивлением, то сила тока в цепи равна 0,1 А. Какой будет сила тока через диод, если не меняя резистора, заменить источник на другой с ЭДС $\mathcal{E}_2 = 4,5$ В и малым внутренним сопротивлением?

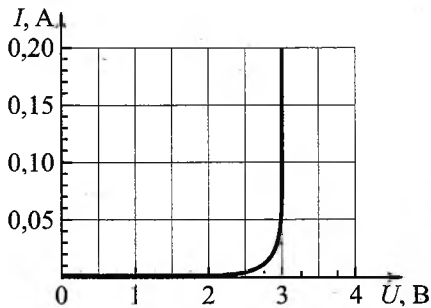


Рис. 1

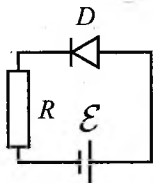
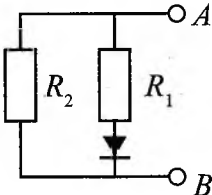


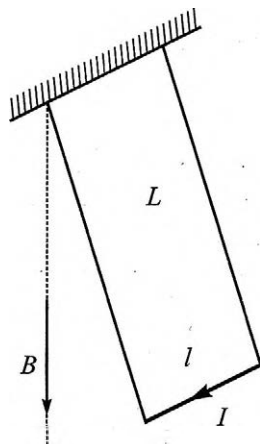
Рис. 2

61. При подключении к точке A в цепи, изображённой на рисунке, отрицательного полюса, а к точке B положительного полюса батареи с ЭДС 12 В потребляемая в цепи мощность равна 14,4 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной 21,6 Вт. Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало, сопротивление диода при подключении его в прямом направлении можно считать равным нулю, при подключении в обратном — бесконечно большим. Чему равно сопротивления резисторов в этой цепи? В решении укажите, как течёт ток через диод и резисторы в обоих случаях.

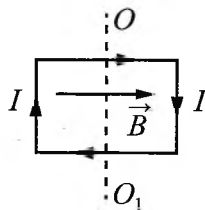


62. Электромагнитное поле образовано однородным электрическим полем с напряжённостью $E = 1200 \text{ В/м}$ и однородным магнитным полем с индукцией $B = 0,03 \text{ Тл}$. В некоторый момент времени в поле попадает отрицательный точечный заряд $q = -1,5 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}$, скорость которого лежит в плоскости векторов \vec{B} и \vec{E} , при этом вектор \vec{v} перпендикулярен вектору \vec{E} и составляет с вектором \vec{B} угол $\alpha = 45^\circ$. Модуль скорости заряда $v = 10^5 \text{ м/с}$. Чему равна сила, действующая на заряд со стороны электромагнитного поля в этот момент времени?

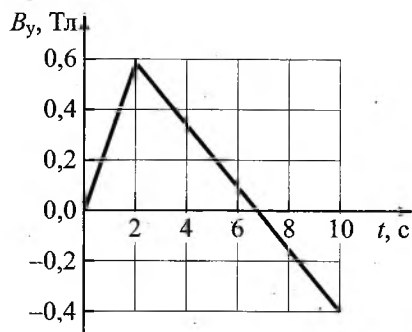
63. В пространстве создано однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$, силовые линии которого направлены вертикально вниз. В этом поле находится металлический стержень длиной $l = 0,1 \text{ м}$ и массой $m = 10 \text{ г}$, который висит горизонтально на двух тонких проводах длиной $L = 1 \text{ м}$, по которым можно подвести напряжение к концам стержня (см. рисунок). Если по стержню в течение $0,1 \text{ с}$ пропустить постоянный ток, то стержень начинает двигаться, приобретая кинетическую энергию $0,005 \text{ Дж}$. За время протекания тока стержень смещается незначительно и угол отклонения нитей от вертикали мал. Чему равна сила кратковременного постоянного тока, пропускаемого через стержень?



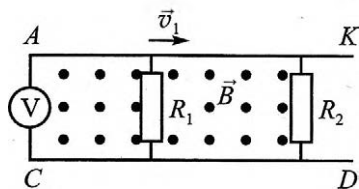
64. Когда по прямоугольной проводящей рамке, расположенной в однородном магнитном поле пускают постоянный ток $I = 0,5 \text{ А}$, ее приходится удерживать в таком положении, прикладывая к двум сторонам рамки момент сил $M = 1,5 \text{ Н·м}$ относительно оси OO_1 , проходящей через центр рамки. При этом вектор магнитной индукции магнитного поля \vec{B} направлен параллельно плоскости рамки перпендикулярно одной из её сторон (см. рисунок). Если ту же рамку после отключения тока повернуть в том же магнитном поле вокруг оси OO_1 , то по ней протекает кратковременный ток. Какой максимальный заряд может протечь через рамку при таком её повороте вокруг оси OO_1 на 180° , если сопротивление проводов рамки $R = 10 \text{ Ом}$?



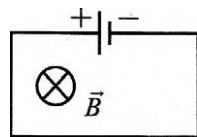
65. Проекция вектора индукции однородного магнитного поля \vec{B} на вертикальную ось меняется во времени так, как показано на рисунке. За это время ($t = 10 \text{ с}$) в квадратной металлической рамке, расположенной в этом магнитном поле так, что ее плоскость горизонтальна, выделяется количество теплоты $Q = 0,1 \text{ мДж}$. Длина стороны рамки $l = 10 \text{ см}$. Чему по этим данным равно сопротивление проволоки, из которой сделана рамка?



66. По двум параллельным медным рельсам AK и CD большого сечения, расположенным на расстоянии $l = 1,5 \text{ м}$ друг от друга, уложены перемычки, имеющие сопротивление $R_1 = 10 \text{ Ом}$ и $R_2 = 20 \text{ Ом}$ (см. рисунок). Рельсы находятся в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$. Перемычка с сопротивлением R_1 движется равномерно со скоростью $v = 8 \text{ м/с}$, а перемычка с сопротивлением R_2 – закреплена неподвижно. Что показывает идеальный вольтметр, присоединенный к концам рельсов AK и CD (см. рисунок)?



67. Плоская рамка подсоединена к источнику постоянного тока с ЭДС равной 9 мВ и находится в однородном магнитном поле (см. рисунок). Поле создано внешним источником, и вектор магнитной индукции поля \vec{B} перпендикулярен плоскости рамки. Во сколько раз изменится мощность тока

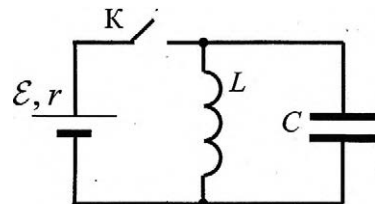


в контуре, если модуль индукции поля начнет уменьшаться со скоростью $0,02 \text{ Тл/с}$? Площадь контура $0,05 \text{ м}^2$.

68. По металлической конструкции в форме буквы П, закреплённой так, что плоскость «П» расположена горизонтально, тянут с перемычку, прикладывая к ней горизонтальную силу перпендикулярно перемычке. Конструкция расположена в однородном магнитном поле с индукцией $0,15 \text{ Тл}$, силовые линии которого направлены вертикально. Перемычка расположена перпендикулярно параллельным сторонам П-образной конструкции имеет длину 1 м , массу 92 г , электрическое сопротивление $0,1 \text{ Ом}$. Электрическое сопротивление стержней, из которых состоит П-образная конструкция пренебрежимо мало. Коэффициент трения между перемычкой и стержнями, по которым она скользит, равен $0,25$. Если приложить к перемычке горизонтально направленную силу равную по модулю $1,13 \text{ Н}$, то через некоторое время перемычка движется с установившейся скоростью, равной по модулю v . Чему равна величина v ? В решение обязательно следует включить рисунок с указанием сил, действующих на перемычку в ходе движения.

69. По столу из гладкого диэлектрического материала с постоянной скоростью $v = 100 \text{ м/с}$ скользит полированный медный диск толщиной 1 мм и диаметром $D = 0,1 \text{ м}$, касаясь стола плоской поверхностью. Вдоль поверхности стола создано однородное в пределах толщины диска магнитное поле с индукцией $B = 0,5 \text{ Тл}$, направленной перпендикулярно вектору скорости диска. Чему равны модуль вектора напряженности электрического поля внутри металла и модуль разности потенциалов между центром и самой удалённой от центра диска точкой, лежащей на его верхней поверхности.

70. В электрической цепи, показанной на рисунке, ключ К длительное время замкнут, $\mathcal{E} = 6 \text{ В}$, $r = 2 \text{ Ом}$, $L = 1 \text{ мГн}$. В момент $t = 0$ ключ К размыкают. Амплитуда напряжения на конденсаторе в ходе возникших в контуре электромагнитных колебаний равна $2\mathcal{E}$. В какой момент времени напряжение на конденсаторе в первый раз достигнет значения \mathcal{E} ? Сопротивлением проводов и активным сопротивлением катушки индуктивности пренебречь.

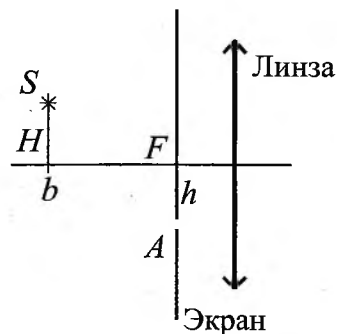


71. В колебательном контуре радиоприемника используется плоский воздушный конденсатор, расстояние между пластинами которого $d = 1 \text{ мм}$, и катушка, индуктивность которой $L = 3 \text{ мкГн}$. При приеме радиоприёмником радиоволн с длиной волны $\lambda = 500 \text{ м}$ в контуре возникают вынужденные колебания, в ходе которых максимальная напряжённость электрического поля конденсатора достигает значения $E_{\text{max}} = 3 \text{ В/м}$. Какой величины достигает максимальная сила тока в катушке индуктивности в ходе такой работы радиоприемника?

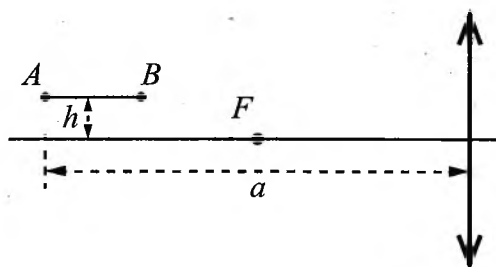
72. В модели радиоприемника использован колебательный контур с катушкой индуктивностью $L = 3 \text{ мкГн}$ и плоский воздушный конденсатор с расстоянием между пластинами $d = 0,5 \text{ мм}$. Чему равно максимальное значение напряжённости электрического поля в конденсаторе в процессе приема синусоидального радиосигнала с длиной волны $\lambda = 1000 \text{ м}$, если в колебательном контуре величина максимального тока через катушку $I_{\text{max}} = 0,4 \text{ мА}$?

73. В прозрачной воде водоема вертикально стоит свая высотой 2 м . От ее конца до поверхности воды 1 м . Чему равна длина тени от сваи на дне водоема в ясный солнечный день, когда высота стояния Солнца над горизонтом равна 60° ? Скорость распространения света в воде 225 тыс. км/с .

74. Точечный источник света S находится в плоскости рисунка на расстоянии $b = 70$ см от плоскости собирающей линзы и на расстоянии $H = 5$ см от её главной оптической оси, также лежащей в плоскости рисунка. Фокусное расстояние линзы $F = 20$ см. Луч SA от точечного источника, падает на тонкий непрозрачный экран с малым отверстием A , находящимся в плоскости рисунка на расстоянии $h = 4$ см от главной оптической оси линзы. Экран отстоит от плоскости линзы на расстояние, равное фокусному. На каком расстоянии x от плоскости линзы этот луч пересечет её главную оптическую ось, пройдя через отверстие A и преломившись в линзе? Дифракцией света пренебречь. В решение включить рисунок, показывающий дальнейший ход луча SA через линзу.



75. На тонком стержне AB длиной $l = 10$ см размещено множество светящихся светодиодов. Конец A стержня располагается на расстоянии $a = 40$ см от линзы, сам стержень параллелен главной оптической оси тонкой собирающей линзы и удален от оси на расстояние $h = 15$ см (см. рис.). Требуется построить расположение изображений всех светодиодов на стержне в линзе и рассчитать длину L такого "изображения стержня".



76. Какое число фотонов излучает лазер за 1 с, если потребляемая им электрическая мощность 8 мВт, КПД 25%, а длина волны излучения $\lambda = 600$ нм?

77. Инфракрасный лазер имеет длину волны 10 мкм и мощность излучения 50 кВт. За какое время им можно расплавить лёд массой 1 кг, взятый при температуре 0°C , а затем полученную воду довести до кипения? Сколько фотонов излучает лазер за 1 с? Считать, что все излучение поглощается водой.

78. Одна и та же металлическая пластинка облучается один раз светом с длиной волны $\lambda_1 = 350$ нм, а второй раз – с длиной волны $\lambda_2 = 700$ нм. Во второй раз максимальная скорость фотоэлектронов оказалась в 2 раза ниже. Какова работа выхода с поверхности металла, из которого изготовлена пластинка?

79. Установку для изучения вакуумного фотоэффекта можно использовать для преобразования энергии света и запасаания электрической энергии. Если использовать два кальциевых электрода, для которых «красная граница» фотоэффекта $\lambda_0 = 450$ нм, и облучать один из них, то подключив между ними конденсатор ёмкостью 4000 пФ можно при длительном освещении катода накопить в конденсаторе заряд $5,5 \cdot 10^{-9}$ Кл. Далее фототок прекращается. Определите частоту световой волны, освещающей катод, пренебрегая ёмкостью системы электродов из кальция.

80. При измерении отношения заряда к массе электрона в одном из опытов Дж.Дж. Томсон использовал в качестве источника электронов облучаемую светом металлическую пластину. Если фотокатод с работой выхода $4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж освещать светом с частотой ν , то вылетевшие из пластины электроны, попадая в однородное магнитное поле с индукцией $4 \cdot 10^{-4}$ Тл перпендикулярно линиям индукции, движутся по дуге окружности с максимальным радиусом 10 мм. Какова частота падающего света в таком опыте?

81. Источник монохроматического света за время $\Delta t = 8 \cdot 10^{-4}$ с излучает $N = 5 \cdot 10^{14}$ фотонов. Лучи от источника идут параллельно и падают перпендикулярно плоскости площадки, образуя пятно площадью $S = 0,7 \text{ см}^2$. 40% фотонов отражается, а 60% поглощается площадкой. Определите длину волны излучения, если давление света на площадку $p = 1,5 \cdot 10^{-5}$ Па.

82. После получения Н. Бором значения энергии электрона на разных уровнях атома водорода $E_n = -13,6 \text{ эВ}/n^2$ ($n = 1, 2, 3, \dots$ номер уровня энергии) серии спектральных линий излучения водорода, полученные Лайманом, Бальмером и Пашеном в разных диапазонах длин волн, были соотнесены с переходами атома водорода с одного энергетического уровня на другой с излучением соответствующего фотона. Серию Лаймана в УФ области спектра дают переходы с верхних уровней на уровень с $n = 1$; серию Бальмера в видимой области спектра – переходы на уровень с $n = 2$ и серию Пашена в ИК области спектра – переходы на уровень с $n = 3$. Чему равно отношение β минимальной частоты фотона в серии Бальмера к максимальной частоте фотона в серии Пашена?

83. Э. Резерфорд показал, что альфа-частицы, вылетающие из радиоактивных изотопов, могут захватывать электроны со стенок сосуда, на которые они падают, и превращаться в газообразный гелий. Если в открытый контейнер при нормальном атмосферном давлении поместить 1,5 г изотопа альфа-радиоактивного изотопа полония $^{210}_{84}\text{Po}$, превращающегося в стабильный изотоп свинца, а затем контейнер герметично закрыть, то через 5 недель давление внутри контейнера поднимается до $1,4 \cdot 10^5$ Па. Период полураспада этого изотопа примерно 140 дней. Чему равен внутренний объём контейнера, если температура внутри контейнера поддерживается равной 45°C ?

84. В экспериментах установлено, что при делении одного ядра урана-235 выделяется энергия 200 МэВ в виде кинетической энергии осколков ядер. Оцените коэффициент полезного действия атомной электростанции, мощность выработки электроэнергии которой составляет 38 МВт, а расход ядерного топлива в виде изотопа урана $^{235}_{92}\text{U}$ составляет 1,4 кг в неделю.

85. Энергия покоя свободного π^0 -мезона равна 135 МэВ. Он движется со скоростью $V \ll c$ и распадается на два γ -кванта. Один из γ -квантов движется в направлении первоначальной скорости мезона, второй – в противоположном направлении. Чему равна скорость мезона V до распада, если энергия первого кванта на 10% больше, чем у второго?

ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 24–27 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ

Бланк

Ответ: 7,5 см

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

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

КИМ

Бланк

Ответ:

A	B
4	1

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

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

КИМ

Бланк

Ответ: от наблюдателя

13	о	т	н	а	б	л	ю	д	а	т	е	л	я						
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--

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

КИМ

Бланк

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A
38	94

19	3	8	9	4															
----	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н

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

Ответ к заданиям 28–31 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

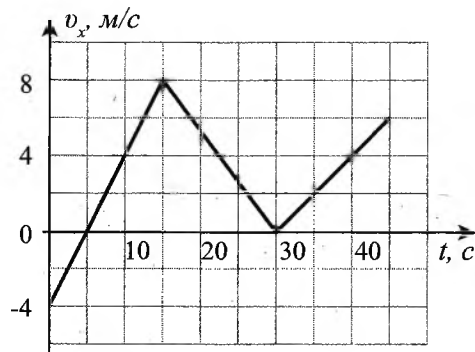
Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек.

ВАРИАНТ 1

Часть 1

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

1. Воспользовавшись приведенным на рисунке графиком зависимости проекции скорости тела на ось Ox от времени в ходе прямолинейного движения, определите модуль перемещения тела за первые 30 с.



Ответ: _____ м

2. Верхний конец легкой пружины длиной 10 см и жесткостью 50 Н/м укрепили на горизонтальном стержне. Затем к пружине подвесили груз массой 200 г. Какой стала длина пружины?

Ответ: _____ см

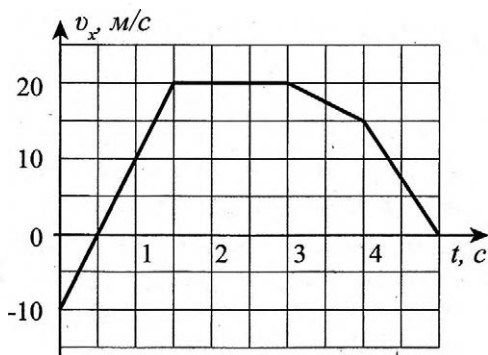
3. Монета массой 2 г соскальзывает с гладкой горки. У основания горки она обладает кинетической энергией 6 мДж. С какой высоты монета начала движение?

Ответ: _____ см

4. На воздушный шар в безветренную погоду действует сила Архимеда, равная 100 Н. Какова сила натяжения веревки, удерживающей шар на земле, если масса шара вместе с газом в нем равна 4 кг?

Ответ: _____ Н

5. Масса тела 2 кг. Тело движется по прямой. Зависимость проекции скорости тела на Ox , расположенную вдоль этой прямой, от времени приведена на рисунке. Выберите два верных утверждения из приведенных ниже.



- 1) Соотношение модулей ускорения в промежутках времени от 0 до 1 с и от 3 до 4 с равно 2.
- 2) В промежутке от 1 до 2 с импульс тела увеличился на 20 кг·м/с.
- 3) В промежутке от 2 до 3 с тело сместилось на 60 м.
- 4) Равнодействующая сил, действующих на тело в промежутке от 0 до 1,5 с, равнялась 40 Н.
- 5) Кинетическая энергия в промежутке от 1,5 до 3 с увеличивалась.

Ответ:

--	--

6. Как меняется частота колебаний нитяного маятника и максимальная скорость шарика на нити в ходе колебаний при замене шарика массой m шариком массой $2m$? Начальный угол отклонения нити от вертикали в обоих случаях остается одинаковым. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

Выбранные цифры, заносимые в таблицу с ответом, могут повторяться.

Частота колебаний	Максимальная скорость груза

7. Тело бросили со скоростью v_0 с поверхности земли под углом α к горизонту. Установите соответствие между физическими величинами и формулами для их вычисления.

Физические величины	Формулы
А) Время, через которое скорость тела станет равным $v_0 \times \cos \alpha$	1) $v_0 \times \sin \alpha / g$
Б) Время полета, через которое скорость тела станет равной v_0	2) $v_0 \times \sin \alpha / 2g$
	3) $2v_0 \times \sin \alpha / g$
	4) $2v_0 \times \cos \alpha / g$

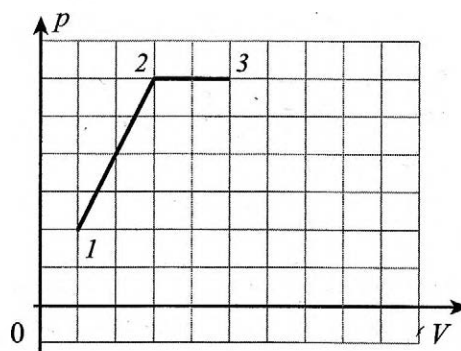
Ответ:

А	Б

8. Идеальный газ в герметичном сосуде с подвижным поршнем сначала изобарно сжали в 4 раза, а затем изохорно нагрели так, что давление возросло в 2 раза. Чему равно отношение T_2/T_1 абсолютных температур газа в конечном и начальном состояниях?

Ответ: _____

9. Чему равно отношение A_{23}/A_{12} работ газа на участках 23 и 12 процесса, диаграмма которого изображена на рисунке?



Ответ: _____

10. Давление насыщенных паров при температуре 6°C равно $0,93\text{ кПа}$, а при 20°C – $2,33\text{ кПа}$. Чему равна относительная влажность воздуха при 20°C в комнате, если при охлаждении конденсационного гигрометра роса на нем появляется при температуре корпуса 6°C ? Ответ округлить до целых.

Ответ: _____ %

11. Одноатомный идеальный газ адиабатно сжали в два раза. Выберите два верных утверждения, описывающих этот процесс.

- 1) Внутренняя энергия газа увеличилась.
- 2) Температура газа оставалась в ходе процесс неизменной.
- 3) Работа газа в процессе положительна.

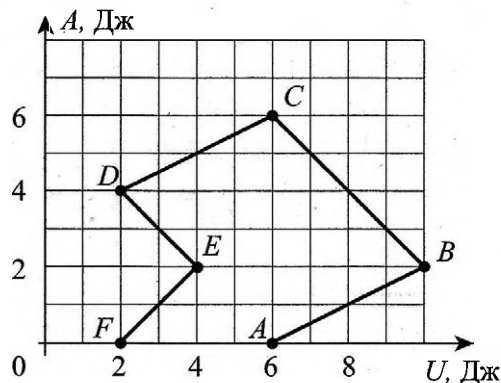
- 4) Концентрация молекул газа не изменилась.
 5) Давление газа возросло более чем в 2 раза.

Ответ:

--	--

12. При проведении процесса с 2 молями газа рассчитывали внутреннюю энергию газа U и работу газа A . По результатам эксперимента была построена диаграмма, показанная на рисунке. Начало процесса обозначено буквой A , конец – буквой F .

Установите соответствие между названиями процессов и участками процесса, начало и конец которых обозначены на диаграмме соответствующими буквами. В ответ запишите цифры, обозначающие номер участка на диаграмме, приведенные в правом столбце таблицы.

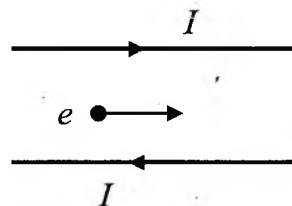


Название процесса	Участок на диаграмме
А) Адиабатное расширение	1) AB
Б) Адиабатное сжатие	2) BC
	3) DE
	4) EF

Ответ:

А	Б

13. Куда направлена (вверх, вниз, вправо, влево, от наблюдателя, к наблюдателю) сила Лоренца, действующая на электрон, движущийся между двумя проводниками, по которым течет ток (рис.)? Сила тока в проводниках одинакова.



Ответ: _____

14. Три резистора с сопротивлениями 1, 2, 3 Ом соединены последовательно и подключены к источнику тока с нулевым внутренним сопротивлением. При включении четвертого резистора между первым и вторым мощность тока на участке цепи из четырех резисторов оказалась в 4 раза меньше, чем на исходном участке из трех резисторов. Чему равно сопротивление четвертого резистора?

Ответ: _____ Ом

15. Энергия катушки с индуктивностью 20 мГн равна 160 мДж. Чему равна сила тока в катушке?

Ответ: _____ А

16. Перемычка CD, закрепленная перпендикулярно двум металлическим направляющим, содержит миллиамперметр (рис.1). Сопротивление направляющих мало. Перемычку АВ двигают так, что площадь контура ABDC меняется в соответствии с графиком (рис. 2).

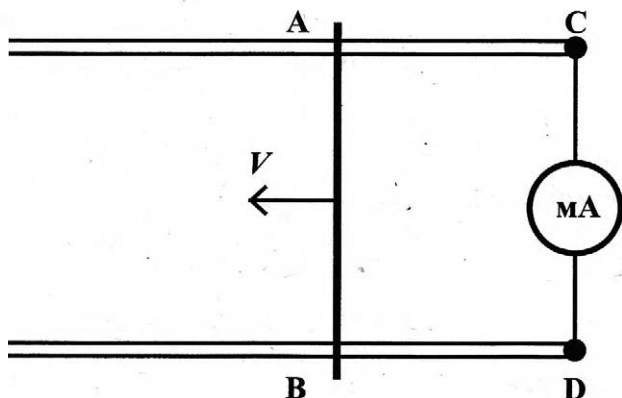


рис. 1

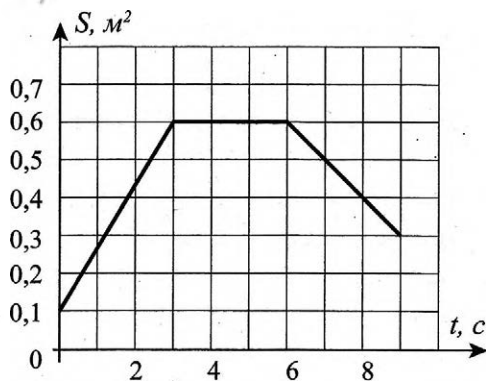


рис. 2

Выберите два верных утверждения о процессах, протекающих в этой установке.

- 1) В момент времени 4 с на проводник АВ действует сила, направленная вправо.
- 2) От 0 до 8 с миллиамперметр регистрирует ненулевое значение силы тока через CD.
- 3) В промежутки времени от 0 до 3 с и от 6 до 9 с ток через перемычку АВ течет в разных направлениях.
- 4) В промежутке времени от 0 до 3 с сила,двигающая проводник АВ, максимальна по модулю.
- 5) В промежутке времени от 3 до 6 с сила,двигающая проводник АВ, максимальна по модулю.

Ответ:

--	--

17. При настройке радиопередатчика на определенную длину волны в колебательном контуре генератора, подающего напряжение на излучающую антенну можно менять только емкость. Что произойдет с частотой колебаний в колебательном контуре генератора и с длиной излучаемой радиопередатчиком волны, если уменьшить емкость конденсатора?

Для каждой физической величины определите характер изменения:

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

Запишите в таблицу ответа соответствующие цифры.

Частота колебаний в контуре	Длина излучаемой волны

18. Установите соответствие между размерностями физических величин и их названиями в СИ. К каждой позиции первого столбца поставьте в соответствие позицию второго и запишите в таблицу ответа выбранные цифры под соответствующими буквами.

Название физической величины в СИ	Размерность физической величины
А) вебер Б) джоуль	1) $\Gamma \text{H} \times \text{A}$ 2) $\text{B} \cdot \text{C}$ 3) $\text{K} \cdot \text{A}^2 / \Phi$ 4) $\Gamma \text{H}^{1/2} \times \Phi^{1/2}$

Ответ:

А	Б

19. Ядро бериллия ${}^9_4\text{Be}$ при облучении гамма квантами испускает нейтрон. Каковы зарядовое и массовое число образовавшегося ядра?

Зарядовое число Z	Массовое число A

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

20. Период полураспада изотопа плутония равен 2,85 мин. Во сколько раз уменьшится число ядер плутония в исходном образце через 684 с.

Ответ: в _____ раз

21. Для некоторых атомов известна способность захвата ядром атома одного из ближайших к нему электронов. Как при этом меняются заряд ядра и его массовое число?

Для каждой величины определите характер изменения:

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

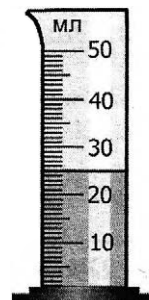
Запишите в таблицу ответа соответствующие цифры.

Заряд ядра атома	Массовое число ядра атома

22. Запишите объем жидкости в мерном цилиндре с учетом погрешности измерений, считая, что погрешность равна цене деления цилиндра.

В бланк ответа переносится только числа без деления их пробелом, запятой или иным знаком.

Ответ: (_____ \pm _____) cm^3



В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

23. Для измерения ускорения свободного падения ученик решил использовать нитяной маятник. Из предложенного оборудования он выбрал штатив с муфтой, лапку штатива, нить и металлический шарик с приваренной металлической петлей. Какие еще два предмета понадобятся ему для проведения эксперимента?

- 1) Электронные весы.
- 2) Динамометр.
- 3) Линейка.
- 4) Секундомер.
- 5) Пружина.

О т в е т:

--	--

24. В таблице приведены некоторые параметры естественных спутников Юпитера и Сатурна

Название спутника	Диаметр, км	Масса, кг	Большая полуось орбиты, км	Период обращения вокруг планеты, земные сутки	Планета
Ио	3642	$8,9 \cdot 10^{22}$	421700	1,77	Юпитер
Европа	3122	$4,8 \cdot 10^{22}$	671034	3,55	Юпитер
Ганимед	5260	$1,5 \cdot 10^{23}$	1070412	7,15	Юпитер
Каллисто	4820	$1,1 \cdot 10^{23}$	1882709	16,69	Юпитер
Тетис	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 все верные утверждения:

- 1) Первая космическая скорость для Дионы 361 м/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, максимальна среди приведенных в Таблице спутников Сатурна.
- 4) Плотность самого крупного в Таблице спутника Сатурна максимальна среди четырех приведенных.
- 5) Объем самого крупного из приведенных спутников Юпитера превышает объем Земли.

Ответ:

--	--	--

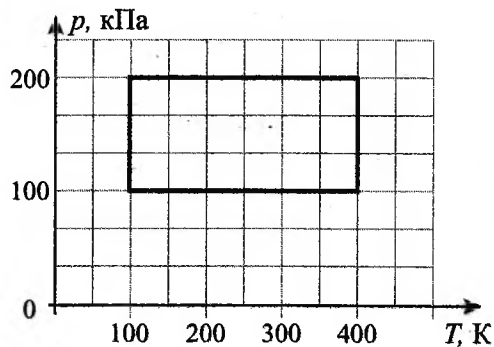
Часть 2

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

25. Груз массой 500 г подвешен к пружине жесткостью 50 Н/м. Длина пружины в нерастянутом состоянии 10 см. Пружина укреплена в лапке штатива, стоящего в лифте. Лифт из состояния покоя начинает двигаться с верхнего этажа на нижний равноускоренно и проходит 5 м за 2 с. Какова длина пружины в ходе движения?

Ответ: _____ см

26. Определите минимальный объем 2 моль гелия в процессе, изображенном на рисунке



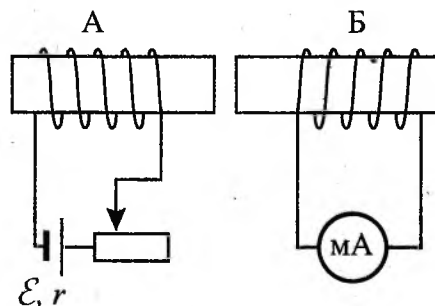
Ответ: _____ л

27. Установка для измерения длины волны видимого излучения представляет собой оптическую систему, в которой создается параллельный пучок света, падающий перпендикулярно на дифракционную решетку, за которой вплотную стоит собирающая линза. Пройдя через эту линзу, свет образует на экране, стоящем в фокусе линзы, серию дифракционных максимумов. Каково будет расстояние между дифракционными максимумами 2-го и 3-го порядков при использовании света с частотой 6×10^{14} Гц, линзы с фокусным расстоянием 36 см и дифракционной решетки с периодом 6 мкм? Считать угол φ между направлениями на максимум нулевого и 3-го порядка малым (т.е. $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi \approx \varphi$)

Ответ: _____ см

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

28. На два ферромагнитных стержня намотаны катушки, как показано на рисунке. Катушка А подсоединена к источнику тока через реостат. Катушка Б замкнута на миллиамперметр. Торцы сердечников поднесены близко друг к другу. Что показывает миллиамперметр до, во время и после окончания движения ползунка реостата вправо? В каком направлении течет ток через миллиамперметр в ходе этих действий? Ответ обоснуйте, опираясь на известные Вам законы физики.



29. На наклонной плоскости с углом наклона 30° лежит кубик массой 200 г. Коэффициент трения между плоскостью и кубиком 0,866. На сколько отличаются минимальные силы, которые необходимо приложить к кубику для того, чтобы он начал двигаться вдоль наклонной плоскости F_1 (рис.1) и параллельно основанию наклонной плоскости F_2 (рис.2)?

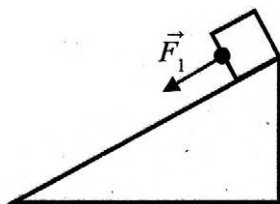


рис. 1

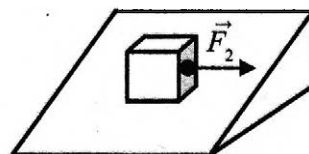
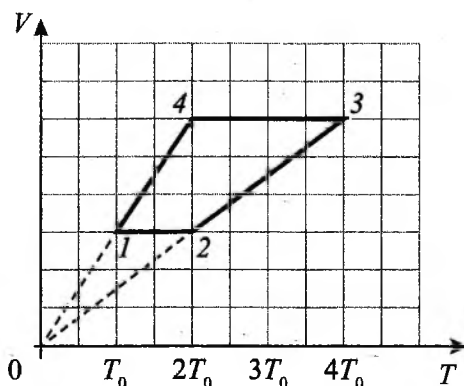
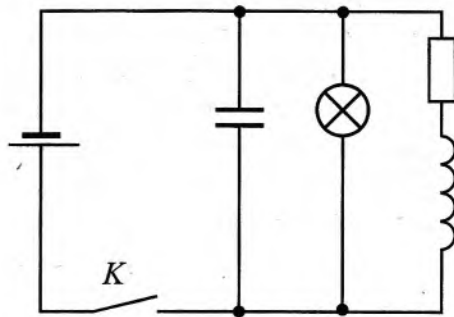


рис. 2

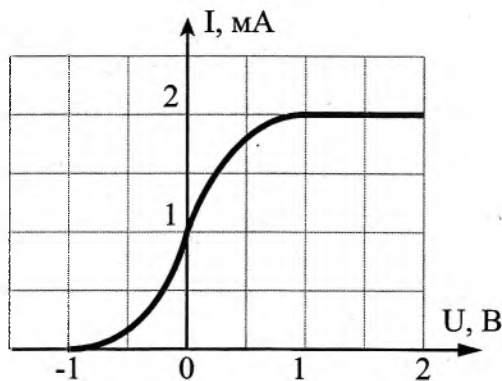
30. Определите КПД цикла 1-2-3-4, показанного на рисунке и проводимого с одноатомным идеальным газом.



31. Ключ K , лампа накаливания с сопротивлением $16\ \text{Ом}$, резистор сопротивлением $4\ \text{Ом}$, конденсатор емкостью $2\ \text{мФ}$ и катушка с индуктивностью $0,2\ \text{Гн}$ и с малым сопротивлением подключены к источнику тока с ЭДС $24\ \text{В}$ и внутренним сопротивлением $0,8\ \text{Ом}$ так, как показано на рисунке. Ключ первоначально замкнут. Какое суммарное количество теплоты выделится на лампочке и на резисторе после размыкания ключа K ?



32. При облучении фотокатода в установке по изучению фотоэффекта светом с частотой $5,2 \times 10^{14}\ \text{Гц}$ к аноду прикладывается напряжение U и измеряется сила тока I между катодом и анодом. График зависимости силы фототока от напряжения показан на рисунке. Квантовый выход фотоэффекта (число выбитых электронов на один фотон) составляет $0,05$. Какова по этим данным мощность излучения, падающего на фотокатод, если считать, что все выбитые электроны достигают в установке анода?

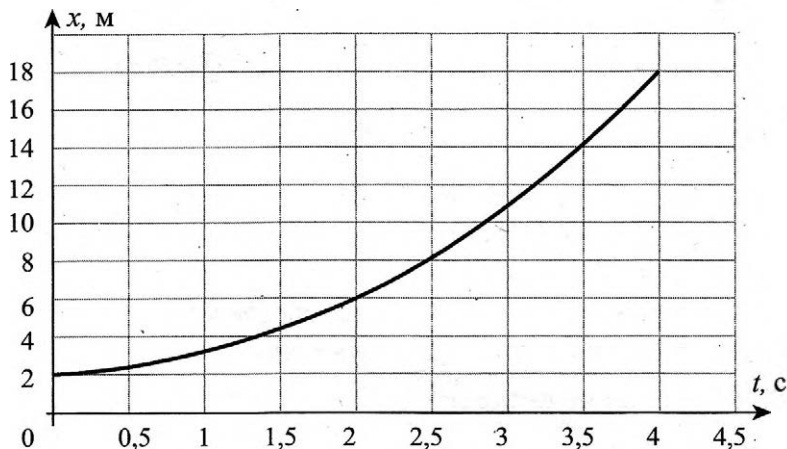


ВАРИАНТ 2

Часть 1

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

1. Материальная точка движется равноускоренно по прямой. На рисунке показан график зависимости ее координаты от времени. Чему равна проекция ускорения на ось Ox ?



Ответ: _____ м/с²

2. Планета, двигаясь по вытянутой эллиптической орбите, меняет расстояние до Солнца в 1,5 раза. Чему равно отношение максимальной и минимальной силы притяжения планеты Солнцем F_{\max}/F_{\min} ?

Ответ: _____

3. Начальная скорость тела массой 6 кг равна 5 м/с. Тело движется с ускорением 4 м/с² в течение 2 с. Чему равна кинетическая энергия тела в конце этого промежутка времени?

Ответ: _____ Дж

4. Легкий рычаг находится в равновесии. С одной стороны от оси вращения на него действует сила, момент которой равен 8 Н×м. Модуль силы, действующей на рычаг с другой стороны от оси вращения, равен 25 Н. Чему равно плечо этой силы?

Ответ: _____ см

5. В кубик, стоящий на льду, попадает горизонтально летящая со скоростью 1000 м/с пуля и застревает в нем. Масса кубика равна 1 кг, масса пули 10 г. Выберите два верных утверждения о результатах этого процесса.

- 1) Кинетическая энергия системы «кубик – пуля» не меняется в ходе процесса.
- 2) Скорость кубика с пулей после начала его движения равна примерно 9,9 м/с.
- 3) Суммарный импульс тел, участвующих в процессе равен примерно 1010 кг × м/с как до взаимодействия тел, так и после него.
- 4) Импульс пули изменился в ходе взаимодействия с кубиком примерно на 10 кг × м/с.
- 5) Количество теплоты, выделившейся в ходе движения пули в кубике, равно примерно 4,95 кДж.

Ответ:

--	--

6. Брусок, к которому привязана нить, втаскивают равномерно вверх по наклонной плоскости. При этом нить направлена вдоль наклонной плоскости. Затем брусок поворачивают на 180° и также равномерно двигают вниз, прикладывая к нити силу, направленную вдоль наклонной плоскости. Как изменяются сила трения и сила натяжения нити при переходе от движения вверх по наклонной плоскости к движению вниз по наклонной плоскости? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

Сила трения	Сила натяжения нити

7. Шарик совершает гармонические колебания так, что его центр движется по закону $x(t)=A\cos(\omega t + \varphi_0)$. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими колебание, и формулами для их вычисления.

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

Физические величины	Формулы для расчета величин
А) Модуль максимального ускорения точки в ходе колебания	1) $A\omega$ 2) $A^2\omega$
Б) Амплитуда колебания скорости точки	3) $A\omega^2$ 4) $2\pi/\omega$

Ответ:

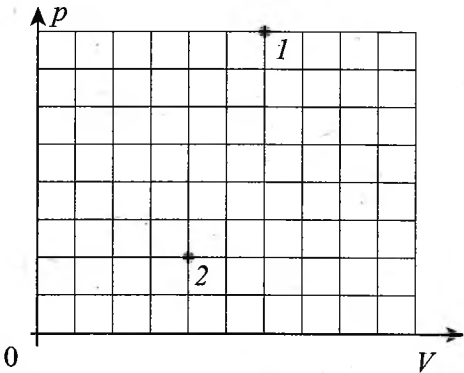
А	Б

8. Из сосуда с аргонном выпускают $\frac{2}{3}$ газа и температуру увеличивают в 6 раз. Во сколько раз изменится давление газа в сосуде?

Ответ: в _____ раз(а)

9. На рисунке показаны параметры газа в начальном (1) и конечном (2) состояниях. Чему равно изменение внутренней энергии идеального газа, если $V_1 = 3$ л, а $p_1 = 40$ кПа?

Ответ: _____ Дж



10. В герметичном сосуде с подвижным поршнем находятся молекулы воды, концентрация которых в 2 раза меньше концентрации молекул в насыщенном паре при этой температуре. Во сколько раз возрастет концентрация молекул воды в пару под поршнем, если его сдвинуть так, что объема части сосуда под поршнем уменьшится в 3 раза? Температура сосуда поддерживается постоянной

Ответ: в _____ раз

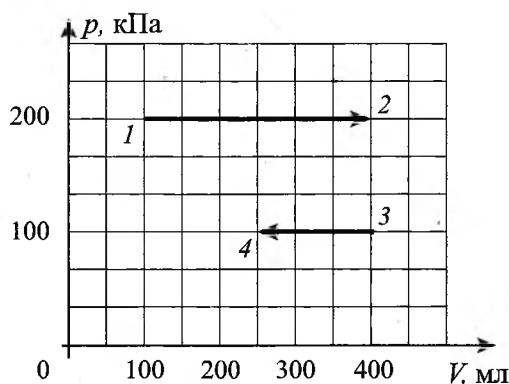
11. На рисунке приведены графики двух процессов, совершенных с одноатомным идеальным газом.

Выберите два верных утверждения об этих процессах.

- 1) Внутренние энергии газа в состояниях 1 и 2 равны.
- 2) Процесс 1-2 является процессом изобарного сжатия.
- 3) Модуль работы газа в процессе 1-2 в 4 раза превышает модуль работы газа в процессе 3-4.
- 4) В процессе 3-4 внутренняя энергия газа уменьшилась на 22,5 Дж.
- 5) В процессе 3-4 внутренняя энергия газа уменьшилась в 2 раза.

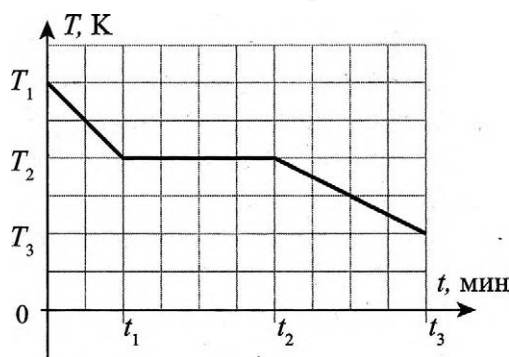
Ответ:

--	--



12. Расплавленный металл массой m остывает, при этом температура образца меняется во времени так, как показано на рисунке. В опыте обеспечен постоянный теплоотвод от образца, равный K (Дж/мин).

Поставьте в соответствие физические величины, характеризующие процесс, и формулы для их вычисления. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в ответ выбранные цифры под соответствующими буквами.



Физические величины	Формулы для их вычисления
А) Удельная теплота плавления	1) $K(t_3 - t_2)$
Б) Количество теплоты, выделившейся в ходе остывания твердого образца в ходе наблюдения	2) $K(t_2 - t_1) / m$
	3) $K T_2 (t_2 - t_1) / m$
	4) $K t_1 / m (T_1 - T_2)$

Ответ:

А	Б

13. Куда направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) сила Ампера, действующая на прямой проводник с током в однородном магнитном поле (рис.)? Проводник лежит в плоскости рисунка.

Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____



14. Чему равен модуль силы взаимодействия двух равных зарядов по 6 нКл, расположенных на расстоянии 15 см?

Ответ: _____ мкН

15. Угол стояния Солнца над горизонтом 30° . Чему равен угол между падающим и отраженным от воды лучами?

Ответ: _____ $^\circ$

16. Проводник АВ перемещают по двум проводящим стержням, которые замкнуты на миллиамперметр (рис.1). При этом в пространстве создано однородное магнитное поле, вектор индукции которого перпендикулярен плоскости ABCD. В ходе движения перемычки АВ площадь прямоугольника ABCD меняется во времени так, как показано на рисунке 2.

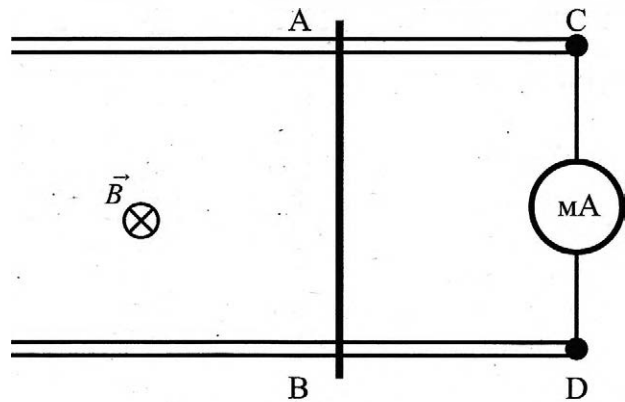


рис. 1

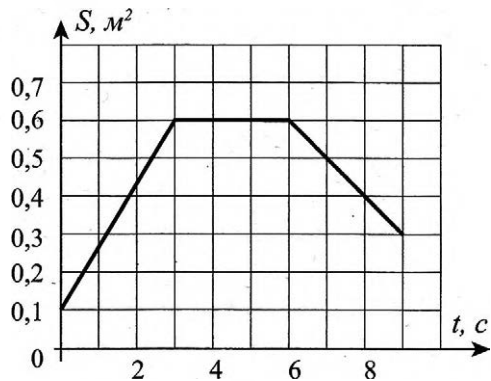


рис. 2

Выберите два верных утверждения, соответствующих данному эксперименту.

- 1) В период времени от 6 до 9 с ток через миллиамперметр течет от С к D.
- 2) Показания миллиамперметра максимальны в период времени от 3 до 6 с.
- 3) Модуль ЭДС индукции в контуре ABCD максимален при движении перемычки АВ вправо.
- 4) Сила Ампера, действующая на перемычку АВ в период времени от 0 до 3 с, направлена вправо.
- 5) В течение промежутка времени от 0 до 9 с направление тока в контуре ABCD не меняется.

О т в е т:

--	--

17. Интерференционную картину от двух щелей, освещаемых лазером, наблюдают сначала в воздухе. Затем погружают экран со щелями и экран, на котором наблюдается интерференционная картина, в воду. Что произойдет при погружении в воду с расстоянием между интерференционными максимумами и частотой электромагнитной волны, движущейся между щелями и экраном, на котором наблюдается интерференционная картина? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

Расстояние между интерференционными максимумами	Частота излучения в воде

18. В идеальном колебательном контуре заряд на одной из пластин конденсатора, емкость которого равна 2 мкФ, меняется по закону $q(t) = 8 \times 10^{-5} \times \cos(10^4 t)$, где все величины выражены в единицах СИ.

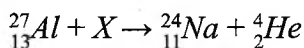
Поставьте в соответствие физические величины, характеризующие электромагнитные колебания, и формулы для их вычисления. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в ответ выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические величины	Формулы для их вычисления
А) сила тока через катушку Б) энергия колебаний магнитного поля катушки	1) $3,2 \times 10^{-3} \times \sin^2(10^4 t)$, 2) $0,8 \sin(2 \times 10^4 t)$ 3) $-0,8 \times \sin(10^4 t)$, 4) $1,6 \times 10^{-3} \times \sin^2(10^4 t)$,

Ответ:

А	Б

19. В результате взаимодействия ядра алюминия с частицей X происходит ядерная реакция.



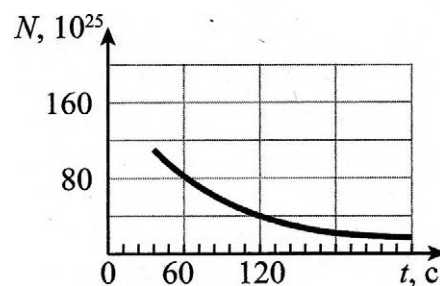
Чему равны зарядовое и массовое число частицы X? В бланк ответов переносятся подряд только числа, указанные в таблице ответа, без пробелов и других дополнительных символов

Зарядовое число частицы	Массовое число частицы

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

20. Определите период полураспада изотопа эрбия ${}_{68}^{173}\text{Er}$ (см. рис.).

Ответ: _____ с



21. Как в результате радиоактивного распада с испусканием γ -частиц меняются зарядовое и массовое числа распадающегося ядра?

Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется.

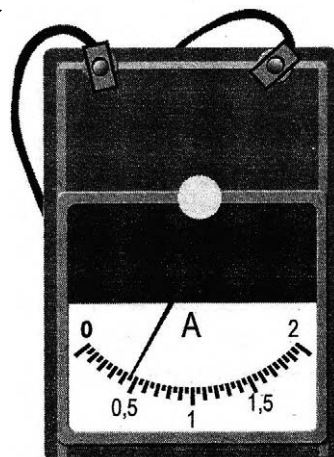
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Зарядовое число	Массовое число

22. Запишите показания прибора с учетом погрешности измерения, считая погрешность равной цене деления прибора. В бланк ответа переносятся в записанном порядке только числа без деления их пробелом или другим знаком.

Ответ: (_____ \pm _____) А

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.



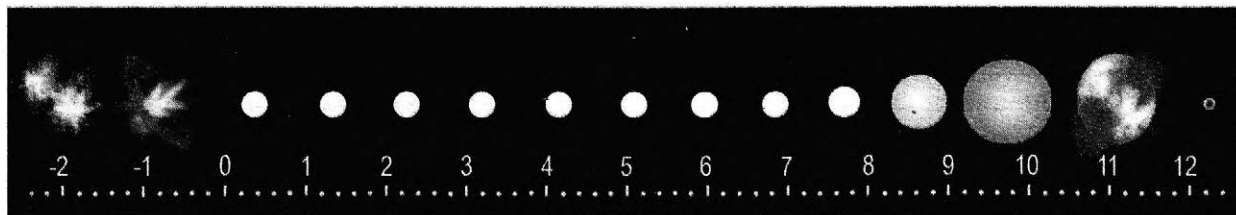
23. Требуется экспериментально изучить зависимость мощности, выделяемой на резисторе, от силы тока в нем. Для этого ученик приготовил соединительные провода, источник тока, резистор, ключ, амперметр. Какие еще два прибора из приведенного ниже списка ему следует взять, чтобы провести данное исследование?

- 1) Лампочка.
- 2) Вольтметр.
- 3) Реостат.
- 4) Линейка.
- 5) Калориметр.

О т в е т:

--	--

24. На рисунке представлена диаграмма, показывающая различные этапы эволюции Солнца. Цифры на горизонтальной шкале – время в миллиардах лет.



Выберите все верные утверждения, характеризующих этапы эволюции Солнца согласно этой диаграмме.

- 1) Стационарное горение Солнца продолжается около 8 млрд. лет.
- 2) Формирование звезды, в которой протекают термоядерные реакции, из протозвезды длится около 1 млрд. лет.
- 3) Через 12 млрд. лет после начала стационарного горения звезда превращается в черную дыру.
- 4) Формирование белого карлика из красного гиганта продолжается не менее 12 млрд. лет.
- 5) До стадии превращения Солнца в красный сверхгигант осталось около 2 млрд. лет.

О т в е т:

--	--	--

Часть 2

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

25. Кубик скатывается с гладкой горки с углом наклона к горизонту 30° и длиной склона 1,5 м, а затем проезжает по горизонтальной поверхности до остановки 125 см. Чему равен коэффициент трения кубика о горизонтальную поверхность?

Ответ: _____

26. Идеальная тепловая машина, у которой нагревателем служит кипящая при нормальном атмосферном давлении вода, а холодильником – резервуар со льдом при 0°C , за время работы растопила 5,46 кг льда. Какую работу совершила машина за это время?

Ответ: _____ кДж

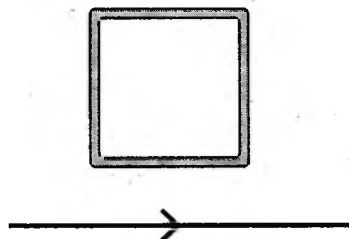
27. С помощью рассеивающей линзы рассматривают буквы на бумаге, расположенной в 10 см от линзы, при этом получают вдвое уменьшенное изображение букв. Чему равна оптическая сила линзы?

Ответ: _____ дптр

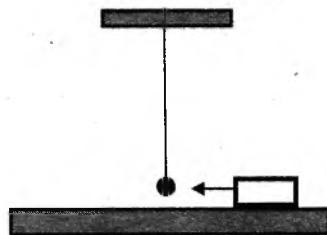
Для записи ответов на задания (28–32) используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28. Рядом с прямым проводником расположена квадратная рамка (рис.).

Опираясь на законы физики, укажите, куда будет направлена суммарная сила, действующая на рамку с током, если сила тока в проводнике будет нарастать.

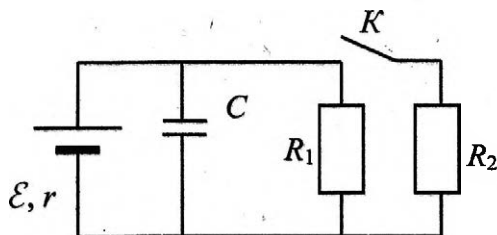


29. На шарик массой $m = 200$ г, висящий на нити длиной $L = 20$ см, налетает брусок такой же массы,двигающийся по гладкому полу (рис.). После абсолютно упругого удара, нить обрывается. С какой скоростью двигался брусок перед ударом, если нить выдерживает на разрыв силу натяжения, равную $T = 4$ Н.



30. До какого объема следует надуть шар гелием, чтобы он мог поднять оборудование массой 10 кг в круглом герметичном контейнере объемом 2 м^3 на высоту 2 км, где давление 80 кПа, а температура 2°C . Упругостью оболочки шара и ее массой можно пренебречь.

31. Сопротивление резистора R_1 в 3 раза больше внутреннего сопротивления источника, а резистора R_2 в 4 раза больше сопротивления источника. Во сколько раз отличаются энергии конденсатора при замкнутом и разомкнутом ключе К?



32. Из фотокатода с работой выхода 2,39 эВ выбивается электрон при освещении светом с частотой $6,4 \times 10^{14}$ Гц. Он попадает в скрещенные под углом 90° электрическое и магнитное поля так, что его скорость перпендикулярна векторам \vec{E} и \vec{B} . Чему равна напряженность электрического поля, если индукция магнитного поля равна 10^{-3} Тл, а электрон движется прямолинейно и равномерно?

ВАРИАНТ 3

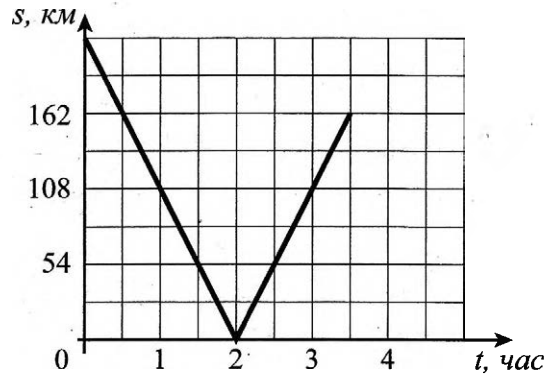
Часть 1

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

1. На рисунке показана зависимость расстояния между двумя мотоциклистами, движущимися равномерно по прямолинейной трассе, от времени.

Каков модуль скорости движения первого мотоциклиста в системе отсчета, связанной со вторым?

Ответ: _____ м/с



2. В таблице приведены результаты измерения силы трения бруска о бумагу при разных массах груза, укладываемых на брусок сверху. Чему равен коэффициент трения бруска о бумагу?

Масса груза, г	0	100	200	300
Сила трения, Н	0,16	0,36	0,56	0,76

Ответ: _____

3. Пушка стреляет под углом 60° к горизонту. Масса пушки в 1000 раз больше массы снаряда. Скорость снаряда при вылете из ствола пушки 800 м/с. С какой скоростью начинает двигаться пушка при выстреле? Ответ округлить до десятых.

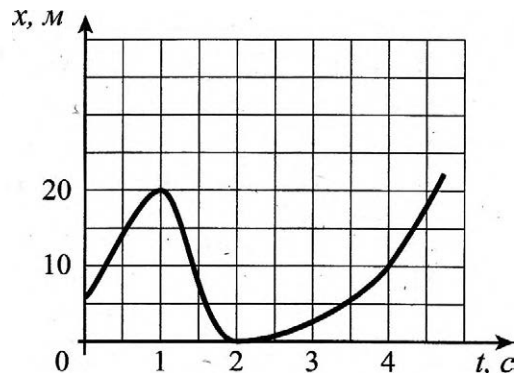
Ответ: _____ м/с

4. В лабораторной работе ученик, подвесив груз 100г на вертикальную пружину, обнаружил, что период колебаний груза равен 0,8 с. Груз какой массы нужно дополнительно подвесить к этому грузу, чтобы период колебаний увеличился до 1,2 с?

Ответ: _____ г

5. Зависимость координаты от времени для тела, движущегося по прямой, вдоль которой направлена ось Ox , показана на рисунке. Выберите два верных утверждения о характеристиках такого движения.

- 1) В момент времени 4 с скорость тела и его ускорение направлены в одном направлении.
- 2) От 1,5 до 2,5 с скорость тела монотонно увеличивается.
- 3) Проекция перемещения тела за промежуток времени от 1 до 4 с положительна.



- 4) В момент времени 2 с скорость тела равна нулю.
 5) В момент времени 1 с ускорение тела равно нулю.

О т в е т:

--	--

6. Кубик, плавающий в воде, изготовлен из дерева с плотностью 600 кг/м^3 . Его заменяют на кубик того же размера, изготовленный из дерева с плотностью 800 кг/м^3 . Как при этом изменятся архимедова сила и величина части вертикального ребра кубика, выступающая из воды? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

Выбранные цифры, заносимые в таблицу с ответом, могут повторяться.

Архимедова сила	Часть вертикального ребра, выступающая из воды

7. Линейная скорость материальной точки при ее равномерном движении по окружности радиуса R равна v . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими такое движение, и формулами для их вычисления.

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

Физические величины	Формулы для расчета величин
А) Угловая скорость движения точки Б) Модуль ускорения точки	1) $v/2\pi R$ 2) $v^2 R$ 3) v/R 4) v^2/R

О т в е т:

А	Б

8. В одном сосуде объемом V находится 3 моля аргона при температуре T и давлении p . В другом сосуде вдвое меньшего объема находится аргон при температуре $3T$ и давлении $2p$. Сколько молей аргона находится в сосуде?

О т в е т: _____ моль

9. В таблице приведены параметры газа в герметичном сосуде с подвижным поршнем в состояниях А и Б.

Состояние газа	p , кПа	V , л	U , Дж
А	2,0	2	
Б	3	4	18

Какое число следует внести в свободную клетку таблицы?

О т в е т: _____

10. Чугунному и железному брускам одинаковой массы сообщили одинаковое количество теплоты. Бруски при этом остались твердыми. Чему равно отношение изменений температуры чугуна и алюминиевого брусков $\Delta t_{\text{ч}}/\Delta t_{\text{ал}}$?

Ответ: _____

11. Сосуд разделен на две равные части неподвижной пористой перегородкой из керамики с малой теплопроводностью. Левая его половина заполнена гелием, правая – неоном. Начальное давление газов одинаково, но температура гелия ниже, чем температура неона. Перегородка проницаема для гелия и непроницаема для неона.

Выберите два верных утверждения о процессах, происходящих в системе.

- 1) Температуры газов в обеих половинах сосуда выравниваются.
- 2) Давление в правом сосуде в конечном состоянии будет выше, чем давление в левом.
- 3) Концентрация молекул в начальном состоянии ниже в левом сосуде.
- 4) Внутренняя энергия молекул гелия в начальном состоянии выше, чем внутренняя энергия молекул неона.
- 5) Число молекул в правой и левой частях сосуда в конечном состоянии окажется одинаковым.

О т в е т:

--	--

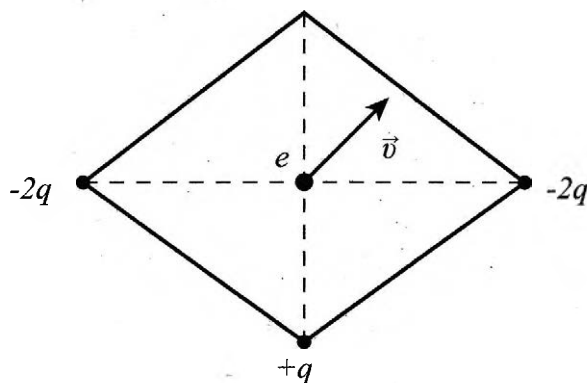
12. В стеклянной герметично закрытой колбе находится воздух с влажностью $\phi < 1$. Что произойдет с внутренней энергией и влажностью воздуха в колбе, если колбу нагреть на 50°C . Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

Внутренняя энергия	Относительная влажность воздуха

13. Электрическое поле создано тремя зарядами, расположенными в трех вершинах ромба. В определенный момент времени электрон попадает в точку, являющуюся центром ромба. Куда направлено (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) ускорение электрона, двигающегося в этот момент времени со скоростью, направление которой показано на рисунке?



Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____

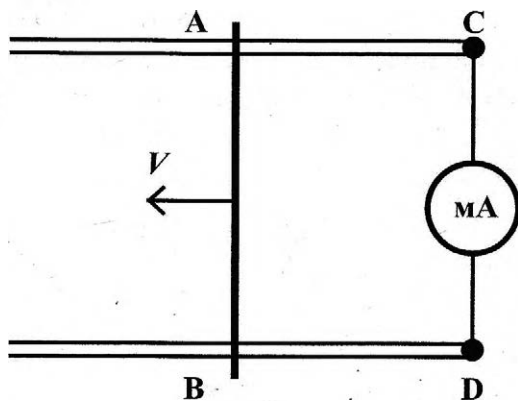
14. Лампа-вспышка импульсного лазера срабатывает от конденсатора емкостью 100 мФ , который заряжен до напряжения 10 кВ . При этом энергия электромагнитных волн в диапазоне длин волн, поглощаемых активной средой лазера, равна $0,2\text{ МДж}$. Чему равен КПД лампы накачки лазера?

Ответ: _____ %

15. Перемычку АВ длиной 0,5 м, имеющую электрическое сопротивление 2 Ом, двигают со скоростью $v = 3$ м/с по двум проводникам АС и ВD с малым сопротивлением (рис.). Концы проводников замкнуты идеальным миллиамперметром, а перпендикулярно плоскости, образуемой проводниками, создано однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,4$ Тл.

Чему равна сила тока, регистрируемая миллиамперметром?

Ответ: _____ мА



16. На рисунке показана зависимость силы тока от времени в идеальном колебательном контуре после замыкания ключа, соединяющего заряженный конденсатор с катушкой индуктивности.

Выберите два верных утверждения, характеризующих процессы в этом контуре.

1) При уменьшении емкости конденсатора в контуре в 4 раза период колебаний силы тока станет равен 2 мкс.

2) При увеличении емкости конденсатора в 4 раза при том же начальном напряжении, амплитуда колебаний силы тока в контуре 20 мА.

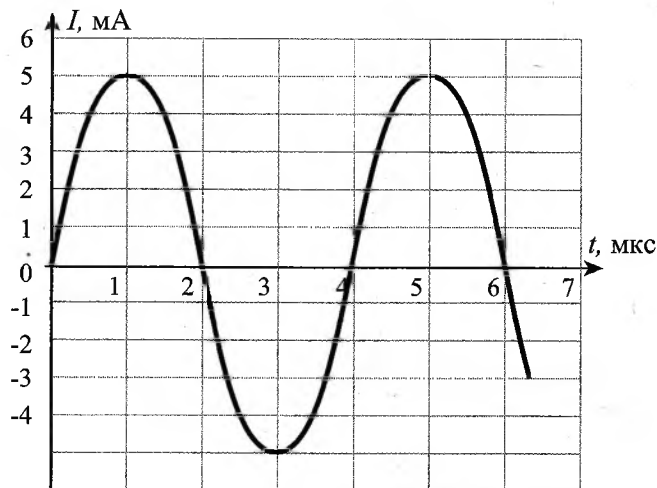
3) При увеличении начального напряжения на конденсаторе в 2 раза период колебаний силы тока увеличится в 2 раза.

4) При уменьшении начального напряжения на конденсаторе в 2 раза максимальная сила тока через катушку станет равной 2,5 мА.

5) Через 5 мкс после начала наблюдения энергия электрического поля конденсатора достигнет максимального значения.

Ответ:

--	--



17. Светящийся шарик со встроенным светодиодом и батарейкой колеблется на вертикальной пружине. С помощью линзы получают на экране его изображение, когда расстояние от шарика до плоскости линзы равно трем фокусным расстояниям линзы. Затем перемещают маятник на расстояние 1,5 фокусных расстояния, оттягивают шарик вниз от положения равновесия так, что амплитуда колебаний шарика оказывается такой же как и в первом случае, и вновь получают его четкое изображение на экране. Как изменились амплитуда колебаний и максимальная скорость колебания изображения шарика на экране во втором положении?

Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется.

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

Амплитуда колебаний изображения на экране	Максимальная скорость перемещения изображения на экране

18. Два резистора с сопротивлениями $2R$ и $3R$ соединены параллельно и подключены к источнику с ЭДС, равной \mathcal{E} , и внутренним сопротивлением $r = 0,4R$. Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими параметры цепи, и формулами для их вычисления. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в ответ выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические величины	Формулы для расчета величин
А) Напряжение на резисторе с сопротивлением $2R$ Б) Сила тока через резистор $3R$	1) \mathcal{E} 2) $\mathcal{E}/4R$ 3) $3\mathcal{E}/4$ 4) $3\mathcal{E}/8R$

Ответ:

А	Б

19. Фрагмент одного из вариантов периодической системы элементов Д.И. Менделеева содержит информацию о распространенности стабильных изотопов элемента в природе (рис.) Например, содержание изотопов меди Cu-63 и Cu-65 составляет в природе 69% и 31% соответственно.

Укажите число протонов и нейтронов в наиболее распространенном изотопе кальция.

Число протонов	Число нейтронов

2	II	Li литий 7 ₉₃ 6 _{7,4} 3	Be бериллий 9 100 4
3	III	Na натрий 23 ₁₀₀ 11	Mg магний 24 ₇₉ 26 ₁₁ 25 ₁₀ 12
4	IV	K калий 39 ₉₃ 41 _{6,7} 19	Ca кальций 40 ₉₇ 44 _{2,1} 20
	V	29 Cu медь 63 ₆₉ 65 ₃₁	30 Zn цинк 64 ₄₀ 66 ₂₈ 68 ₁₉

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

20. Образец радиоактивного вещества с периодом полураспада 12 часов, содержащий $1,8 \times 10^{25}$ ядер, претерпевает α -распад. Сколько молей гелия образуется в герметичном контейнере, в котором хранится данный препарат, через сутки?

Ответ: _____ моль

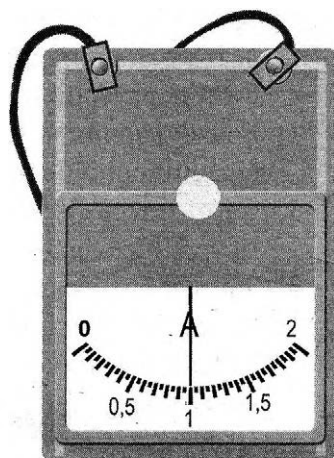
21. При изучении наблюдающегося при облучении одного и того же металла фотоэффекта увеличивают интенсивность падающего на фотокатод света, не меняя его длины волны. Как при этом меняется число выбиваемых из фотокатода за единицу времени электронов и их максимальная кинетическая энергия? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

Число электронов, вылетающих с фотокатода за 1 с	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

22. Запишите показания прибора с учетом погрешности измерения, считая погрешность равной цене деления прибора. В бланк ответа переносятся в записанном порядке только числа без деления их пробелом или другим знаком.



Ответ: (_____ \pm _____) А

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

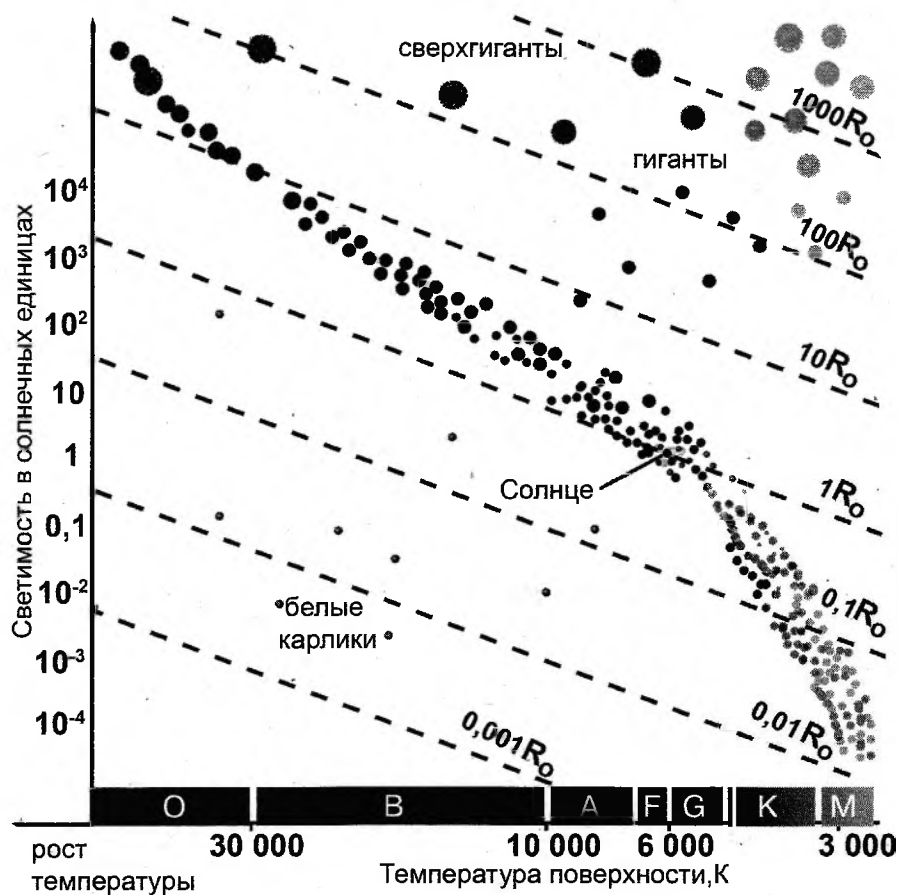
23. Требуется экспериментально показать зависимость архимедовой силы от плотности жидкости. Для этого ученик приготовил алюминиевый груз, 2 стакана и динамометр. Какие еще два предмета из перечисленных ниже ему следует взять для проведения данной демонстрации?

- 1) Весы электронные.
- 2) Бутыль с водой.
- 3) Бутыль со ртутью.
- 4) Бутыль с подсолнечным маслом.
- 5) Мерный цилиндр.

Ответ:

--	--

24. Выберите все верные утверждения о звездах, используя диаграмму Герцшпунга – Рес-села.



- 1) Звезды главной последовательности, имеющие температуру поверхности 3 000 К находятся в стадии стационарного горения дольше, чем звезды главной последовательности с температурой поверхности 30 000 К.
- 2) Белый карлик, в который в результате эволюции превратится Солнце, имеет плотность существенно большую, чем вещество современного Солнца.
- 3) Светимость Солнца в 10 раз меньше светимости звезд, имеющих в 10 раз больший диаметр и находящихся на главной последовательности.
- 4) Звезды спектрального класса G главной последовательности за 1 с излучают в окружающее пространство в 5 раз больше энергии, чем звезды спектрального класса O.
- 5) Звезда, имеющая размер в 1000 раз превышающий размер Солнца, относится к сверхгигантам.

Ответ:

--	--	--

Часть 2

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

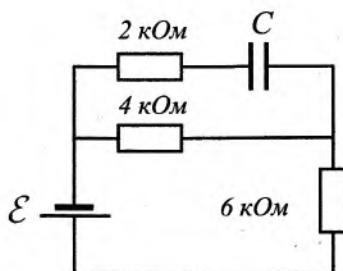
25. Снаряд летит со скоростью 500 м/с и разрывается пополам. Один осколок начинает двигаться со скоростью 1000 м/с под 90° к первоначальному направлению. Под каким углом к первоначальному направлению начал двигаться второй осколок?

Ответ: _____ $^\circ$

26. Через теплоизолированный сосуд с 0,5 л воды при температуре 31°C начинают пропускать пар при 100°C . Масса воды в сосуде растет, но потом перестает расти. Чему равна максимальная масса воды в сосуде?

Ответ: _____ г

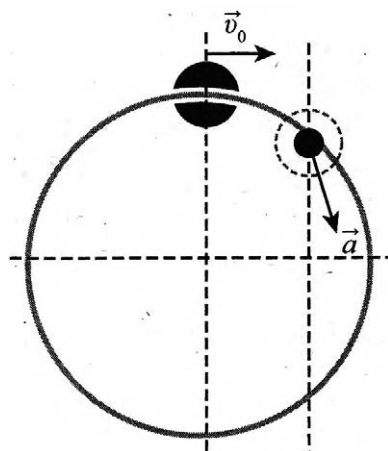
27. ЭДС источника с нулевым внутренним сопротивлением в схеме, показанной на рисунке, равен 9 В. Какой заряд на левой пластине конденсатора емкостью $C = 2$ мФ?



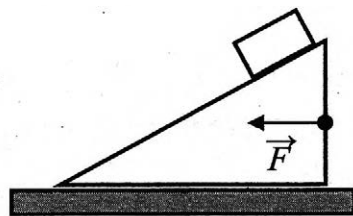
Ответ: _____ Кл

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

28. Тяжелый шарик с прорезью, соответствующей кривизне гладкого проволочного кольца, плоскость которого вертикальна, находится в самой верхней точке кольца (рис.). После щелчка по шарiku он начинает двигаться по кольцу. Причем в момент, когда пройденный им путь равен $1/8$ длины окружности, его ускорение направлено вправо от вертикали (см.рис.). Куда направлена в этот момент сила давления шарика на кольцо? Ответ обоснуйте, опираясь на известные законы физики, и сопроводите чертежом с указанием сил.



29. Клин с углом при основании, равным α , двигают по гладкой горизонтальной поверхности, прикладывая силу (рис.). При этом по клину с постоянной относительно клина скоростью соскальзывает вниз маленький брусок. Чему равен коэффициент трения между бруском и клином, если массы клина и бруска равны M и m соответственно.



30. В теплоизолированном сосуде находится $0,5$ кг воды при температуре 5°C . В сосуд бросают 10 кусочков льда по 50 г, взятых из морозильника, где температура -30°C . Сколько льда окажется в сосуде после установления теплового равновесия?

31. Конденсатор электроемкостью C подключили к источнику постоянного тока (рис.1), а затем отключили и вложили между пластинами диэлектрическую прокладку, полностью закрывающую нижнюю пластину и имеющую высоту, равную $2/3$ расстояния между пластинами (рис.2). Во сколько раз изменилась энергия, запасенная в конденсаторе после того, как между пластинами поместили прокладку, если ее диэлектрическая проницаемость равна 4 ?

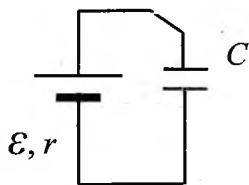


рис. 1

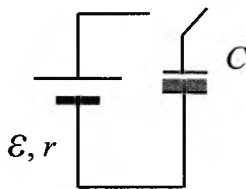


рис. 2

32. Какой заряд протечет по кольцу диаметром 30 см, изготовленному из медного провода диаметром $0,1$ мм, если его внести в однородное магнитное поле с индукцией $0,01$ Тл так, чтобы плоскость кольца оставалась перпендикулярной вектору магнитной индукции? Удельное электрическое сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом \cdot м.

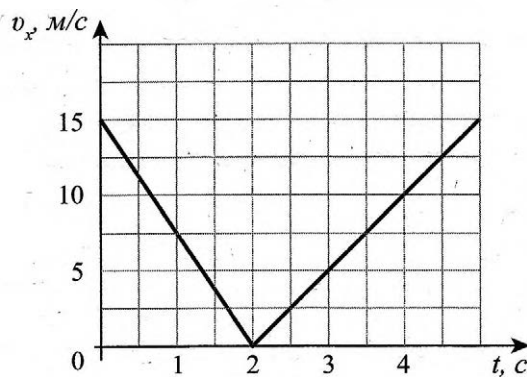
ВАРИАНТ 4

Часть 1

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

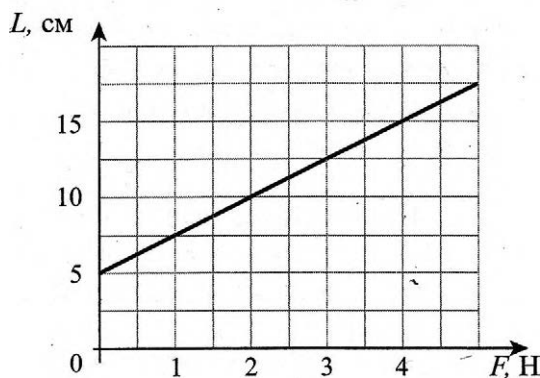
1. Найдите путь пройденный телом по прямой за время наблюдения, если график зависимости проекции скорости тела от времени показан на рисунке.

Ответ: _____ м



2. На рисунке приведен график зависимости длины пружины от приложенной к ее концу силы. Чему равна жесткость пружины?

Ответ: _____ Н/м

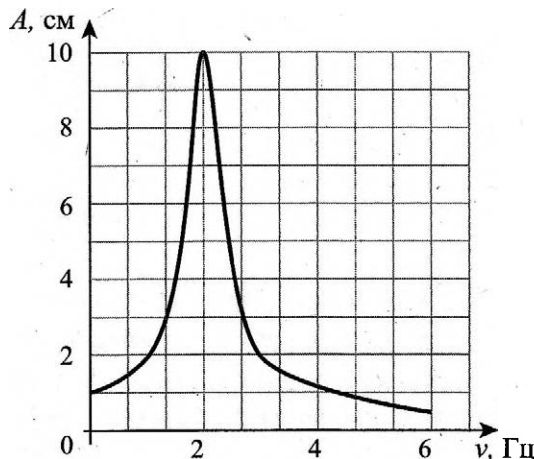


3. Максимальная потенциальная энергия шарика на нити относительно нижней точки его траектории в ходе колебаний равна 0,5 Дж. Чему равна длина нити, если максимальный угол отклонения нити от вертикали 60°, а масса шарика 100 г?

Ответ: _____ см

4. На рисунке приведена резонансная кривая для пружинного маятника. Какова жесткость пружины такого маятника, если резонанс изучался для груза массой 317 г? Ответ округлить до целых.

Ответ: _____ Н/м



5. Автомобиль движется равномерно по круглому мосту, радиус кривизны которого равен 40 м. Скорость автомобиля 36 км/ч, масса 1,5 т. Выберите два верных утверждения о характеристиках такого движения.

- 1) Центростремительное ускорение автомобиля равно примерно 130 м/с².
- 2) Сила воздействия моста на автомобиль меньше силы воздействия автомобиля на мост.
- 3) Сумма сил, действующих на автомобиль в верхней точке моста, направлена вертикально вниз.
- 4) Сила тяжести автомобиля равна 1500 Н.
- 5) Сила воздействия автомобиля на мост в верхней его точке равна 11250 Н.

О т в е т:

--	--

6. В экспериментах по изучению колебаний нитяного маятника используют два различных груза. При этом заменяют алюминиевый груз на железный того же объема. Длину нити и начальный угол отклонения нити от вертикали в обоих случаях сохраняют постоянными. Как при такой замене изменятся частота и скорость движения при прохождении положения равновесия маятника? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

Частота колебаний маятника	Скорость прохождения положения равновесия

7. Два бруска с массами m и M ($M > m$), движутся вдоль одной прямой по гладкой горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями v . Происходит их неупругое соударение. Установите соответствие между физическим величинами, характеризующими соударение, и формулами для их вычисления.

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

Физические величины	Формулы для расчета величин
А) Изменение кинетической энергии системы из двух брусков в ходе соударения	1) 0
Б) Кинетическая энергия бруска массой M после соударения	2) $\frac{(M + m)v^2}{2}$
	3) $\frac{M(M - m)^2 v^2}{2(M + m)^2}$
	4) $\frac{2Mmv^2}{M + m}$

О т в е т:

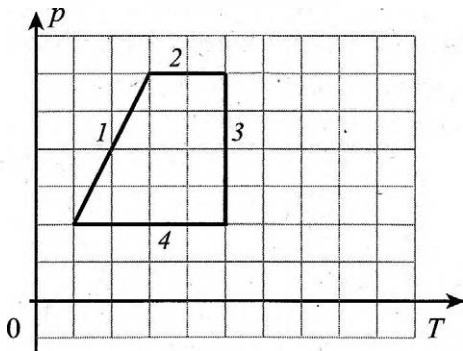
А	Б

8. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул идеального газа возросла в 4 раза при увеличении температуры до 527 °С. Какой была начальная температура газа?

Ответ: _____ К

9. На каком участке циклического процесса, в котором этапы реализуются в последовательности 1-2-3-4 (см. рис.), изменение внутренней энергии газа положительно и равно количеству теплоты, полученной газом на этом участке?

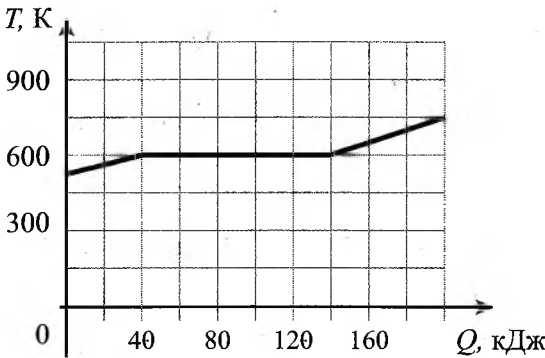
Ответ: _____



10. На рисунке представлен график зависимости температуры свинца от полученного количества теплоты.

Какое количество свинца было взято для нагревания?

Ответ: _____ кг



11. В таблице приведены данные о зависимости температуры твердого вещества от времени.

τ , мин	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
t , °C	32	82	92	142	192	232	232	232	232	232	232	232	272	322	372

Выберите два верных утверждения, соответствующих результатам эксперимента.

- 1) Процесс плавления вещества продолжался более 30 минут.
- 2) Теплоемкости вещества в твердом и жидком состояниях отличаются.
- 3) Через 40 минут наблюдения в сосуде находилось вещество и в жидком, и в твердом состояниях.
- 4) Температура плавления вещества 192 °C.
- 5) Через час нагревания вещество расплавилось наполовину.

О т в е т:

--	--

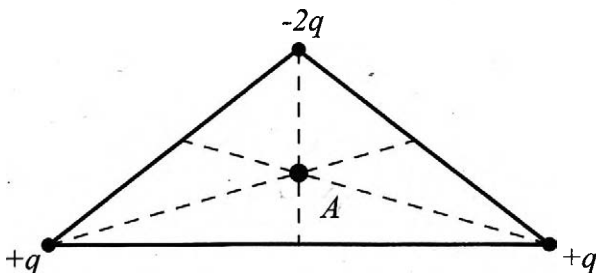
12. В тепловой машине, работающей по циклу Карно, температуру нагревателя оставляют неизменным, а температуру холодильника уменьшают. Как при этом изменятся КПД тепловой машины и количество теплоты, отданное рабочим телом за цикл холодильнику, если количество теплоты, получаемое рабочим телом от нагревателя в ходе цикла, осталось неизменным? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

КПД тепловой машины	Количество теплоты, отдаваемой рабочим телом холодильнику

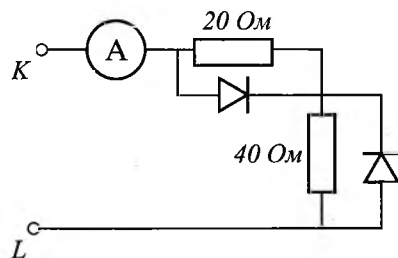
13. Куда направлена в точке A (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) напряженность электрического поля, созданного тремя точечными зарядами. Знаки и модули зарядов показаны на рисунке. Точка A является точкой пересечения медиан равнобедренного треугольника.



Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____

14. Электрическая схема состоит из двух последовательно соединенных резисторов, параллельно которым присоединены диоды (см. рис.). К точкам K и L цепи подключают источник постоянного тока первый раз так, что к точке K подключен положительный, а второй раз отрицательный полюс источника? Во сколько раз отличаются показания амперметра в этих двух случаях?



Ответ: в _____ раз (а)

15. Сила тока в катушке с индуктивностью 5 мГн равномерно нарастает за 2 с от 1 до 6 А . Чему равна ЭДС самоиндукции, генерируемая в этой катушке?

Ответ: _____ В

16. Горящую свечу перемещают вдоль оптической оси линзы с оптической силой $+10 \text{ дптр}$ так, что свеча остается перпендикулярной этой оси. Расстояние от свечи до плоскости линзы меняется от 50 до 10 см , при этом в каждом положении свечи, двигая экран, пытаются получить ее четкое изображение на экране.

Выберите два верных утверждения характеризующих положение свечи и характер ее изображения.

- 1) При начальном положении свечи на экране получают увеличенное перевернутое изображение.
- 2) При расстоянии от свечи до линзы, равном 20 см , экран находится также на расстоянии 20 см от линзы.
- 3) При всех перемещениях свечи в указанном диапазоне изображение получается мнимым.
- 4) При перемещении свечи от точки, удаленной от линзы на 25 см , к точке, удаленной на 15 см , изображение меняется с перевернутого на прямое.
- 5) При расположении свечи на расстоянии 10 см от линзы изображение ее на экране невозможно получить.

Ответ:

--	--

17. Траекторией движения протона со скоростью v в однородном магнитном поле является окружность радиусом R . Для того, чтобы по этой же траектории с той же скоростью могла в магнитном поле вращаться α -частица, пришлось изменить модуль индукции однородного магнитного поля. Как изменилась индукция магнитного поля и частота обращения частицы при замене протона на α -частицу?

Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

Модуль индукции магнитного поля	Частота обращения частицы по окружности того же радиуса

18. Пучок лазерного излучения с длиной волны λ и частотой ν из среды с показателем преломления n_1 входит в среду с показателем преломления n_2 . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими свет в двух средах, и формулами для их вычисления. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в ответ выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические величины	Формулы для расчета величин
А) Скорость света во второй среде	1) $\lambda n_2/n_1$
Б) Длина волны во второй среде	2) $\lambda n_1/n_2$
	3) $\lambda \nu n_1/n_2$
	4) $\lambda \nu n_2/n_1$

Ответ:

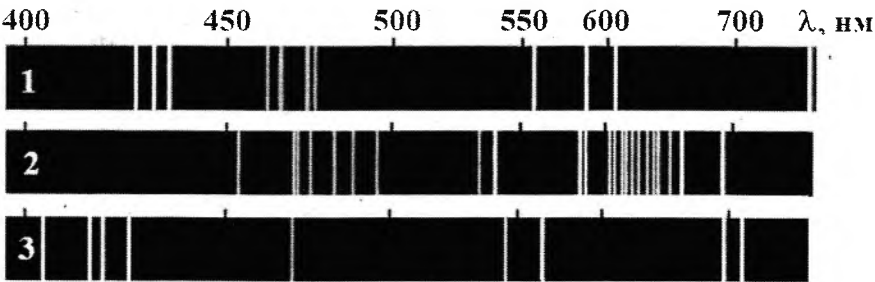
А	Б

19. Какое число электронов содержится в электронной оболочке нейтрального атома одного из изотопов хлора $^{35}_{17}\text{Cl}$ и каково число нейтронов в его ядре? В бланк ответов переносятся подряд только числа, указанные в таблице ответа, без пробелов и других дополнительных символов

Число электронов в электронной оболочке	Число нейтронов в ядре

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

20. На рисунке приведены спектры трех газообразных веществ в видимом диапазоне. Укажите номер вещества, который излучает фотоны с наименьшей энергией в пределах данного диапазона длин волн.



Ответ: _____

21. Как меняется число протонов и нейтронов в ядре в ходе позитронного β -распада?

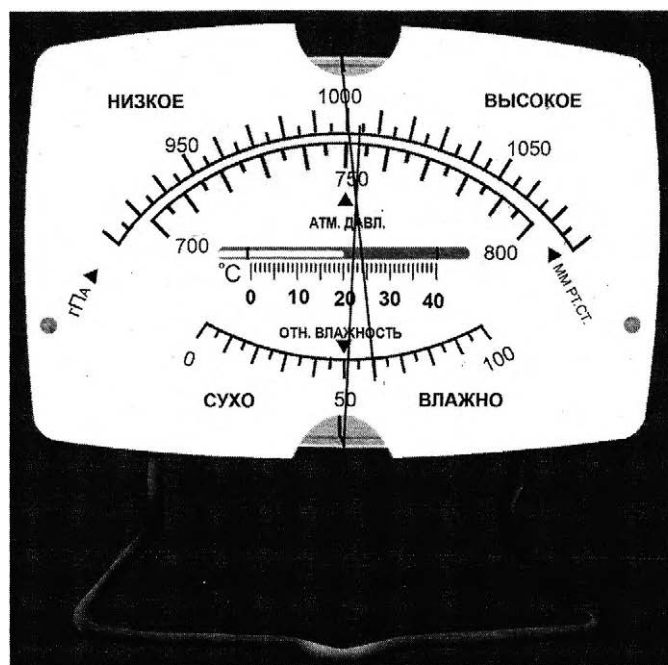
Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

Число протонов	Число нейтронов

22. Запишите значение относительной влажности, показываемой прибором, с учетом погрешности измерения, считая погрешность равной цене деления прибора. В бланк ответа переносятся в записанном порядке только числа без разделения их пробелом или другим знаком.



Ответ: (±) %

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

23. Ученику требуется показать, что сопротивление провода зависит от его длины. У него имеется 5 проводов, характеристики которых указаны в таблице. Какие из них следует взять для демонстрации данной зависимости?

Провод №	Материал	Диаметр, мм	Масса, г
1	Медь	0,1	0,7
2	Медь	0,2	2,8
3	Медь	0,2	5,6
4	Алюминий	0,1	0,2
5	Алюминий	0,2	0,8

24. В таблице приведены характеристики самых ярких звезд северного полушария.

	Звезда	Расстояние от Земли, световых лет	Радиус, радиусов Солнца	Масса, в массах Солнца	Спектральный класс
1	Арктур	36,7	25	1,5	К
2	Вега	25	2,8	2,1	А
3	Капелла	42,2	12,2	2,7	G
4	Процион А	11,4	1,9	1,5	F
5	Бетельгейзе	~530	1000	15	M
6	Альтаир	16,8	1,7	1,7	A
7	Альдебаран	65	43	2,5	K

Выберите все верные утверждения об этих звездах.

- 1) Звезда Процион А – ближайшая к Солнцу звезда во всей Вселенной.
- 2) Температура поверхности Бетельгейзе минимальна для приведенных в таблице звезд.
- 3) Звезда Альдебаран является оранжевым гигантом.
- 4) Звезда Вега имеет максимальную температуру поверхности для приведенных звезд, поэтому время ее пребывания на основной последовательности максимально.
- 5) Расстояние от Солнца до звезды Вега примерно 236 млрд. км.

Ответ:

--	--	--

Часть 2

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

25. Однородный стержень покоится у гладкой вертикальной стены, если угол между стеной и стержнем не превышает 30° . Чему равен коэффициент трения стержня о пол? Ответ округлить до десятых.

Ответ: _____

26. Идеальным вольтметром измеряют напряжение на батарейке. Оно оказывается равным 1,5 В. Когда батарейку замыкают на резистор с сопротивлением 2 Ом, то напряжение на батарейке падает до 1,0 В. Чему равно внутреннее сопротивление батарейки?

Ответ: _____ Ом

27. При наблюдении фотоэффекта фотокатод облучают монохроматическим светом с энергией фотонов 2,5 эВ. Чему равна при этом максимальная кинетическая энергия выбиваемых электронов, если при увеличении частоты излучения в 1,5 раза максимальная кинетическая энергия увеличивается в 2 раза?

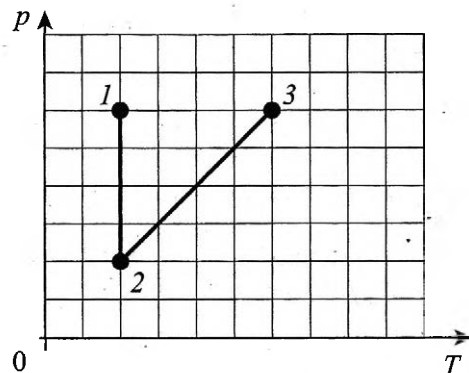
Ответ: _____ эВ

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

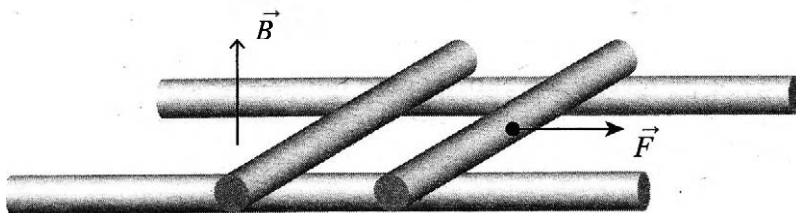
28. В свинцовый контейнер поместили α -радиоактивный изотоп металла и герметично закрыли. Через некоторое время, несмотря на поддержание температуры контейнера неизменной, давление в контейнере повысилось. Опираясь на известные вам законы, поясните, благодаря каким процессам стало возможным повышение давления в этом эксперименте.

29. В надувном бассейне плавает пластиковый мяч, надутый воздухом. К мячу прикреплена бечевка. Если бечевку потянуть вертикально вниз так, чтобы мяч погрузился целиком в воду, то уровень воды в бассейне повысится на 2 см. Какова сила натяжения бечевки после полного погружения мяча, если площадь дна бассейна 2 м^2 , а боковые стенки вертикальны?

30. Над одним молем аргона, находящегося при температуре 27°C , совершен процесс 1-2-3, показанный на рисунке. На участке 1-2 давление газа упало в 3 раза, при этом газ совершил работу $2,75 \text{ кДж}$. Чему равно количество теплоты, полученное газом в процессе 1-2-3?



31. На двух длинных параллельных горизонтальных направляющих перпендикулярно им расположены два коротких проводника массами по 25 г . Направляющие имеют малое электрическое сопротивление и находятся в однородном магнитном поле с индукцией $0,5 \text{ Тл}$. Расстояние между точками контакта проводников с направляющими равно 10 см , сопротивление проводников между этими точками $0,2 \text{ Ом}$. При воздействии на правый проводник горизонтальной силы F он движется равномерно. С какой скоростью относительно правого проводника движется левый, если коэффициент трения между проводниками и направляющими равен $0,2$?



32. Над линзой с фокусным расстоянием 5 см , плоскость которой горизонтальна, вращается светящийся шарик, подвешенный на нити. Точка подвеса шарика расположена на оптической оси линзы, плоскость вращения шарика горизонтальна и расположена на расстоянии 36 см от плоскости линзы. Чему равна скорость движения четкого изображения шарика на экране, расположенном ниже плоскости линзы перпендикулярно ее оптической оси, если длина нити 35 см и она при вращении шарика образует с вертикалью угол 30° ?

ВАРИАНТ 5

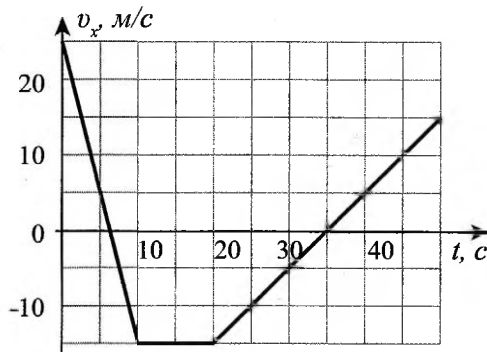
Часть 1

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

1. На рисунке представлена зависимость проекции скорости прямолинейного движения материальной точки вдоль оси Ox .

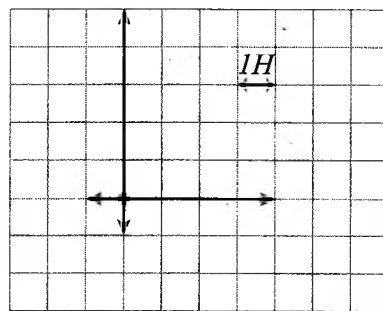
Чему равна проекция ускорения точки на ось Ox на 35 секунде наблюдения?

Ответ: _____ м/с²



2. На тело массой 250 г действуют 4 силы, изображенные на рисунке. Чему равно ускорение тела?

Ответ: _____ м/с²



3. Начальный импульс тела равен 5 кг·м/с, начальная кинетическая энергия 25 Дж. В результате действия силы импульс тела увеличился на 2 кг·м/с. На сколько джоулей возросла его кинетическая энергия?

Ответ: на _____ Дж

4. После падения камня в воду в 6 м от берега поплавков на поверхности воды совершает 10 колебаний за 5 секунд. При этом расстояние между гребнями волн 30 см. За какое время волна от места падения камня дойдет до берега?

Ответ: _____ с

5. В таблице приведена зависимость пути, пройденного электровозом по прямой в течение некоторого отрезка времени.

s, м	0	2,5	10	22,5	40	62,5	90
t, с	0	1	2	3	4	5	6

Выберите два верных утверждения, соответствующих приведенным данным.

- 1) Электровоз все время двигался равноускоренно.
- 2) Скорость электровоза в конце 6-й секунды составила 15 м/с.
- 3) Равнодействующая сил, действующих на электровоз, все время нарастала.
- 4) За 2 с электровоз разогнался до скорости 10 м/с.
- 5) В начальный момент времени электровоз имел ненулевую скорость.

Ответ:

--	--

6. Брусок толкают вверх по гладкой наклонной плоскости. Он некоторое время движется вверх, а затем начинает скользить вниз и соскальзывает до точки старта. Как при переходе от движения вверх к движению вниз меняются модуль ускорения груза и время его скольжения? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

Модуль ускорения груза	Время скольжения

7. Координата материальной точки массой 2 кг, движущейся прямолинейно, меняется по закону, описываемому в СИ уравнением $x(t) = 2 + 6t - 4t^2$. Поставьте в соответствие графики зависимостей величин, характеризующих движение, и названия этих зависимостей.

График	Название зависимости
<p>А)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Зависимость проекции равнодействующей сил на ось Ox от времени. 2) Зависимость проекции импульса тела на ось Ox от времени 3) Зависимость проекции скорости тела на ось Ox от времени 4) Зависимость проекции ускорения тела на ось Ox от времени
<p>Б)</p>	

Ответ:

А	Б

8. В процессе, совершаемом идеальным газом постоянной массы, концентрация молекул газа уменьшается в 4 раза, а его абсолютная температура растет в 5 раз. Чему равно отношение p_2/p_1 конечного и начального давлений газа?

Ответ: _____

9. Во сколько раз отличаются количество теплоты, полученное 1 г гелия в закрытом сосуде и количество теплоты, полученное 1 г свинца при нагревании их от 27 °C до 327 °C, если температура плавления свинца 327 °C? Ответ округлить до целых.

Ответ: _____

10. Плотность насыщенных водяных паров при 14 °C равна 12 г/м³, а при 30 °C – 30 г/м³. Чему равна относительная влажность воздуха при 30 °C, если при медленном охлаждении металлического предмета в этом воздухе до 14 °C на нем выпадает роса?

Ответ: _____ %

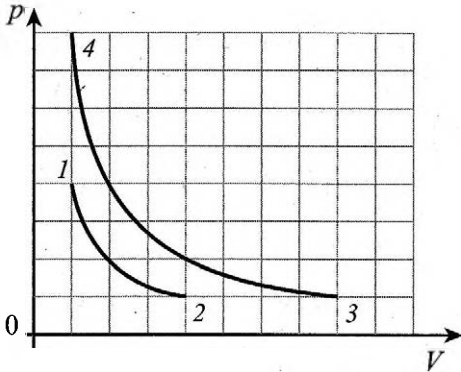
11. На рисунке показаны диаграммы двух процессов в координатах p - V .

Выберите два верных утверждения о характеристиках этих процессов.

- 1) Процесс 3-4 – это процесс изотермического расширения.
- 2) Температура на всех участках процесса 1-2 больше температуры на всех участках процесса 3-4.
- 3) Изменение внутренней энергии газа в процессе 3-4 положительно.
- 4) Изменение внутренней энергии газа в процессе 1-2 равно нулю.
- 5) Работа внешних сил в процессе 3-4 положительна.

О т в е т:

--	--



12. Газ имеет давление p , температуру T , молярную массу μ . Поставьте в соответствие физические величины и формулы, по которым их можно вычислить, если R – универсальная газовая постоянная, N_A – число Авагадро. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в ответ выбранные цифры под соответствующими буквами.

Физические величины	Формулы для вычисления
А) Плотность газа	1) $p\mu / RT$
Б) Средняя кинетическая энергия молекул газа	2) $3RT / 2$
	3) $3RT / 2N_A$
	4) $pN_A / \mu RT$

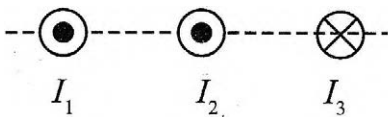
О т в е т:

А	Б

13. Куда направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) сила, действующая на проводник с током I_2 со стороны магнитного поля, созданного проводниками с токами I_1 и I_3 (рис).

Ответ запишите словом (словами).

Ответ: _____



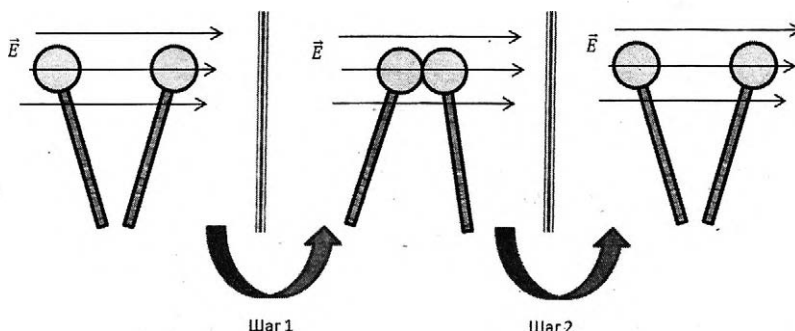
14. Ток в вакуумной лампе создается стационарным потоком электронов, движущихся от катода к аноду. За 2 с на анод поступает заряд, равный 3 Кл. Чему равна сила тока через эту лампу?

Ответ: _____ А

15. Светящаяся точка равномерно движется к плоскости зеркала со скоростью 5 см/с по прямой, образующей угол 30° к плоскости зеркала. С какой скоростью сокращается расстояние между источником света и его изображением?

Ответ: _____ см/с

16. В однородном электрическом поле приводят в соприкосновение (шаг 1), а затем разводят (шаг 2) сначала два стеклянных незаряженных шарика, а затем два медных шарика. При этом шарики закреплены на держателях из диэлектрика (рис.) и контакт шариков с другими телами исключен.



Выберите два верных утверждения, описывающих процессы в системе.

- 1) При соприкосновении как стеклянных, так и медных шаров электроны с одного шара перемещаются на второй.
- 2) В электрическом поле и стеклянные и медные шарики поляризованы.
- 3) После разведения шаров медные шары оказываются незаряженными, а стеклянные – заряженными.
- 4) В конце процесса правый медный шар заряжен положительно, а левый – отрицательно.
- 5) В конце процесса на правом стеклянном шаре избыток протонов, а на левом – избыток электронов.

О т в е т:

--	--

17. Две катушки намотаны на общий сердечник. На первую катушку подают переменное напряжение частоты ν и амплитудой U . Как изменятся амплитуда и частота колебаний напряжения во второй катушке, если, не меняя параметров первой катушки, во второй увеличить число витков. Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

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

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

Амплитуда колебаний напряжения во второй катушке	Частота колебаний напряжения во второй катушке

18. В идеальном колебательном контуре заряд на конденсаторе меняется по закону $q(t) = q_0 \cos(2\pi/T)$. Чему равны сила тока в момент времени t_1 , когда первый раз энергия конденсатора и катушки сравниваются, и максимальное значение силы тока? Поставьте в соответствие физические величины и формулы для их вычисления.

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

Физические величины	Формулы для вычисления
А) Сила тока через катушку в момент времени t_1 Б) Максимальная сила тока в катушке	1) $\frac{2\pi q_0}{T}$ 2) $\frac{2\pi\sqrt{2}q_0}{T}$ 3) $\frac{q_0}{2\pi T}$ 4) $\frac{\pi q_0\sqrt{2}}{T}$

Ответ:

А	Б

19. Укажите число протонов и нейтронов в ядре продукта позитронного β -распада изотопа сурьмы $^{114}_{51}\text{Sb}$. В бланк ответов переносятся подряд только числа, указанные в таблице ответа, без пробелов и других дополнительных символов

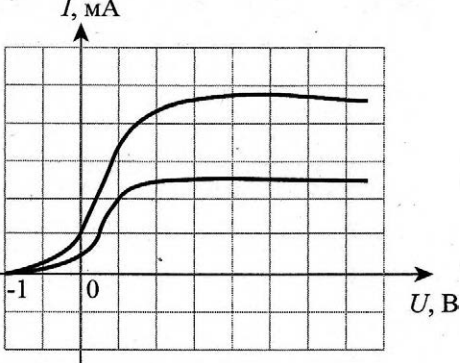
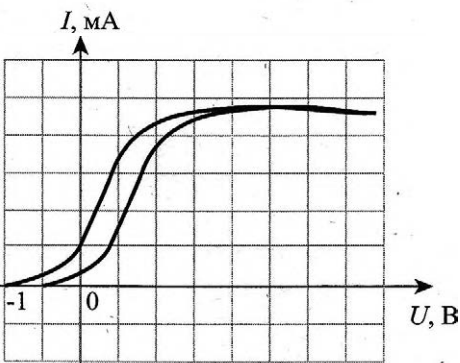
Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

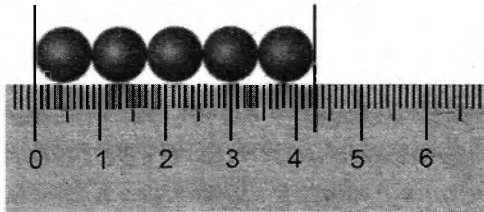
20. Свет лазера с длиной волны 600 нм попадает из воздуха в стекло с показателем преломления 1,5. Определите отношение энергий фотонов данного излучения в воздухе и в стекле.

Ответ:

21. Установите соответствие между графиками зависимостей, полученных при изучении фотоэффекта, и характеристиками проведения опыта, в которых были получены эти зависимости. Используемая во всех опытах длина волны излучения одинакова, также как число электронов, выбиваемых из разных материалов при падении на них 100 фотонов.

Зависимость фототока от напряжения между фотокатодом и анодом	Особенности проведения опыта
<p>А) </p> <p>Б) </p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Облучение разных фотокатодов при одинаковой интенсивности света. 2) Облучение одинаковых фотокатодов при разной интенсивности света. 3) Облучение разных фотокатодов при разной интенсивности света. 4) Облучение одинаковых фотокатодов при одинаковой интенсивности света.

22. Запишите значение диаметра шарика, измеренного методом рядов. Погрешность измерения линейкой считать равной цене деления прибора. В бланк ответа переносятся в записанном порядке только числа без разделения их пробелом или другим знаком



Ответ: (_____ ± _____) мм

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

23. Имеются 5 плат, на которых спаяны 5 колебательных контуров, содержащих различные емкости и индуктивности.

- Плата №1: $L=2 \text{ мГн}$; $C=1 \text{ мкФ}$.
- Плата №2: $L=0,5 \text{ мГн}$; $C=0,5 \text{ мкФ}$.
- Плата №3: $L=2 \text{ мГн}$; $C=3 \text{ мкФ}$.
- Плата №4: $L=1 \text{ мГн}$; $C=1 \text{ мкФ}$.
- Плата №5: $L=1 \text{ мГн}$; $C=2 \text{ мкФ}$.

Укажите номера двух плат, которые следует взять, чтобы обнаружить зависимость частоты собственных колебаний от индуктивности катушки.

Ответ:

--	--

24. В таблице приведены основные параметры планет Солнечной системы.

Планета	Звездный период обращения, годы	Среднее расстояние от Солнца, млн. км	Наклонение оси вращения к эклиптике	Масса (в массах Земли)
Меркурий	0,241	58	90°	0,06
Венера	0,615	108	267°	0,82
Земля	1,000	150	67°	1,00
Марс	1,881	228	65°	0,11
Юпитер	11,86	778	87°	318
Сатурн	29,46	1426	65°	95,1
Уран	84,01	2869	188°	14,5
Нептун	164,8	4496	60°	17,3

Выберите все верные утверждения, соответствующие таблице.

- 1) После лишения Плутона статуса планеты размер солнечной системы сократился до 30 а.е.
- 2) На Марсе не наблюдается смены сезонов (зима-лето) в течение марсианского года.
- 3) Минимальное расстояние от Земли до ближайшей планеты 42 млн км.
- 4) Радиус орбиты вращения Меркурия вокруг Солнца примерно в 150 раз больше радиуса орбиты вращения Луны вокруг Земли.
- 5) Солнечный свет летит до Нептуна около 2 часов.

Ответ:

--	--	--

Часть 2

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

25. Два шара одинакового размера висят на вертикальных нитях одинаковой длины, касаясь друг друга. Шар массой m_1 отводят в сторону на высоту h и отпускают. После удара о второй шар массой m_2 движущийся шар останавливается, а второй – поднимается на высоту $h/4$. Чему равно отношение масс шаров m_2/m_1 , испытывающих такой «частично неупругий» удар?

Ответ: _____

26. С 1 л аргона, находящегося в сосуде с давлением 100 кПа, реализуют процесс, при котором давление растёт прямо пропорционально объёму. При этом объём увеличивается в 3 раза. Чему равно изменение внутренней энергии газа в таком процессе?

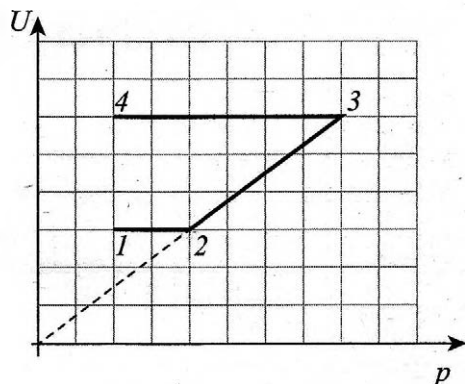
Ответ: _____ Дж

27. За 10 с облучения детектора светом лазера с длиной волны 600 нм на детектор поступает энергия, равная $1,32 \times 10^{-12}$ Дж. Сколько фотонов в секунду падает на детектор?

Ответ: _____

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

28. На рисунке приведена зависимость внутренней энергии определенной массы идеального газа от давления. Постройте график процесса в координатах p - V , соблюдая масштаб, и укажите, на каком из участков работа газа максимальна по модулю.

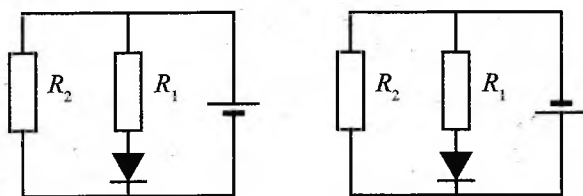


29. Два кубика массами m и $m/2$ лежат на гладкой горизонтальной плоскости и скреплены пружиной длиной L и жесткостью k (рис.). На легкий кубик массой $m/2$ налетает со скоростью v такой же кубик массой $m/2$ и прилипает к нему. До какой минимальной длины сожмется пружина в ходе дальнейшего движения системы по прямой, проходящей через ось пружины?



30. Днем при температуре 25°C , атмосферном давлении 100 кПа и относительной влажности воздуха 80% пустой бак размерами $6\text{ м} \times 4\text{ м} \times 2\text{ м}$ герметично закрывают. Сколько воды можно слить из бака ночью, если температура воздуха снизится до 10°C ? Давление насыщенного пара при 10° и 25° равно $1,23\text{ кПа}$ и $3,17\text{ кПа}$ соответственно.

31. Диод и два резистора подключены к источнику тока двумя способами (рис.). Как отличаются мощности, выделяющиеся на внешней части цепи, при таких способах подключения? Отношение сопротивлений резисторов и внутреннего сопротивления источника r задается соотношением $R_2 : R_1 : r = 4 : 2 : 1$.



32. Радиоприемник настроен на прием радиостанции, работающей на частоте $0,6\text{ МГц}$. В колебательном контуре приемника использована катушка с индуктивностью 3 мкГн . В ходе приема в плоском конденсаторе с расстоянием между пластинами $0,5\text{ мм}$ возникает электрическое поле с максимальной напряженностью 6 В/м . Каково при этом значение максимальной силы тока, протекающего через катушку индуктивности?

Часть IV

ОТВЕТЫ

ОТВЕТЫ К ТРЕНИРОВОЧНЫМ ЗАДАНИЯМ ТИПА №1-27 КИМ ЕГЭ

№ задания	Ответ
1.1	20
1.2	8
1.3	2,5
1.4	2,5
1.5	6
1.6	34
1.7	5
1.8	34 или 43
1.9	12,5
1.10	13
1.11	0,125
1.12	35
1.13	13
1.14	10
1.15	2
1.16	200
1.17	3
1.18	40
1.19	23 или 32
1.20	45 или 54
1.21	500
1.22	9,2
1.23	23
1.24	5
1.25	323
1.26	31
1.27	12 или 21
1.28	33
1.29	35 или 53
1.30	4
2.1	2
2.2	1
2.3	500
2.4	280
2.5	22,5
2.6	2
2.7	125
2.8	16
2.9	0,08
2.10	1
2.11	5
2.12	5
2.13	4
2.14	3

№ задания	Ответ
2.15	3
2.16	0,5
2.17	1
2.18	0,2
2.19	1,5
2.20	4,33
2.21	1
2.22	14
2.23	31 или 13
2.24	13
2.25	24 или 42
2.26	10
2.27	31
2.28	100
2.29	3
2.30	24
2.31	3400
2.32	121
2.33	21
2.34	42
2.35	0,6
2.36	0,7
2.37	1,53
2.38	8
2.39	1,5
2.40	2
2.41	4
2.42	5
2.43	0,25
2.44	5
2.45	20
2.46	1,5
2.47	0,5
2.48	5
2.49	18
2.50	700
2.51	1,5
2.52	33
2.53	22
2.54	25 или 52
2.55	14
2.56	25 или 52
3.1	31
3.2	23

№ задания	Ответ
3.3	0
3.4	1
3.5	0,15
3.6	2
3.7	2
3.8	0
3.9	6
3.10	2
3.11	0,9
3.12	500
3.13	36
3.14	250
3.15	34
3.16	23
3.17	24
3.18	450
3.19	9
3.20	15
3.21	75
3.22	41
3.23	32
3.24	31
3.25	31
3.26	14
3.27	25
3.28	82500
3.29	144
3.30	313
3.31	30000
3.32	1,5
3.33	0,08
3.34	3
3.35	223
3.36	233
3.37	35 или 53
3.38	121
4.1	43
4.2	0,03
4.3	121
4.4	211
4.5	323
4.6	45 или 54
4.7	0,3
4.8	35 или 53

№ задания	Ответ
4.9	41
4.10	41
4.11	23
4.12	0,25
4.13	0,25
4.14	14
4.15	25
4.16	1,57
4.17	3
4.18	0,2
4.19	14
4.20	15 или 51
4.21	14 или 41
4.22	0,68
4.23	4
4.24	1000
4.25	131
5.1	32
5.2	45 или 54
5.3	25 или 52
5.4	41
5.5	33
5.6	4
5.7	2
5.8	6
5.9	250
5.10	10
5.11	3
5.12	41
5.13	200
5.14	1,25
5.15	20
5.16	320
5.17	120
5.18	32
5.19	0
5.20	1,5
5.21	0,5
5.22	12
5.23	34
5.24	0,325
5.25	23
5.26	3
5.27	2,5

№ задания	Ответ
5.28	0,2
5.29	23
5.30	600
5.31	4
5.32	23
5.33	4
5.34	12
6.1	80
6.2	5050
6.3	500
6.4	-200
6.5	-5
6.6	123
6.7	-4
6.8	5
6.9	31
6.10	3
6.11	321
6.12	32
6.13	42
6.14	20
6.15	50000
6.16	20
6.17	232
6.18	31
6.19	2,5
6.20	23
6.21	60
6.22	300
6.23	1000
6.24	4
6.25	1,5
6.26	4
6.27	4155
6.28	2
6.29	15
6.30	20
6.31	41
6.32	24
6.33	45 или 54
6.34	13 или 31
6.35	14
6.36	34 или 43
6.37	200
6.38	1800
6.39	24
6.40	14
6.41	45 или 54
6.42	240
6.43	20
6.44	32
6.45	31

№ задания	Ответ
6.46	25
6.47	1,1
6.48	212
6.49	12
6.50	11
6.51	64
7.1	14
7.2	23 или 32
7.3	4
7.4	132
7.5	13
7.6	1,8
7.7	2500
7.8	2
7.9	1
7.10	2
7.11	22
7.12	45 или 54
7.13	13 или 31
7.14	0
7.15	90
7.16	8,3
7.17	35 или 53
7.18	90
7.19	100
7.20	65
7.21	6,9
7.22	100
7.23	14 или 41
7.24	1,8
7.25	43
7.26	31
7.27	49
7.28	15 или 51
7.29	14 или 41
7.30	23 или 32
8.1	15 или 51
8.2	33
8.3	24 или 42
8.4	0,25
8.5	256
8.6	14 или 41
8.7	24
8.8	14 или 41
8.9	влево
8.10	влево
8.11	вправо
8.12	4
8.13	3
8.14	-3
8.15	-3
8.16	1

№ задания	Ответ
8.17	вниз
8.18	вправо
8.19	2
8.20	21
8.21	21
8.22	32
8.23	32
8.24	14 или 41
8.25	0,5
8.26	15 или 51
8.27	33
8.28	0,5
8.29	40
8.30	8
8.31	321
8.32	0,5
8.33	223
8.34	12 или 21
8.35	4
8.36	32
9.1	31
9.2	245
9.3	4
9.4	7
9.5	5,8
9.6	1,00,2
9.7	61
9.8	2
9.9	21
9.10	41
9.11	24
9.12	22
9.13	0,78
9.14	4
9.15	24
9.16	4
9.17	5
9.18	3
9.19	8
9.20	4
9.21	2
9.22	0,3
9.23	6
9.24	7
9.25	13
9.26	45
9.27	60
9.28	21
9.29	34
9.30	44
9.31	132
9.32	0,72

№ задания	Ответ
9.33	23 или 32
9.34	23 или 32
9.35	12 или 21
9.36	13
9.37	23
9.38	80
10.1	31
10.2	14
10.3	вниз
10.4	от наблюдателя
10.5	вправо
10.6	45 или 54
10.7	10
10.8	от наблюдателя
10.9	к наблюдателю
10.10	вниз
10.11	вниз
10.12	0,5
10.13	42
10.14	121
10.15	22
10.16	131
10.17	22
10.18	2
10.19	11
10.20	3680
10.21	1
10.22	вверх
10.23	24
10.24	45 или 54
10.25	35 или 53
10.26	13 или 31
10.27	4
10.28	влево
10.29	8
10.30	2
10.31	32
10.32	1
10.33	24 или 42
10.34	1
10.35	0,628
10.36	вправо
10.37	0,6
10.38	1
10.39	24 или 42
10.40	1,25
10.41	31
10.42	3
10.43	0,25

№ задания	Ответ
10.44	45 или 54
10.45	9
10.46	9
10.47	45 или 54
10.48	23 или 32
11.1	45 или 54
11.2	42
11.3	0,5
11.4	4
11.5	2
11.6	0,5
11.7	22
11.8	31
11.9	311
11.10	0,0025
11.11	32
11.12	2
11.13	13
11.14	43
11.15	1
11.16	3
11.17	14 или 41
11.18	12 или 21
11.19	23 или 32
11.20	15 или 51
11.21	21
11.22	45 или 54
11.23	198
11.24	0,001
11.25	0,3
12.1	1,5
12.2	80
12.3	20
12.4	35 или 53
12.5	70
12.6	3
12.7	32
12.8	1,5
12.9	2,4
12.10	12
12.11	14 или 41
12.12	12
12.13	3
12.14	17
12.15	3
12.16	2
12.17	32
12.18	32
12.19	22
12.20	7,5
12.21	12
12.22	21

№ задания	Ответ
12.23	0,14
12.24	12
12.25	11
12.26	13
12.27	4
12.28	0,25
12.29	23 или 32
12.30	20
13.1	34 или 43
13.2	12
13.3	34 или 43
13.4	32
13.5	311
13.6	24
13.7	41
13.8	2
13.9	231
13.10	25 или 52
13.11	3
13.12	14
13.13	22
13.14	24 или 42
13.15	2
13.16	500
13.17	31
13.18	35 или 53
13.19	15
13.20	7
14.1	25 или 52
14.2	33
14.3	22
14.4	15 или 51
14.5	840000
14.6	34 или 43
14.7	56,25
15.1	15 или 51
15.2	23 или 32
15.3	1
15.4	45
15.5	4
15.6	4,5
15.7	10
15.8	41
15.9	23 или 32
15.10	25 или 52
15.11	3
15.12	600
15.13	2
15.14	54
15.15	15 или 51
15.16	2,75
15.17	24 или 42

№ задания	Ответ
15.18	0,8
15.19	0,4
15.20	1,7
15.21	211
15.22	12
15.23	13
15.24	24
15.25	2,4
15.26	42
15.27	22
15.28	25 или 52
15.29	5,7
15.30	13 или 31
15.31	1
15.32	13
15.33	4,09
15.34	1,6
15.35	20,88
15.36	774
15.37	10,2
15.38	0,5
15.39	1
15.40	31
15.41	2
15.42	31
15.43	3
15.44	600
15.45	35 или 53
15.46	15 или 51
16.1	15 или 51
16.2	1918
16.3	31
16.4	213
16.5	12
16.6	13
16.7	14 или 41
16.8	35 или 53
16.9	25 или 52
16.10	45 или 54
16.11	1531
16.12	52
16.13	92234
16.14	51
16.15	4356
16.16	89227
16.17	12
16.18	22
16.19	45 или 54
16.20	510
16.21	12
16.22	77
16.23	нейтрон

№ задания	Ответ
16.24	60
16.25	750
16.26	7,5
16.27	23
16.28	32
16.29	1
16.30	12
16.31	0,05
16.32	18,75
16.33	13
16.34	13
16.35	23
16.36	13 или 31
16.37	1434
16.38	34 или 43
16.39	3
16.40	13
16.41	нейтрон
16.42	34 или 43
16.43	23
16.44	34
17.1	0,5
17.2	6145
17.3	14
17.4	13 или 31
17.5	23 или 32
17.6	12 или 21
17.7	15 или 51
17.8	35 или 53
17.9	14 или 41
17.10	25 или 52
17.11	0,87
17.12	2
17.13	45 или 54
17.14	15 или 51
17.15	23 или 32
17.16	45 или 54
17.17	23 или 32
17.18	14 или 41
17.19	45 или 54
17.20	34 или 43
17.21	34 или 43
17.22	25 или 52
17.23	13 или 31
18.1	25 или 52
18.2	13 или 31
18.3	24 или 42
18.4	45
18.5	35
18.6	21
18.7	12
18.8	25 или 52

№ задания	Ответ
18.9	24 или 42
18.10	13
18.11	13
18.12	1,60,1
18.13	1,70,1
18.14	461
18.15	1,20,1
18.16	7,500,25
18.17	100,40,1
18.18	7533

№ задания	Ответ
18.19	1,60,1
18.20	0,500,05
18.21	23 или 32
18.22	23 или 32
18.23	0,700,05
18.24	0,2500,002
18.25	13 или 31
18.26	1,200,01
18.27	164
18.28	15 или 51

№ задания	Ответ
18.29	1
18.30	35
18.31	0,4
18.32	4
18.33	14 или 41
18.34	45 или 54
18.35	45 или 54
18.36	3600
18.37	3
18.38	15 или 51

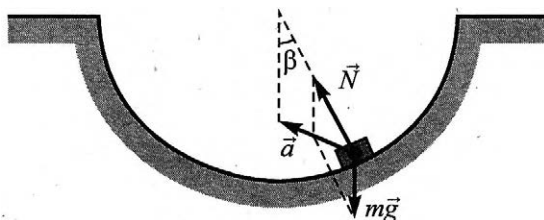
№ задания	Ответ
18.39	111
18.40	32
18.41	15 или 51
18.42	23 или 32
18.43	21
18.44	43
18.45	231
18.46	21

**Ответы и указания к заданиям,
требующим развернутого ответа на качественный вопрос
(задание № 28 в варианте КИМ ЕГЭ)**

Приводимые ниже ответы и указания, за редким исключением, не являются полными развернутыми ответами, как того требует формат задания № 28 в КИМ ЕГЭ. Поэтому их нельзя рассматривать как образцы оформления таких заданий. Во многих заданиях уместно не только упомянуть название закона, но привести его формульную формулировку, не просто отметить, что контролируемая величина изменится, но и вывести формулу, соответствующую этому изменившемуся значению величины, если на рисунке или в условии имеются физические величины, необходимые для такого расчета.

В заданиях, требующих построения векторов, графиков необходимо перерисовать чертеж из условия в бланк № 2 и провести построения на этом чертеже, поскольку после оглашения результатов вам будут доступны в Интернет только листы бланка № 2, по которым Вы сможете проанализировать свои ошибки и, возможно, апеллировать выставленные за задание баллы.

1. В промежуточной точке скорость шайбы $v \neq 0$, поэтому у шайбы есть центростремительное ускорение $a_{\text{цс}} \neq 0$, направленное к центру окружности, по которой движется шайба.

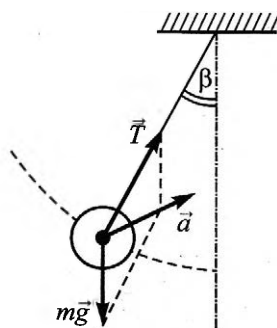


У шайбы есть касательная составляющая ускорения $a_{\text{т}} \neq 0$, так как в этот момент шайба замедляется. Согласно второго закона Ньютона проекция ускорения на направление касательной по модулю равна $g \sin \beta$ и направлена против вектора скорости (в сторону нижней точки траектории).

Значит общий вектор ускорения шарика $\vec{a} = \vec{a}_{\text{цс}} + \vec{a}_{\text{т}}$ направлено внутрь сферической поверхности левее направления силы \vec{N} .

Равнодействующая двух сил должна быть направлена по вектору \vec{a} , поэтому вектор \vec{N} должен быть достаточно длинным по сравнению с вектором силы тяжести.

2. Рассуждения аналогичны рассуждениям к заданию 1.



3. Количество газа в первом сосуде увеличилось. Следует применить закон Дальтона и уравнение Менделеева–Клапейрона.

4. Уровень ртути в закрытом колене трубки понизится, а в открытом повысится. При увеличении температуры в комнате воздух в закрытом колене начнет прогреваться, его давление увеличится.

5. Количество вещества в первой порции газа больше, чем во второй. Используем уравнение Менделеева–Клапейрона.

6. Давление газа на участке 1–2 увеличивалось, на участке 2–3 не изменялось, на участке 3–4 увеличивалось. Для анализа используем уравнение Менделеева–Клапейрона.

7. Возможное решение

1) Определим температуру T_2 конечного состояния газа. Запишем уравнение Клапейрона–Менделеева для газа в состояниях 1 и 2:

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0, \\ 2p_0 2V_0 = \nu R T_2, \end{cases}$$

откуда $T_2 = 4T_0$.

2) Рассмотрим силы, приложенные к поршню, когда он уже не опирается на выступы на стенках цилиндра. Сила тяжести $m\vec{g}$ и сила давления на поршень со стороны атмосферы $\vec{F}_{\text{атм}}$ постоянны. Поскольку поршень перемещается медленно, сумму приложенных к нему сил считаем равной нулю. Отсюда следует, что сила давления на поршень со стороны газа $\vec{F}_{\text{газа}}$ тоже постоянна. Значит, её модуль $\vec{F}_{\text{газа}} = pS = \text{const}$ (S – площадь горизонтального сечения поршня) при любом положении поршня выше первоначального. Таким образом, $p = 2p_0 = \text{const}$ при $V_0 < V \leq 2V_0$, процесс нагревания газа изобарный ($V/T = \text{const}$). Определим температуру начала этого процесса T_H :

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0, \\ 2p_0 V_0 = \nu R T_H, \end{cases}$$

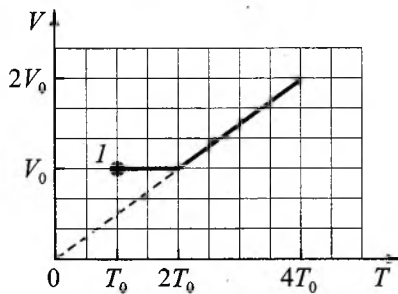
откуда $T_H = 2T_0$.

3) На отрезке температур $T_0 \leq T \leq 2T_0$ процесс нагревания газа изохорный ($V = V_0$), давление газа с ростом его температуры при нагревании увеличивается от p_0 до $2p_0$.

О т в е т: а) при $T_0 \leq T \leq 2T_0$, $V = V_0 = \text{const}$;

б) при $2T_0 \leq T \leq 4T_0$ объём газа меняется от V_0 до $2V_0$ по закону $V/T = \text{const}$.

График, изображающий зависимости из п. а) и б), представляет собой ломаную линию (см. рисунок).



8. Поршень сдвинется вверх. Температура газа в сосуде понизится. Используем второй закон Ньютона для поршня, движущегося с ускорением вниз, и закономерности адиабатного расширения.

9. Переход газа из состояния 1 в состояние 3 все время сопровождается увеличением его объема. Используем первый закон термодинамики и показываем, что на обоих участках работа газа положительна.

10. Возможное решение.

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

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

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

Ответ: $Q_{12} < 0$; $Q_{23} < 0$

11. На участке 1–2 газ получает некоторое количество теплоты, так же как на участке 2–3. Учитывая, что неизменная концентрация соответствует изохорному процессу с увеличением давления, то есть увеличению внутренней энергии без совершения работы. Уменьшение концентрации соответствует увеличению объема, то есть процесс 2–3 это изобарное расширение.

12. Очки запотевают, если их температура или температура на улице будет удовлетворять условию выпадения росы при заданном парциальном давлении водяного пара в комнате. Если относительная влажность в комнате 50%, значит парциальное давление водяных паров составляет половину давления насыщенного пара при этой температуре, т.е. 1,32 кПа. Очки запотеют, если температура на улице соответствует такому (или ниже) давлению насыщенного водяного пара. По таблице находим, что температура не выше 10 °C.

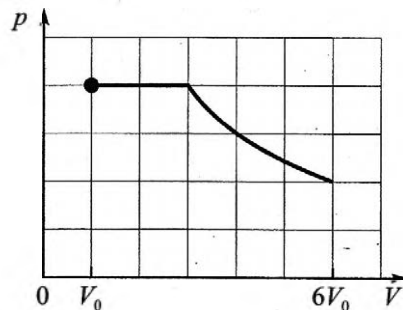
13. Расширение пузырьков пара в жидкости (начало закипания) возможно только в том случае, когда давление этого пара p равно давлению столба жидкости вблизи дна сосуда, где обычно начинается кипение: $p = p_{\text{атм}} + \rho gh$. В сосуде $\rho gh \ll p_{\text{атм}}$, поэтому условие возникновения кипения $p = p_{\text{атм}}$. Следовательно, чтобы вода закипела при 40 °C, в соответствии с графиком давление воздуха под колоколом необходимо снизить до 70 гПа.

14. Возможное решение

В начальном состоянии над водой находится насыщенный водяной пар, так как за длительное время в системе установилось термодинамическое равновесие. Пока в цилиндре остается вода, при медленном изотермическом расширении пар остается насыщенным. Поэтому график $p(V)$ будет графиком константы, т.е. отрезком горизонтальной прямой. Количество воды в цилиндре при этом убывает. При комнатной температуре концентрация молекул воды в насыщенном паре ничтожна по сравнению с концентрацией молекул воды в жидком агрегатном состоянии. Масса воды в два раза больше массы пара. Поэтому, во-первых, в начальном состоянии насыщенный пар занимает объём, практически равный V_0 . Во-вторых, чтобы вся вода испарилась, нужно объём под поршнем увеличить ещё на $2V_0$. Таким образом, горизонтальный отрезок описывает зависимость $p(V)$ на участке от V_0 до $3V_0$.

При $V > 3V_0$ под поршнем уже нет жидкости, все молекулы воды образуют уже ненасыщенный водяной пар, который можно на изотерме описывать законом Бойля–Мариотта: $pV = \text{const}$, т. е. $p \sim 1/V$. Графиком этой зависимости служит гипербола.

Таким образом, на участке от V_0 до $3V_0$ давление под поршнем постоянно (давление насыщенного пара на изотерме). На участке от $3V_0$ до $6V_0$ давление под поршнем подчиняется закону Бойля–Мариотта. На участке от V_0 до $3V_0$ график $p(V)$ – горизонтальный отрезок прямой, на участке от $3V_0$ до $6V_0$ – фрагмент гиперболы.



15. Парциальное давление пара увеличится ($p = nkT$), относительная влажность уменьшится (парциальное давление паров с ростом температуры растет медленнее, чем давление насыщенных паров воды).

16. Под действием электрического поля пластины произойдет поляризация гильзы. Та ее сторона, которая ближе к пластине зарядится отрицательно, а противоположная сторона – положительно. По закону Кулона сила взаимодействия заряженных тел уменьшается с ростом расстояния между ними, притяжение к пластине левой стороны гильзы будет больше отталкивания правой стороны. Поэтому гильза будет притягиваться к пластине, пока не коснется ее. В момент касания гильза зарядится положительно, так как часть электронов перейдет с гильзы на положительно заряженную пластину. Положительно заряженная гильза оттолкнется от одноименно заряженной пластины. Гильза отклонится вправо и зависнет в положении, когда равнодействующая сил тяжести, натяжения нити и электростатического отталкивания не станет равна нулю.

17. Возвращающая сила, действующая на шарик, увеличится, шарик быстрее будет возвращаться к положению равновесия, а значит, частота свободных колебаний маятника увеличится.

$$v_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}; \quad v_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{l}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g + Eq/m}{l}}.$$

18. Шарик начнёт двигаться вверх, а затем он будет колебаться между верхней и нижней пластинами.

19. Разность потенциалов $\Delta\varphi = q/C$ увеличивается, и угол отклонения стрелки электрометра увеличивается. Стрелка и стержень электрометра, соединённые с нижней пластиной, но изолированные от корпуса, заряжаются положительно, и стрелка отклоняется на некоторый угол. В верхней пластине и металлическом корпусе электрометра происходит перераспределение свободных электронов таким образом, что верхняя пластина заряжается отрицательно. Заряды пластин одинаковы по модулю и противоположны по знаку, пластины образуют конденсатор с ёмкостью $C = (\epsilon_0 \epsilon S)/d$, где S – площадь перекрытия пластин, d – расстояние между ними, ϵ – диэлектрическая проницаемость диэлектрика между пластинами. При уменьшении площади перекрытия пластин ёмкость конденсатора уменьшается, заряд конденсатора практически не меняется, так как его ёмкость много больше ёмкости системы «корпус + стрелки электрометра», а нижняя пластина вместе со стрелкой и стержнем электрометра образуют изолированную систему заряженных тел. Характер изменения угла отклонения стрелки совпадает с изменением разности потенциалов между пластинами.

20. *Возможное решение.*

1) Заряд Q , сообщённый пластине, соединённой со стержнем электрометра, распределяется так, что их потенциалы оказываются одинаковыми. При этом практически весь заряд Q оказывается на пластине.

2) На заземлённом корпусе электрометра и второй пластине возникают индуцированные заряды противоположного знака, при этом заряд пластины равен Q по модулю.

3) Разность потенциалов между пластинами зависит от модуля зарядов на пластинах и емкости конденсатора $U = \frac{Q}{C}$.

4) Извлечение пластины из диэлектрика уменьшает ёмкость конденсатора, так как $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$.

5) Суммарный заряд стержня электрометра и соединённой с ним пластины не изменяется, так как эта система тел электроизолирована. При этом заряд пластины остаётся практически равным Q . Поэтому разность потенциалов между пластинами после извлечения диэлектрика увеличивается: $U = \frac{Q}{C'}$, что приведёт к увеличению угла отклонения стрелки.

Ответ: угол отклонения стрелки уменьшится

21. Показания амперметра станут отличными от нуля, а показания вольтметра уменьшатся. До замыкания ключа амперметр и вольтметр показывают, соответственно, нулевой ток и ЭДС источника. Замыкание ключа вызовет появление тока в цепи, поэтому показания вольтметра уменьшатся $U = \mathcal{E} - Ir$ (закон Ома для полной цепи).

22. Лампа в схеме на рис. а вспыхнет ярче. У конденсатора на рис. б расстояние между пластинами d больше, следовательно, его ёмкость меньше: $C_2 < C_1$, а значит, и энергия, накопленная в нём, будет меньше: $W_2 < W_1$.

23. Показания вольтметра при перемещении движка реостата остаются неизменными. Сопротивление идеального вольтметра считается бесконечно большим. Поэтому ток через реостат при любом положении его движка равен нулю; и, следовательно, напряжение на выводах реостата $U_{\text{реостата}} = I_{\text{реостата}} R_{\text{реостата}} = 0$. Таким образом, показания вольтметра при любом положении движка реостата равны напряжению на резисторе R .

24. При перемещении движка реостата вправо его сопротивление увеличивается, что приводит к увеличению полного сопротивления цепи. Сила тока в цепи при этом уменьшается, а напряжение на батарее растёт.

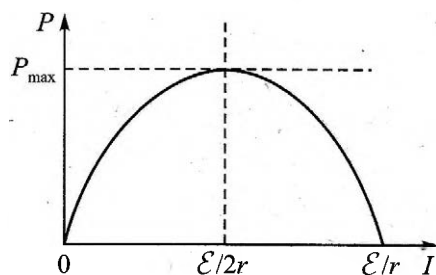
25. По проводнику течёт постоянный ток, поэтому по закону Ома для участка цепи $U = IR$. Сопротивление любой части проводника R определяется соотношением $R = \rho x/S$, где x – длина той части проводника, на которой определяется напряжение; ρ – удельное сопротивление проводника; S – площадь поперечного сечения этой части проводника. При $0 < x < l_1$ напряжение пропорционально длине участка; значит, площадь поперечного сечения проводника постоянна. При $l_1 < x < l_2$ напряжение также линейно зависит от длины участка; значит, площадь поперечного сечения проводника на этом участке тоже постоянна. Однако показания вольтметра на этом участке проводника увеличиваются медленнее, чем на первом, поэтому площадь поперечного сечения проводника на втором участке больше, чем на первом.

26. Возможное решение

Закон Ома для полной цепи $\mathcal{E} = IR + Ir$. Откуда напряжение на реостате $U = IR = \mathcal{E} - Ir$, а мощность, выделяемая на реостате,

$$P = IU = I(\mathcal{E} - Ir) = -rI^2 + \mathcal{E}I.$$

График такой функции $P(I)$ представляет собой параболу, глядящую ветвями вниз (см. рисунок). Максимум функции $P(I)$ совпадает с вершиной параболы и достигается при $I = \mathcal{E}/2r$ (среднее значение между корнями уравнения $P(I) = 0$: $I_1 = 0$ и $I_2 = \mathcal{E}/r$)

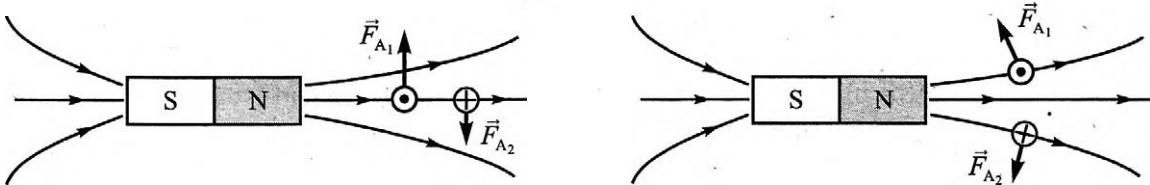


$$P_{\max} = \frac{\mathcal{E}^2}{4r}.$$

При $\mathcal{E} = 2$ В и $r = 0,5$ Ом, вершина параболы имеет координаты (2 А; 2 Вт) и нули функции при $I = 0$ А и $I = 4$ А.

27. Пружина сожмется, её длина уменьшится, независимо от полярности подключения источника, благодаря силе Ампера (два параллельных проводника притягиваются, если ток в них течет в одном направлении).

28. Рамка повернется по часовой стрелке и встанет перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» окажется внизу. На левое звено рамки действует сила Ампера F_{A1} , направленная вверх, а на правое звено – сила Ампера F_{A2} , направленная вниз. Эти силы разворачивают рамку на неподвижной оси MO по часовой стрелке (см. рисунок).

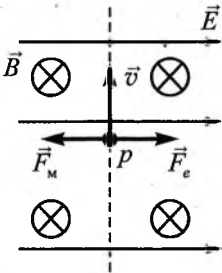


Если инерционность рамки (масса) велика, то она проскочит положение, когда плоскость рамки перпендикулярна оси магнита, однако силы Ампера, будут возвращать ее в это положение, рамка будет колебаться. Колебания затухнут благодаря силе трения о воздух.

При определенном соотношении массы рамки, ее размеров, силы тока в ней и индукции магнитного поля, рамка может повернуться на угол более 180° (проскочить положение равновесия по инерции и начать вращаться, даже без коллектора, предусмотренного в двигателях постоянного тока).

29. Магнит будет притягиваться к катушке и опускаться вниз. После замыкания ключа в катушке потечёт ток, и индукция магнитного поля катушки (вблизи её оси) будет направлена вниз. Катушка с током аналогична полосовому магниту, северный полюс которого в данном случае расположен у её нижнего торца, а южный – у верхнего.

30. Траектория второго протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой влево. На первый протон действуют магнитное поле с силой $F_{\text{лор}} = qvB$ и электрическое поле силой $F_{\text{эл}} = qE$. По правилу левой руки $F_{\text{лор}}$ направлена противоположно силе $F_{\text{эл}}$ и они компенсируют друг друга, раз протон летит по прямой (см. рисунок).



Так как $F_{\text{лор}}$ с увеличением скорости возрастает, а $F_{\text{эл}}$ не зависит от скорости, то второй протон будет иметь в той же точке пространства ускорение направленное влево и он отклонится влево.

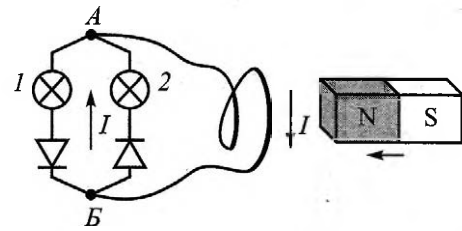
31. Индукционный ток в кольце вызван ЭДС индукции, возникающей при пересечении проводником линий магнитного поля. В момент времени t_1 к кольцу приближается магнит, и магнитный поток увеличивается. В начальный момент магнит находится далеко от кольца, поэтому линии магнитного поля практически не пересекают проводник. По мере приближения к кольцу поле растет, и его линии начинают пересекать проводник, вызывая ЭДС индукции. Скорость магнита также растет с течением времени, поэтому ЭДС быстро возрастает по мере приближения северного полюса магнита к плоскости кольца, поскольку густота линий увеличивается, т.е. растет магнитный поток Φ , что приводит к росту модуля ЭДС (согласно закона индукции Фарадея ЭДС пропорциональна скорости изменения магнитного потока Φ и, следовательно, тем выше, чем больше скорость движения магнита).

В тот момент, когда через плоскость кольца проходит середина магнита, линии поля перпендикулярны плоскости. Проводник в этот момент «скользит» по линиям поля. Поток вектора магнитной индукции в этот момент достигает максимального значения, но не изменяется. При этом сила тока обращается в нуль, несмотря на возрастание скорости магнита.

В момент t_2 , когда полюс магнита, пройдя через плоскость кольца, начинает удаляться от проводника, количество пересекаемых линий уменьшается. Следовательно, ток имеет противоположное направление, поскольку количество линий, оказавшихся внутри контура, уменьшается, а значит, поток поля теперь не увеличивается, а уменьшается. Соответственно, по правилу Ленца возникает индукционный ток, направленный в противоположную сторону, увеличивающийся по мере приближения южного полюса к плоскости кольца. Поскольку скорость магнита теперь гораздо больше, чем при нахождении на том же расстоянии от плоскости кольца северного полюса магнита, ЭДС значительно больше, а значит, и максимальный модуль силы тока оказывается больше, чем при приближении к кольцу северного полюса магнита. Пройдя максимум, поле магнита начинает уменьшаться по мере удаления южного полюса от плоскости кольца, что приводит к уменьшению силы тока до нуля тогда, когда магнит оказывается на большом расстоянии от кольца.

32. Во время перемещения движка реостата влево показания амперметра будут плавно увеличиваться, а вольтметр будет регистрировать напряжение на концах вторичной обмотки. Когда движок придет в крайнее левое положение и движение его прекратится, амперметр будет показывать постоянную силу тока в цепи, а напряжение, измеряемое вольтметром, окажется равным нулю.

33. Загорится лампочка 2 (см. рисунок) при поднесении северного полюса к катушке, и лампочка 1 – при поднесении южного полюса. Используются закономерности явления электромагнитной индукции, правило Ленца для определения направления индукционного тока и односторонняя проводимость полупроводникового диода.

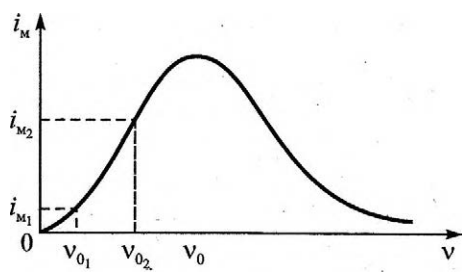


34. При замыкании ключа сопротивление цепи скачком меняется, но ЭДС самоиндукции препятствует изменению силы тока через катушку. Поэтому сила тока через катушку не претерпевает скачка. Постепенно ЭДС самоиндукции уменьшается до нуля, и сила тока плавно выходит на стационарное значение, соответствующее уменьшенному в два раза значению внешнего сопротивления. Поэтому конечная сила тока $I_1 = 2I_0 = 6\text{ A}$.

35. В описанном опыте колебания в контуре являются вынужденными, они совершаются с частотой и задаваемой источником тока. Но колебательный контур имеет собственную частоту колебаний ν_0 , и амплитуда колебаний тока в нём зависит от разности значений этих частот: по мере уменьшения $|\nu - \nu_0|$ она увеличивается (резонансная кривая), достигая максимального значения при $|\nu - \nu_0| = 0$ (явление резонанса). Собственная частота колебаний контура зависит от индуктивности катушки и согласно формуле Томсона

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Таким образом, ученик, уменьшая индуктивность катушки от L_{\max} до L_{\min} , увеличивал собственную частоту колебаний контура от ν_{01} до ν_{02} , что привело к смещению резонансной кривой вправо и сила тока при заданной частоте генератора возросла от i_{M1} до i_{M2} , если генератор был настроен на частоту $\nu_0 > \nu_{01}$.



36. Изображение на экране останется того же размера, но будет более бледным (темным). Изображение на экране формируют все лучи, выходящие из точки источника света и прошедшие через линзу (рис. 1). Кусок картона К перекрывает часть лучей, но не влияет на ход лучей,

проходящих через нижнюю часть линзы (рис. 2). Благодаря этим лучам изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы. Так как не все лучи формируют изображение оно будет более бледным.

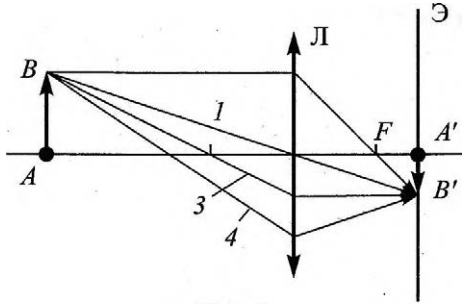


Рис. 1

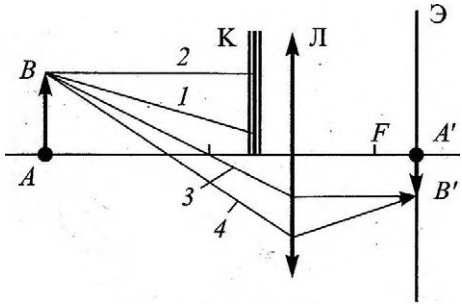
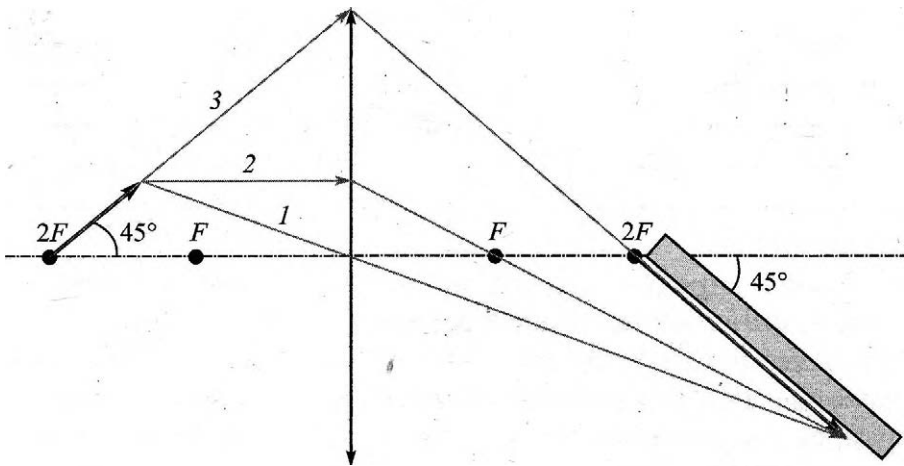


Рис. 2

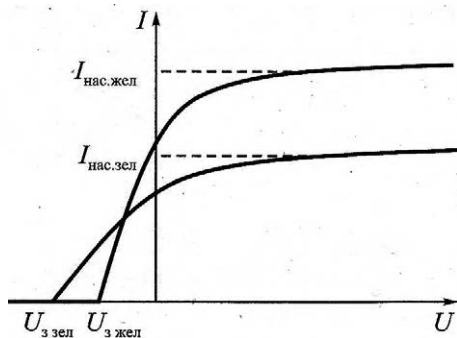
37. Возможное решение

Как известно, изображение предмета, расположенного в 2-х фокусах, будет действительным и располагаться на расстоянии 2-х фокусных расстояний от центра линзы на противоположной по отношению к предмету стороне линзы. Поэтому положение начала стрелки известно (см. рисунок). Положение конца стрелки можно получить с помощью лучей, идущих через центр линзы (1) и параллельного оптической оси линзы (2). То, что изображение будет отрезком прямой, легко показать, направив луч (3) вдоль светодиодной линейки. Известно, что луч, вышедший из «двойного фокуса», попадет в «двойной фокус». Ясно, что изображения всех точек линейки будут расположены на этом луче, поскольку изображение любой точки линейки лежит на пересечении этого луча, с вторым лучом, вышедшим из той же точки линейки в другом направлении. Это построение также дает легко понять, что изображение будет расположено под углом 45° к оптической оси, так как ход луча (3) создает в совокупности с отрезком оптической оси равнобедренный треугольник. Поэтому экран следует расположить под таким же углом к оптической оси (см. рисунок).



Построение показывает, что изображение будет увеличенным.

38. Точка отрыва графика от горизонтальной оси U сдвинется влево, горизонтальная асимптота графика $I_{\text{нас}}$ сдвинется вниз (см. рисунок).



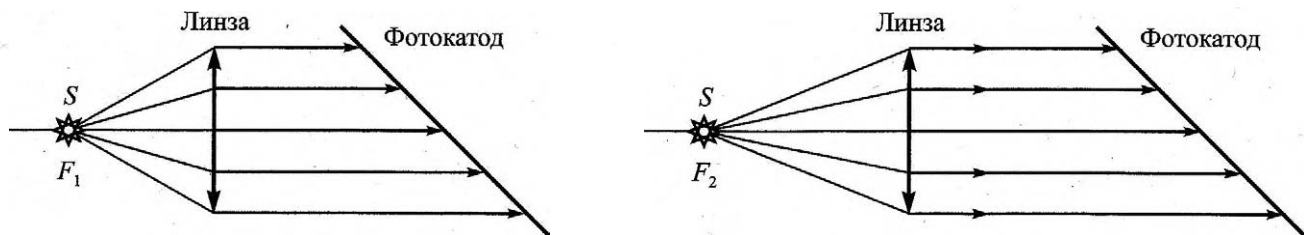
При изменении света с жёлтого на зелёный его длина волны уменьшится, частота увеличится ($\nu_3 > \nu_{\text{ж}}$). Работа выхода электронов из материала не зависит от частоты падающего света, поэтому в соответствии с уравнением Эйнштейна для фотоэффекта: $h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{max}}$ — увеличится максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов E_{max} . Так как $E_{\text{max}} = eU_3$, то увеличится и модуль запирающего напряжения U_3 .

Мощность поглощённого света связана с частотой волны и соотношением $P = N_{\text{ф}} h\nu$, где $N_{\text{ф}}$ — число фотонов, падающих на катод за 1 с, $h\nu$ — энергия одного фотона (соотношение Планка). Так как мощность света не изменилась, а энергия фотонов увеличилась, то уменьшится число фотонов, падающих на катод за 1 с. Сила тока насыщения $I_{\text{нас}}$ определяется числом выбитых светом за 1 с электронов N_e , которое пропорционально числу падающих на катод за 1 с фотонов, поэтому сила тока насыщения уменьшится.

39. Возможное решение

Поскольку первоначально свет за линзой идёт параллельным пучком, точечный источник света находится в фокусе линзы.

Во втором опыте при использовании линзы с большим фокусным расстоянием, где свет после линзы также идет параллельным пучком, источник света оказывается на большем расстоянии от линзы (см. рисунок).



Так как свет от источника идет, по-видимому, с одинаковой интенсивностью во всех направлениях, то число фотонов, попадающих на первую линзу, больше, чем во втором случае. Если на сферах с радиусами F_1 и F_2 выделить участок площадью S , равной площади сечения линзы, то отношение числа фотонов, упавших на площадку S при равномерном распределении фотонов по сферам, окружающим источник, будет больше на площадке, лежащей на сфере с меньшим радиусом F_1 (причем в F_2^2/F_1^2 раз, это отношение площадей поверхности сфер).

Таким образом, число фотонов, падающих на вторую линзу в единицу времени, меньше, чем падающих на первую, поэтому фототок насыщения, пропорциональный числу фотонов, падающих на фотокатод в единицу времени, будет во втором опыте меньше.

**Ответы к тренировочным заданиям,
требующим развернутого ответа расчетных задач
(задания № 29–32 КИМ ЕГЭ)**

1. $t = 5\tau/4 = 1,25 \text{ с.}$

2. $t_{\text{пол}} = \frac{2h_1}{gt_1} + gt_1 \approx 140,3 \text{ с.}$

3. $v_{\text{в}} = v_{\text{св}} \frac{t_2^2 - t_1^2}{t_2^2 - t_1^2} = 72 \text{ км/ч.}$

4. Скольжение шайбы вверх и вниз отличается направление силы трение, что влияет на модуль равнодействующей всех сил и, соответственно, на модули ускорения шайбы a_1 и a_2 , что видно из графика. Извлекая данные о модуле ускорения из графика и записывая второй закон Ньютона в проекции на две оси, можно исключить из системы уравнений модуль силы трения и найти искомый угол.

Ответ: $\sin \alpha = (a_1 + a_2)/2g = 0,125$; $\alpha = \arcsin(0,125) \approx 7,2^\circ$

5. Силы, действующие на стержень: \vec{T} – сила натяжения нити, $m\vec{g}$ – сила тяжести, \vec{F}_x и \vec{F}_y – вертикальная и горизонтальная составляющие силы, действующей на стержень со стороны шарнира. В положении равновесия равны нулю сумма моментов сил, действующих на стержень, относительно оси, проходящей через точку A равна нулю

$$mg \cdot \frac{l}{2} \cos \alpha - T \cdot l \sin \alpha = 0$$

и сумма проекций сил на оси системы отсчета (рис.) равна нулю:

$$F_x - T = 0; \quad F_y - mg = 0.$$

Из равенства моментов $T = \frac{mg}{2} \operatorname{ctg} \alpha$. Модуль силы реакции шар-

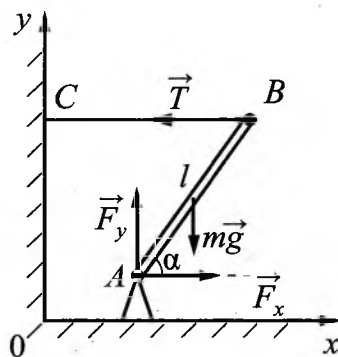
нира $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{T^2 + (mg)^2} = mg \sqrt{1 + \left(\frac{\operatorname{ctg} \alpha}{2}\right)^2} \approx 11,2 \text{ Н.}$

Ответ: $F \approx 11,2 \text{ Н}$

6. $F = F_{\text{тр2}} = \mu N = \frac{\mu mg}{2(1 + \operatorname{tg} \alpha)} \approx 0,9 \text{ Н.}$

7. Работа пули по модулю равна работе силы трения. Работа силы трения равна изменению кинетической энергии пули от момента удара до остановки. Кинетическая энергия пули перед ударом равна сумме потенциальной энергии пули над уровнем мишени и потенциальной энергии сжатой пружины.

Ответ: $m = (2A - kx^2)/2gh = 5 \text{ г}$



8. Силы трения в системе отсутствуют, следовательно, их работа равна нулю, и полная механическая энергия системы тел, равная сумме кинетической и потенциальной, сохраняется. В начальном состоянии и на максимальной высоте кинетическая энергия системы «пружина + оставшаяся часть груза» равна нулю. Если нулевое значение потенциальной энергии в поле тяжести выбрать в начальном состоянии системы (координата груза l_2 на рисунке), а нулевое значение потенциальной энергии деформации пружины – в положении нерастянутой пружины (координата груза l_0 на рисунке), то закон сохранения механической энергии при переходе из начального положения в конечное запишется следующим образом

$$\frac{k(l_2 - l_0)^2}{2} = \frac{k(l_1 - l_0)^2}{2} + Mg(l_2 - l_1).$$

Здесь M – масса оставшейся части груза, l_0 – длина пружины в нерастянутом состоянии, l_2 – длина пружины в исходном состоянии, l_1 – длина пружины в состоянии максимального подъёма оставшейся части груза.

В исходном состоянии груз находится в равновесии, поэтому по второму закону Ньютона:

$$(M + m)g = k(l_2 - l_0).$$

С учётом того, что $l_2 - l_1 = h$ и $l_1 - l_0 = (l_2 - l_0) - h$, получим: $m = \frac{hk}{2g} = \frac{0,03 \cdot 400}{2 \cdot 10} = 0,6 \text{ кг}$.

Ответ: $m = 0,6 \text{ кг}$

9. Выбор системы координат: ось x направлена по прямой AB ; ось y – вверх по наклонной плоскости перпендикулярно линии AB . Проекция вектора ускорения свободного падения g :

$g_x = 0$; $g_y = -g \sin \alpha$. Кинематика движения по наклонной плоскости эквивалентна кинематике движения тела, брошенного под углом β к горизонту, в поле тяжести с ускорением $g \sin \alpha$. Кинематика движения тела в проекциях на оси x и y (в известных уравнениях для тела, брошенного под углом β к горизонту, делается замена $g \rightarrow g \sin \alpha$):

$$v_x(t) = v_0 \cos \beta; \quad x(t) = v_0 \cos \beta \cdot t;$$

$$v_y(t) = v_0 \sin \beta - g \sin \alpha \cdot t; \quad y(t) = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g \sin \alpha}{2} t^2.$$

Ответ на вопрос задачи находится из этих уравнений при наложении дополнительных условий.

Условие $v_y = 0$ позволяет найти время подъёма тела до максимальной высоты, а затем его максимальное удаление l от прямой AB :

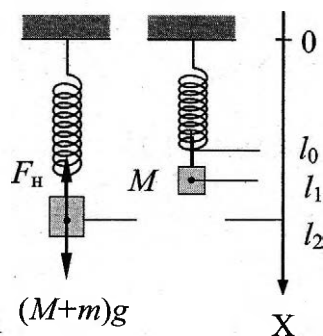
$$l = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g \sin \alpha}.$$

Из рисунка следует, что искомая величина $h = l \sin \alpha$, т.е.

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g} = \frac{4 \cdot \sin^2 60^\circ}{2 \cdot 10} = 0,15 \text{ (м)}$$

Ответ: $h = 0,15 \text{ м}$

$$10. \quad b = \frac{1}{mg \sin \alpha} \left(E_0 - \frac{mgL}{2 \sin 2\alpha} \right) \approx 0,5 \text{ м}.$$



$$11. v = \sqrt{2gl \sin^2 \alpha} = \sqrt{\frac{3}{2} gl} = 1,5 \text{ м/с.}$$

$$12. R = \frac{H}{2} \left(1 + \frac{M^2}{m^2} \right) = 0,3 \text{ м.}$$

$$13. a = \frac{2mg}{m+M} = 0,2g = 2 \text{ м/с}^2.$$

$$14. m > \frac{\mu M}{1 + 2h/L}.$$

$$15. v = \sqrt{\frac{gh}{39}}.$$

$$16. m = \frac{\Delta E}{(v_1 - v_0)^2}.$$

$$17. R = \frac{mg(3h - 2H)}{mg - F} = 2,5 \text{ м.}$$

18. Закон сохранения энергии при перемещении шарика из нижнего положения в верхнюю точку траектории:

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + 2mgl \quad (1)$$

v_1 и v_2 – скорости шарика в нижней и верхней точках траектории, m – масса шарика, l – длина нити. Если в верхней точке траектории шарик движется по окружности, то равнодействующая

всех сил равна произведению массы груза на центростремительное ускорение $mg + T = \frac{mv_2^2}{l}$
 T – сила натяжения нити.

Скорость v_1 будет минимальной, когда минимальна v_2 (см. уравнение (1))

Скорость v_2 будет минимальной, когда $T = 0$ (см. уравнение (2)), следовательно

$$mg = \frac{mv_2^2}{l} \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1) и (2), получим

Ответ: $\approx 4,5 \text{ м/с.}$

19. В инерциальной системе отсчета ускорение груза m_2 определяется вторым законом Ньютона:

$$m_2 a_2 = T - m_2 g.$$

Так как оба груза движутся с одинаковой угловой скоростью, то груз m_2 движется по окружности радиуса l со скоростью $v_2 = 2v$ и ее центростремительное ускорение:

$$a_2 = \frac{v_2^2}{l} = \frac{4v^2}{l}.$$

Тогда сила натяжения стержня равна:

$$T = m_2 \left(g + \frac{4v^2}{l} \right) = 7 \text{ (Н).}$$

Ответ: 7 Н.

20. По закону сохранения энергии с учетом работы силы трения имеем (v_B – скорость в точке В):

$$\frac{mv_B^2}{2} + mgL \sin \alpha - \frac{mv_0^2}{2} = -\mu mgL \cos \alpha.$$

В точке В условием отрыва будет равенство центростремительного ускорения величине нормальной составляющей ускорения силы тяжести:

$$\frac{v_B^2}{R} = g \cos \alpha, \Rightarrow v_B^2 = gR \cos \alpha.$$

Из двух уравнений находим внешний радиус трубы $R = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} - 2L(\mu + \operatorname{tg} \alpha) \approx 0,3 \text{ м.}$

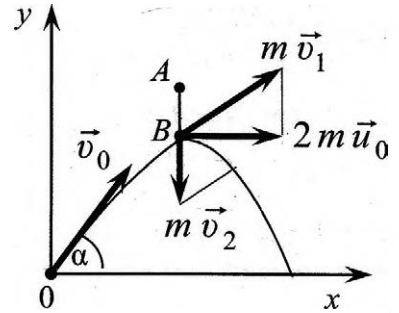
Ответ: $\approx 0,3 \text{ м}$

21. $\frac{m}{M} = 1.$

22. Первый шарик начинает движение из начала координат, а второй – из точки А. До и после столкновения (в точке В) шарик свободно падает. Поэтому до столкновения для первого шарика

$$y_1(t) = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2},$$

$$v_{1y}(t) = v_0 \sin \alpha - gt,$$



а для второго шарика $v_{2y}(t) = -gt$. Шарик сталкиваются в мо-

мент t_1 , при этом импульс системы двух шариков сохраняется: $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{u}_0$, а скорость

\vec{u}_0 шариков после удара согласно условию горизонтальна. Поэтому $v_{1y}(t_1) + v_{2y}(t_1) = 0$, или $(v_0 \sin \alpha - gt_1) + (-gt_1) = 0$, откуда

$$t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{2g}.$$

Столкновение шариков происходит на высоте

$$h = y_1(t_1) = v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{8g} = \frac{3}{8} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}.$$

Поскольку скорость \vec{u}_0 шариков после удара горизонтальна, интервал времени t_2 от столкновения шариков до их падения на землю находится из условия $h = \frac{gt_2^2}{2}$, откуда

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{3} \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{2g}.$$

Шарик упадут на Землю в момент $\tau = t_1 + t_2 = \frac{v_0 \sin \alpha}{2g} \cdot (1 + \sqrt{3})$.

Ответ: $\tau = \frac{v_0 \sin \alpha}{2g} (1 + \sqrt{3})$

23. $v = \frac{m}{M+m} \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l} = 0,5 \text{ м/с.}$

$$24. m = kd / 3\mu g = 2,5 \text{ кг.}$$

$$25. T = mg \frac{\rho - \rho_0}{\rho \cos \alpha} \approx 42 \text{ Н.}$$

$$26. \frac{m_{\text{H}_2}}{m_{\text{He}}} = \frac{\frac{pV}{RT} - \frac{m}{\mu_{\text{He}}}}{\frac{pV}{RT} - \frac{m}{\mu_{\text{H}_2}}} \approx 1,5.$$

27. Шар поднимет груз при условии равенства силы тяжести и силы Архимеда:

$$(M + m)g + m_{\text{H}}g = \Delta V g,$$

где M и m – соответственно масса оболочки шара и масса груза, m_{H} – масса нагретого воздуха в шаре, ρ – плотность окружающего воздуха. Откуда получим:

$$M + m = m_{\text{a}} - m_{\text{ш}}.$$

При нагревании воздуха в шаре его давление p и объём V не меняются. Следовательно, согласно уравнению Клапейрона – Менделеева

$$pV = \frac{m_{\text{ш}}}{\mu} RT_{\text{ш}} = \frac{m_{\text{a}}}{\mu} RT_{\text{a}},$$

где μ – молярная масса воздуха, $T_{\text{ш}}$ и T_{a} – температуры воздуха соответственно внутри и вне

шара, $m_{\text{ш}} = \rho V \frac{T_{\text{a}}}{T_{\text{ш}}}$ – начальная масса воздуха в шаре. Отсюда:

$$m_{\text{ш}} = \rho V \frac{T_{\text{a}}}{T_{\text{ш}}}.$$

Тогда

$$M + m = \rho V \left(1 - \frac{T_{\text{a}}}{T_{\text{ш}}} \right).$$

Откуда $\left(1 - \frac{T_{\text{a}}}{T_{\text{ш}}} \right) = \frac{M + m}{\rho V}$. Окончательно имеем: $T_{\text{a}} = T_{\text{ш}} \left(1 - \frac{M + m}{\rho V} \right) = 350 \cdot 0,8 = 280 \text{ К} = 7 \text{ }^{\circ}\text{C}.$

Ответ: $T_{\text{a}} = 7 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$28. T_1 = T_0 \frac{h}{L} \left(2 - \frac{L}{h} \right) \approx 219 \text{ К.}$$

$$29. t = \frac{c(m + m_1 + m_2)t_0 + \lambda m_1}{cm} \approx 57 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

30. Требуется определить конечное состояние смеси лёд – вода. Для этого сравнивают количество теплоты Q_1 , необходимое для нагревания льда до температуры плавления, и количество теплоты Q_2 , которое может отдать вода при остывании до начала процесса кристаллизации:

$$Q_1 = c_1 m_1 (0 - t_1) = 2100 \cdot 1 \cdot (0 - (-20)) = 42 \text{ 000 Дж};$$

$$Q_2 = c_2 m_2 t_2 = 4200 \cdot 0,2 \cdot 10 = 8400 \text{ Дж.}$$

$Q_1 > Q_2$, следовательно, вода остынет до $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и начнёт кристаллизоваться.

Для того чтобы воде полностью превратиться в лёд при 0°C необходимо отдать количество теплоты $Q_3 = \lambda m_2 = 330\,000 \cdot 0,2 = 66\,000$ Дж.

Так как $Q_1 < Q_2 + Q_3$, $42\,000 \text{ Дж} < 8400 \text{ Дж} + 66\,000 \text{ Дж} = 74\,400 \text{ Дж}$, можно сделать вывод, что только часть воды массой m_3 превратится в лёд и в сосуде установится конечная температура $t_k = 0^\circ\text{C}$. Тогда уравнение теплового баланса примет вид:

$$c_1 m_1 (0 - t_1) + c_2 m_2 (0 - t_2) - \lambda m_3 = 0.$$

Откуда масса кристаллизовавшейся воды:

$$m_3 = -\frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{\lambda} = -\frac{2100 \cdot 1 \cdot (-20) + 4200 \cdot 0,2 \cdot 10}{330\,000} \approx 0,1 \text{ кг}.$$

В итоге получаем, что после установления теплового равновесия в сосуде будет находиться $M = m_1 + m_3 \approx 1 + 0,1 = 1,1$ кг льда.

Ответ: $M \approx 1,1$ кг

$$31. Q_{123} = \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) \approx 10 \text{ кДж}.$$

$$32. \text{ По условию } \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}, \text{ а условие расширения } p = \frac{A}{V^2}, \text{ поэтому } \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 = \frac{1}{4}$$

По уравнению Клапейрона – Менделеева

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

Тогда конечная температура $T_2 = T_1 / 2 = 300 \text{ К}$

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа во втором состоянии $U_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2$.
Изменение внутренней энергии при расширении

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = -3735 \text{ Дж}.$$

При расширении газа он совершает работу A и при этом его внутренняя энергия уменьшается, причем уменьшение внутренней энергии по модулю больше чем модуль совершенной работы, следовательно, часть внутренней энергии потеряна за счет теплоотвода через стенки сосуда. Количество теплоты, переданное газом через стенки внешним телам Q в соответствии с первым началом термодинамики равно: $Q = |\Delta U| - |A| = 3735 \text{ Дж} - 2493 \text{ Дж} = 1242 \text{ Дж}$

Ответ: внешним телам отдано количество теплоты примерно равное 1242 Дж

$$33. \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{3}.$$

$$34. p = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2} = 3p_0.$$

$$35. T_2 = \frac{2pV}{\nu_2 R} - T_1 \frac{\nu_1}{\nu_2} \approx 300 \text{ К}.$$

36. Давления газов справа и слева равны между собой как в начале, так и после установления термодинамического равновесия. Температуры газов выравниваются.

$$\text{Ответ: } \frac{V_2}{V_0} = \frac{2T_{\text{He}}}{T_{\text{He}} + T_{\text{Ar}}} = 0,25$$

37. Если при глубине погружения H (рис.) в трубке выпадает роса, значит парциальное давление паров достигло значения $p_{\text{нп}}$.

До погружения парциальное давление паров составляло значение $\phi p_{\text{нп}}$, так как температура не менялась. Для парциального давления паров можно записать закон Бойля – Мариотта с учетом того, что объем части сосуда занятого газами есть произведение высоты столба газа на площадь поперечного сечения трубки S .

$$\phi p_{\text{нп}} L S = x p_{\text{нп}}$$

$$\text{Откуда } x = \phi L$$

Применение закона Закон Бойля – Мариотта для всего воздуха (сухой воздух+пары воды), который сжимался от атмосферного давления до давления p дает

$$p_a L S = x S p$$

или с учетом $x = \phi L$

$$p_a = \phi p \text{ или } p = p_a / \phi$$

По закону Паскаля давление $p = p_a / \phi$ равно давлению в жидкости на глубине h (см. рис).

$$p_a / \phi = p_a + \rho g h,$$

где ρ - плотность ртути.

$$\text{Откуда } h = (p_a / \phi - p_a) / \rho g = p_a (1 - \phi) / \rho g \phi$$

Искомая глубина погружения (см. рис.) $H = L - (x - h) = L - \phi L + p_a (1 - \phi) / \rho g \phi$

Поскольку $p_a / \rho g$ - это атмосферное давление выраженной в метрах ртутного столба, то расчет можно упростить, не используя выражения атмосферного давления в паскалях и плотность ртути $H = 0,6 - 0,8 \times 0,6 + 0,76 \times 0,2 / 0,8 = 0,6 - 0,48 + 0,19 = 0,31$ (м).

Ответ: 0,31 м.

38. За цикл количество теплоты, полученное от нагревателя на участках 3-1 и 1-2 цикла:

$$Q_{\text{н}} = Q_{12} + Q_{31} = (U_2 - U_3) + A_{12} = (3/2)(\nu R T_2 - \nu R T_3) + 2p_0 2V_0 = (3/2)(2p_0 3V_0 - p_0 V_0) + 4p_0 V_0 = (23/2)p_0 V_0. \text{ Работа газа за цикл } A_{\text{ц}} = (p_0/2) 2V_0 = p_0 V_0. \text{ Отсюда } A_{\text{ц}} = (2/23) Q_{\text{н}} \approx 870 \text{ Дж.}$$

Ответ: $A_{\text{ц}} \approx 870$ Дж.

39. При изобарном расширении на участке 1-2 газ получает от нагревателя количество теплоты Q_{12} , а на участке 3-4 отдаёт холодильнику в изохорном процессе количество теплоты Q_{34} . На других участках теплообмен отсутствует. Количество теплоты Q_{34} , отданное при изохорном охлаждении на участке 3-4, равно уменьшению внутренней энергии газа этом участке: $Q_{34} = |\Delta U_{34}|$. Модуль изменения внутренней энергии на участке 3-4

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

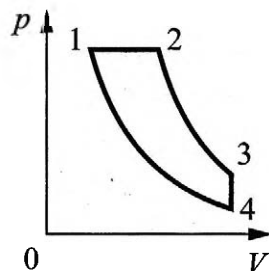
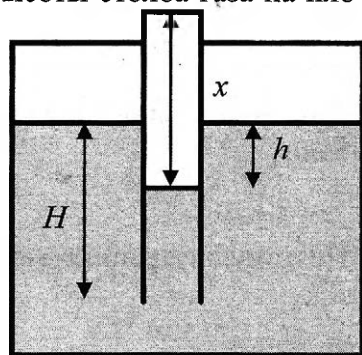
По определению КПД теплового двигателя $\eta = \frac{A}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}}$, так как в

соответствии с первым началом термодинамики работа газа за цикл A равна разности количества теплоты, полученной от нагревателя и отданной холодильнику: $A = Q_{12} - Q_{34}$.

Это позволяет найти теплоту, полученную от нагревателя при известном значении Q_{34} :

$$Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta} = \frac{3}{2} \frac{R (t_{\text{max}} - t_{\text{min}})}{1 - \eta} \approx 3886 \text{ Дж}$$

Ответ: $Q_{12} \approx 3886$ Дж



40. В процессе медленного подъёма поршня его ускорение считаем ничтожно малым. В инерциальной системе отсчета, связанной с сосудом, сумма приложенных к поршню сил при его движении равна нулю. В проекциях на вертикальную ось y получаем:

$$F_1 - F_0 - Mg = 0, \text{ или } p_1 S - p_0 S - Mg = 0.$$

Тогда давление газа p_1 под движущимся поршнем: $p_1 = p_0 + \frac{Mg}{S}$.

Для одноатомного идеального газа уравнение состояния и определение внутренней энергии дают:

$$U = \frac{3}{2} pV$$

Поэтому внутренняя энергия газа в исходном и конечном состояниях, соответственно:

$$U_0 = \frac{3}{2} p_0 S h \text{ и } U_1 = \frac{3}{2} p_1 S H = \frac{3}{2} (p_0 S + Mg) H.$$

В процесс движения поршня идёт изобарное расширение газа при постоянном давлении газар₁ и газ совершает работу $A = p_1 \Delta V$. Поэтому из первого начала термодинамики получаем:

$$Q = U_1 - U_0 + p_1 V = U_1 - U_0 + p_1 S (H - h).$$

Подставляя выражения для p_1 , U_0 и U_1 , получим:

$$Q = \frac{3}{2} (p_0 S + Mg) H - \frac{3}{2} p_0 S h + (p_0 S + Mg) (H - h) = \frac{3}{2} Mgh + \frac{5}{2} (Mg + p_0 S) \cdot (H - h).$$

Ответ: $Q = \frac{3}{2} Mgh + \frac{5}{2} (Mg + p_0 S) \cdot (H - h)$

41. В процессе медленного движения поршня его ускорение считаем ничтожно малым. Поэтому сумма приложенных к поршню сил при его движении равна нулю. В проекциях на горизонтальную ось x получаем:

$$F_1 - F_0 - F_{\text{упр}} = 0,$$

где F_0 – сила давления атмосферы на поршень, F_1 – сила давления газа в цилиндре на поршень, $F_{\text{упр}}$ – упругая сила, действующая на поршень со стороны пружины.

Из равенства давлений слева и справа от поршня в начальном состоянии и гладкости стенок следует, что в начальном состоянии пружина недеформирована. Поэтому при смещении поршня вправо от начального положения на величину x модуль упругой силы

$$F_{\text{упр}} = kx. \text{ Тогда } F_1 = p(x) S = F_0 + F_{\text{упр}} = p_0 S + kx$$

и давление в цилиндре при смещении поршня вправо от начально-

го положения на величину x равно $p(x) = p_0 + \frac{kx}{S}$ (см. график на рисунке 2).

Внутренняя энергия газа одноатомного идеального газа $U = \frac{3}{2} pV$. В исходном состоянии

$$U_1 = \frac{3}{2} p_0 S L, \text{ а в конечном состоянии } U_2 = \frac{3}{2} p(b) \cdot S (L + b) = \frac{3}{2} \left(p_0 + \frac{kb}{S} \right) S (L + b).$$

Из первого начала термодинамики получаем: $Q = U_2 - U_1 + A_{12}$.

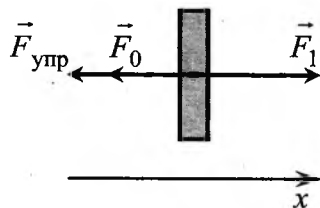


Рис. 1

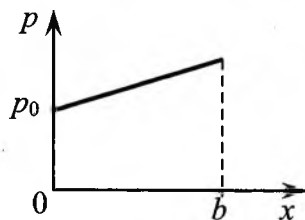


Рис. 2

Работа газа A_{12} при сдвиге поршня из начального в конечное состояние равна произведению величины S и площади трапеции под графиком $p(x)$ на рис. 2:

$$A_{12} = \frac{1}{2} [p(0) + p(b)] Sb = \left(p_0 S + \frac{kb}{2} \right) b.$$

Подставляя в выражение для Q значения U_1 , U_2 и A_{12} , получим:

$$Q = \frac{3}{2} (p_0 S + kb) (L + b) - \frac{3}{2} p_0 SL + \left(p_0 S + \frac{kb}{2} \right) b = \frac{3}{2} kbL + \frac{5}{2} p_0 Sb + 2kb^2.$$

Ответ: $Q = \frac{3}{2} kbL + \frac{5}{2} p_0 Sb + 2kb^2$

42. $\eta = 1 - \frac{3\nu R |\Delta T|}{2A}.$

43. $\varphi = \frac{p_{\text{н.г}} + (k - n) p_1}{k p_{\text{н.г}}} = 0,7 = 70\%$, где $p_{\text{н.г}} = 100$ кПа – давление насыщенных паров при 100°C .

44. $\alpha = \frac{m_0 - m_1}{m_0} = 0,5.$

45. $\varphi = \frac{\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2}{V_1 + V_2} = 0,36 = 36\%.$

46. $L = \frac{\Delta m_b RTSl}{mgMV} = \frac{wtRTSl}{mgMV} \approx 0,5 \text{ м}.$

47. Налетающий протон будет тормозиться силой электростатического отталкивания, покоящийся протон – ускоряться ею. Максимальное сближение частиц наступит в момент выравнивания их скоростей. Далее следует применить закон сохранения импульса системы для начального момента времени и момента максимального сближения, а также закон сохранения энергии с учетом того, что потенциальная энергия двух точечных зарядов на расстоянии r равна $kq_1 q_2 / r = e^2 / r$.

Ответ: $4e^2 / mv^2$.

48. Сила, действующая на частицу в конденсаторе со стороны поля: $F_{\text{эл}} = Eq$. Второй закон Ньютона: $F_{\text{эл}} = ma$, или $Eq = ma$. Следовательно, ускорение протона, направленное перпендикулярно пластинам $a = \frac{Eq}{m}$.

Из кинематики равноускоренного движения следует: $\frac{at^2}{2} \leq s = \frac{d}{2}$, где d – расстояние между пластинами, t – время пролёта частицы через конденсатор. Следовательно, $t \leq \sqrt{\frac{d}{a}}$.

Проекция скорости частицы на горизонтальную ось Ox : $v = \frac{l}{t}$, где l – длина пластин конденсатора. Отсюда:

$$v \geq v_{\min} = l \sqrt{\frac{a}{d}} = \sqrt{\frac{l^2 Eq}{md}} = \sqrt{\frac{25 \cdot 10^{-4} \cdot 5000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 10^{-2}}} \approx 3,5 \cdot 10^5 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v_{\min} \approx 350 \text{ км/с}$

49. Центробежное ускорение иона в конденсаторе $a = \frac{v^2}{R}$ задаётся силой $F = qE$ действия электрического поля, так что $qE = m \frac{v^2}{R}$. (Здесь q ; m и v – соответственно заряд, масса и скорость иона; E – напряжённость электрического поля).

Отсюда $\frac{q}{m} = \frac{v^2}{RE} = \frac{10^{10}}{0,5 \cdot 5 \cdot 10^3} = 4 \times 10^6 \text{ Кл/кг}$.

Ответ: $\frac{q}{m} = 4 \cdot 10^6 \text{ Кл/кг}$.

50. $C = 2W \left[\frac{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}{ER_1 R_2} \right]^2 \approx 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$.

51. После установления равновесия ток через резисторы прекратится, конденсатор C_1 будет заряжен до напряжения, равного ЭДС батареи, а C_2 – разряжен (его пластины соединены между собой через резисторы): $U_{1\max} = \mathcal{E}$, $U_{2\max} = 0$.

При этом через батарею пройдёт заряд q : $q = C_1 \mathcal{E}$.

Энергия заряженного конденсатора C_1 равна W :

$$W = C_1 \frac{\mathcal{E}^2}{2}.$$

Работа сторонних сил источника тока пропорциональна заряду, прошедшему через него:

$$A = q\mathcal{E} = C_1 \mathcal{E}^2.$$

Эта работа переходит в энергию конденсаторов и теплоту:

$$Q = A - W = C_1 \frac{\mathcal{E}^2}{2}.$$

Подставляя значения физических величин, получим $Q = 0,3 \text{ Дж}$.

Ответ: $Q = 0,3 \text{ Дж}$.

52. Следует применить закон сохранения заряда и условие равенства напряжений на конденсаторах после установления равновесия в цепи, чтобы получить значение конечных значений зарядов на конденсаторах или конечное напряжение на них. Количество теплоты, выделившееся на резисторе, рассчитывается как разность начальной энергии заряженного конденсатора и суммы конечных энергий конденсаторов.

$$Q = \frac{C_1 C_2 U^2}{2(C_1 + C_2)} = \frac{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 300^2}{2(10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6})} = 0,03 \text{ Дж}.$$

Ответ: $Q = 30 \text{ мДж}$

53. $\Delta T = \frac{I^2 t_{\text{эл}}}{c \rho S^2} \approx 4 \text{ К}$.

54. Задачу следует решать в буквенном виде, тогда недостающие параметры проводника должны сократиться. Количество теплоты, выделяющееся в проводнике, согласно закону Джоуля Ленца выражается через напряжение на его концах, и сопротивление проводника и длительность промежутка времени, в течение которого протекал ток через проводник. Сопротивление проводника следует выразить через его геометрические размеры и удельное сопротивление

материала. Количество теплоты, выделившееся в проводнике при протекании тока, связано с массой проводника, теплоемкостью материала и изменением его температуры. Массу проводника можно выразить через плотность материала и его геометрические размеры.

Ответ: $U \approx 1,96 \text{ В}$.

$$55. T_2 = T_1 \frac{R_2}{R_1} = T_1 \frac{U_2 I_1}{U_1 I_2} \approx 2214 \text{ К}.$$

$$56. P = I^2 R = \frac{E^2 R}{(1,5R + r)^2} \approx 236 \text{ Вт}.$$

$$57. \frac{P_2}{P_1} = \frac{(2R + r)^2}{(1,5R + r)^2} = \frac{25}{16} \approx 1,56.$$

$$58. U = 2 U_{\text{Л}} (0,35 \text{ А}) = 2 \cdot 110 \text{ В} = 220 \text{ В}.$$

59. Сила, с которой электроны бьют по аноду, равна силе, с которой анод действует на электроны (III закон Ньютона). Если за время t на анод падает N электронов, и импульс каждого из них меняется на величину mv , то сила, с которой анод подействовал на эти N электронов, равна согласно II закону Ньютона

$$F = \frac{Nmv}{t}$$

Сила тока связана с числом электронов падающих на анод и зарядом электрона e

$$I = \frac{Ne}{t}$$

Скорость электронов определяет теорема об изменении кинетической энергии электронов, равном работе электрического поля Ue

$$\frac{mv^2}{2} = eU$$

В совокупности с зависимостью силы тока от напряжения данной в условии $I = aU^{3/2}$ это приводит к следующей зависимости силы воздействия электронов на анод

$$F = \frac{Imv}{et} = \frac{aU^{3/2}m}{et} = \frac{aU^{3/2}m\sqrt{2eU}}{et\sqrt{m}} = \frac{aU^2\sqrt{m}}{\sqrt{2e}t}$$

Таким образом, увеличение напряжения между катодом и анодом в 2 раза приведет к росту силы давления электронов на анод в 4 раза.

Ответ: в 4 раза.

$$60. I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{\mathcal{E}_2 - U_D}{R} = I_1 \frac{\mathcal{E}_2 - U_D}{\mathcal{E}_1 - U_D} = 0,05 \text{ А}.$$

61. Если потенциал точки A ниже, чем потенциал точки B ($\varphi_A < \varphi_B$), то ток через диод не течёт, и потребляемая мощность

$$P_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{R_2}.$$

При изменении полярности подключения батареи ($\varphi_A < \varphi_B$), диод открывается и подключает резистор R_1 параллельно резистору R_2 . При этом потребляемая мощность увеличивается:

$$P_2 = \frac{\mathcal{E}^2}{R_1} + \frac{\mathcal{E}^2}{R_2} > P_1.$$

Из этих уравнений: $R_2 = \frac{\mathcal{E}^2}{P_1}$, $R_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{P_2 - P_1}$.

Ответ: $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$.

62. $F = |q| \sqrt{E^2 + (vB \sin \alpha)^2} \approx 3,7 \cdot 10^{-9} \text{ Н}$.

63. $I = \frac{\sqrt{2mE}}{Bl\tau} = 10 \text{ А}$.

64. Силы Ампера F_A действуют только на стороны рамки, параллельные оси OO_1 . Их суммарный момент $M = 2F_A \cdot \frac{a}{2} = F_A \cdot a = IBha$, где B – модуль индукции магнитного поля, a – длина горизонтальной стороны рамки, h – длина стороны рамки, параллельной оси OO_1 . При повороте рамки в магнитном поле в ней возникает индукционный ток со средней силой $I' = \frac{|\mathcal{E}_{\text{инд}}|}{R} = \frac{|\Delta\Phi|}{R\Delta t}$, где $\Delta\Phi$ – изменение магнитного потока через площадь рамки.

Заряд, протекающий через рамку за время поворота, $q = I' \Delta t = \frac{\Delta\Phi}{R}$.

Максимальным этот заряд будет при повороте на 180° , если плоскость рамки в начальном и конечном положении будет перпендикулярна линиям магнитной индукции поля, то есть когда $\Delta\Phi = 2BS$, где площадь рамки $S = ah$. При повороте рамки на 180° из положения, приведенного на рисунке $\Delta\Phi = 0$, так как индукционный ток будет течь в противоположных направлениях при повороте рамки на 90° и далее от 90° до 180° .

Используя значение момента сил M , получим: $q = \frac{2M}{RI} = \frac{2 \cdot 1,5}{10 \cdot 0,5} = 0,6 \text{ Кл}$.

Ответ: $q = 0,6 \text{ Кл}$.

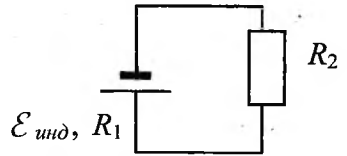
65. $R = \frac{l^4}{Q} \left[\frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right] \approx 0,3 \text{ Ом}$.

66. При движении перемычки в ней возникают сторонняя сила, являющаяся силой Лоренца, действующая на каждый электрон внутри перемычки идвигающая электроны по все цепи.

$$F_{\text{Л}} = eBv$$

ЭДС индукции, можно вычислить как отношение работы силы Лоренца при перемещении электрона по перемычке к заряду электрона

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = \frac{A_{\text{стор}}}{e} = \frac{eBvl}{e} = Bvl$$



Так как сторонние силы локализованы в движущейся перемычке, эквивалентная электрическая схема выглядит следующим образом (рис.). Сопротивление левой перемычки становится внутренним сопротивлением источника, а сама перемычка источником тока.

Используя закон Ома для полной цепи и ее участка, получим разность потенциалов электрического поля на концах перемычки R_2 , которое и показывает вольтметр, так как сопротивление рельсов пренебрежимо мало.

$$I = \mathcal{E}_{\text{инд}} / (R_1 + R_2) = Bvl / (R_1 + R_2)$$

$$U = IR_2 = BvlR_2 / (R_1 + R_2) = 0,8 \text{ В}$$

Ответ: $0,8 \text{ В}$.

67. Рассмотрение направления индукционного тока позволяет сделать вывод, что эквивалентная электрическая схема процесса в ходе изменения магнитного потока через контур будет состоять из двух ЭДС (внешнего источника и индукции), включенных навстречу друг другу (в решении это надо обосновать и нарисовать эквивалентную схему). Это дает рассчитать мощности, выделяющиеся в контуре до и после начала изменения магнитного поля, при неизменном сопротивлении контура.

Ответ: $P_1/P_2 = (1 - S \times \Delta B / \mathcal{E} \Delta t)^2 \approx 1,42$.

$$68. v = \frac{(F - \mu mg) R}{(Bl)^2} = 4 \text{ м/с.}$$

69. *Возможное решение*

Электроны движутся с диском со скоростью v . На них начинает действовать сила Лоренца и под действием магнитного поля электроны смещаются перпендикулярно плоскости диска. Концентрирование электронов вблизи одной поверхности диска приводит к возникновению электрического поля с напряженностью E . В дальнейшем движение свободных электронов прекращается в любой точке диска, так как сила воздействия электрического поля уравнивает силу Лоренца.

Запишем условие прекращения движения электронов в направлении перпендикулярном магнитному полю.

$$F_{\text{э}} = F_{\text{л}};$$

Учтя, что $F_{\text{э}} = eE$, а $F_{\text{л}} = evB$, получим:

$$E = vB = 50 \text{ В/м.}$$

Так как это условие выполняется для любой точки диска, можно утверждать, что в ходе движения диска в нем возникает однородное электрическое поле перпендикулярное вектору магнитной индукции и скорости движения диска.

Разность потенциалов между центром диска и любой точкой на поверхности диска равна $\Delta\varphi = Ed/2 = vBd/2$, где d – толщина диска. Разность потенциалов между центром диска и любой точкой на краю диска, если точка лежит в плоскости, параллельной столу и содержащей центр диска, равна нулю.

70. *Возможное решение.*

В герметично закрытом контейнере первоначально находятся полоний и атмосферный воздух. В процессе радиоактивного распада полония в контейнере будут образовываться атомы свинца и гелия, в результате чего искомое давление в контейнере будет складываться из парциальных давлений воздуха p_0 и гелия p_1 , т.е. $p = p_0 + p_1$.

Парциальное давление гелия можно определить с помощью уравнения Клапейрона-Менделеева: $p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT_0$, где V – объём контейнера; T_0 – абсолютная температура в нём; m_1 и μ_1 – соответственно масса и молярная масса гелия.

К определённом моменту времени t число атомов гелия N_1 равно числу распавшихся атомов полония и может быть определено с помощью закона радиоактивного распада:

$N_1 = N_0 - N$ и $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$, где $N_0 = \frac{m}{\mu} N_A$ – начальное число атомов полония; m и μ – соответственно начальная масса полония и его молярная масса (0,210 кг/моль); N – оставшееся к моменту времени t число атомов полония; T – период полураспада полония.

Число молей получившегося в результате распада гелия равно числу молей распавшегося полония: $\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{m}{\mu} = \frac{N_1}{N_A}$; следовательно,

$$\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{N_0}{N_A} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right) = \frac{m}{\mu} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right).$$

В результате математических преобразований получаем:

$$V = \frac{mRT_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right)}{(p - p_0)^{1/4}} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{75}{140}} \right)}{(1,4 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 0,21} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{1}{4}} \right)}{(1,4 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 0,21} \approx 75 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \approx 75 \text{ см}^3.$$

Ответ: 75 см³.

$$71. I_{\max} = \frac{\lambda d E_{\max}}{2\pi c L} \approx 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ А} = 0,27 \text{ мА}.$$

72. Согласно закону сохранения энергии

$$\frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2} \quad (1)$$

(C – ёмкость конденсатора, U_{\max} – максимальное напряжение на конденсаторе).

Формула Томсона для периода электромагнитных колебаний в контуре:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}. \quad (2)$$

Формула, связывающая длину волны с периодом колебаний:

$$\lambda = cT \quad (3)$$

(c – скорость света).

Система уравнений (1)–(3) позволяет рассчитать величину U_{\max} и искомую напряжённость поля конденсатора:

$$E_{\max} = \frac{U_{\max}}{d} = \frac{2\pi c L}{\lambda d} I_{\max} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} 1,6 \cdot 10^{-3} \approx 4,5 \text{ В/м}.$$

Ответ: $E_{\max} \approx 4,5 \text{ В/м}$

$$73. L = \frac{h \sin \alpha}{\sqrt{n^2 - (\sin \alpha)^2}} \approx 0,81 \text{ м}.$$

74. Проведём луч SA до пересечения с плоскостью линзы (точка B на расстоянии $y = OB$ от центра линзы O). Проведём через точку A отрезок $CD \parallel OF$.

Из подобия $\triangle ACS$ и $\triangle ABD$ следует:

$$\frac{H+h}{b-F} = \frac{y-h}{F},$$

откуда:

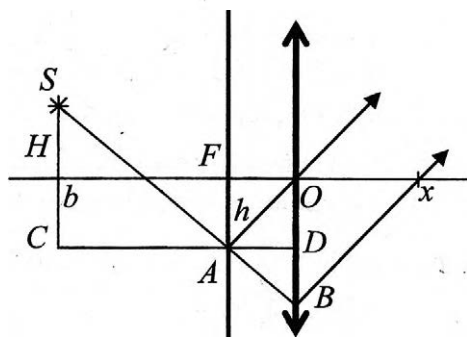
$$y = h + F \frac{H+h}{b-F} = \frac{hb + FH}{b-F} = \frac{4 \cdot 70 + 20 \cdot 5}{50} = 7,6 \text{ см}.$$

Из точки A проведём луч AO , который проходит линзу, не преломляясь. Точка A является побочным фокусом линзы, поэтому лучи AO и AB , пройдя линзу, идут параллельно друг другу.

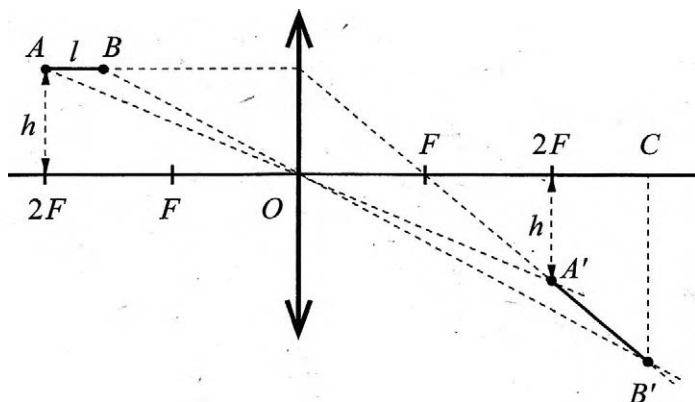
Из подобия $\triangle AFO$ и $\triangle BOx$ следует:

$$\frac{h}{F} = \frac{y}{x}, \text{ откуда: } x = y \frac{F}{h} = \frac{F}{h} \cdot \frac{hb + FH}{b-F} = \frac{20}{4} \cdot \frac{4 \cdot 70 + 20 \cdot 5}{70 - 20} = 38 \text{ см}.$$

Ответ: $x = 38 \text{ см}$



75. Изображение протяженного предмета в оптической системе – это совокупность изображений точек, образующих предмет. Построение изображения $A'B'$ предмета AB в линзе показано на рисунке.



Так как точка A находится на расстоянии $2F$ от линзы, то её изображение A' также находится на расстоянии $2F$ от линзы, и расстояние от точки A' до главной оптической оси равно h .

Длина изображения $A'B' L = \sqrt{(OC - 2F)^2 + (B'C - h)^2}$.

Из формулы тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{2F - l} + \frac{1}{OC}$ получим: $OC = \frac{F(2F - l)}{F - l} = 60$ см.

$\frac{B'C}{h} = \frac{OC}{2F - l}$, откуда: $B'C = h \frac{OC}{2F - l} = 30$ см.

Окончательно $L = \sqrt{(20)^2 + (15)^2} = \sqrt{625} = 25$ см.

Ответ: $L = 25$ см

$$76. \frac{N}{t} = \frac{P}{E_{\text{фотона}}} = \frac{P\lambda}{hc} \approx 6 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$$

$$77. t = \frac{m(\lambda + c\Delta t^\circ)}{P} = 15 \text{ с}; \quad \frac{N}{t} = \frac{P}{E_{\text{фотона}}} = \frac{P\lambda}{hc} \approx 2,5 \cdot 10^{24} \text{ с}^{-1}.$$

78. Следует два раза записать уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, выразив энергию фотонов через длину волны и скорость света с учетом условия $v_1 = 2v_2$ (работа выхода зависит только от материала пластины) и решить образовавшуюся систему из двух уравнений с двумя неизвестными.

$$\text{Ответ: } A = \frac{hc}{3} \left(\frac{4}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \approx 3,8 \text{ эВ.}$$

$$79. v = \frac{c}{\lambda_0} + \frac{eq}{Ch} \approx 10^{15} \text{ Гц.}$$

$$80. v = \frac{A}{h} + \frac{(eBR)^2}{2mh} \approx 10^{15} \text{ Гц.}$$

81. Давление света p определяется только мощностью света P , падающего на площадку единичной площади. При отражении света от зеркальной поверхности давление в 2 раза больше, чем при поглощении света черной поверхностью. Рекомендуется разделить фотоны на две группы: зеркально отражающиеся от поверхности и полностью поглощаемые поверхностью. Суммарное давление всех фотонов будет равно сумме давлений этих двух групп.

Ответ: 550 нм.

$$82. \beta = \frac{E_3 - E_2}{E_\infty - E_3} = \frac{\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}}{\frac{1}{3^2} - 0} = 1,25.$$

$$83. V = \frac{mRT_0(1 - 2^{-t/T})}{(p - p_0)\mu} \approx 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 75 \text{ см}^3.$$

$$84. \eta = \frac{Pt\mu}{mN_A E_0} \approx 0,2 = 20 \, \%.$$

85. Поскольку скорость π^0 -мезона до распада много меньше скорости света для решения не требуется применение релятивистских соотношений для скорости, массы, импульса.

Частица, движущаяся со скоростью V , обладает импульсом $p \approx mV$ (при $V \ll c$) и полной энергией $E \approx mc^2$ (при $V \ll c$), где m – масса π^0 -мезона.

Энергия γ -кванта E_γ и его импульс p_γ связаны соотношением

$$p_\gamma = E_\gamma / c.$$

При распаде π^0 -мезона на два кванта с энергиями $E_1 = 1,1 \cdot E_2$ сохраняются энергия системы и ее импульс:

$$mc^2 = E_1 + E_2,$$

$$mV = \frac{E_1}{c} - \frac{E_2}{c}.$$

Разделив второе уравнение на первое, получим:

$$\frac{V}{c} = \frac{E_1 - E_2}{E_1 + E_2} = \frac{0,1E_2}{2,1E_2} = \frac{1}{21}.$$

Откуда $V = c/21 \approx 1,43 \times 10^7 \text{ м/с}$.

Указания и ответы к тренировочным вариантам в формате ЕГЭ 2020

В структуре КИМ форма заданий жестко «привязана» к его положению в варианте.

При проведении расчетов в заданиях всех частей работы достаточно часто нужно использовать различные физические постоянные. Как правило, их значения приводятся в справочных таблицах в начале каждого варианта. Запись постоянных величин (в справочных данных к варианту) приведена в тех или иных приближениях (как правило, исходя из соображений уменьшения сложности вычислений). Все ответы в КИМ вычислены с учетом этих округлений. Как правило, в первой части работы задания базового уровня, в которых необходимо записать ответ в виде числа, в ответе встречаются только целые числа или конечные десятичные дроби, а во второй части задачи повышенного уровня предполагаются округления перед записью окончательного ответа.

После решения задач с получением численного ответа на черновике учащийся вносит в указанное место в варианте числовой ответ, проверяя его в соответствии с указанными единицами измерения и заданным округлением.

В стакан калориметра, содержащий 75 г воды, опустили кусок льда при температуре 0 °С. Начальная температура калориметра с водой 55 °С. После того как наступило тепловое равновесие, температура калориметра с водой стала равной 5 °С. Определите массу льда в граммах (г), округлив до целого. Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь

Ответ: 4 г

В конце работы в бланк ответа № 1 переносится **только число без единиц измерения**.

Бланк

7	4														
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Для расчетных задач высокого уровня сложности (задания № 29–32 с развернутым ответом) необходим анализ всех этапов решения. Расчетные задачи в одном варианте подбираются разной трудности: от 10 до 30–40% выполнения. Как правило, самое трудное задание рассчитано лишь на выпускников высокого уровня подготовки, а с менее сложными справляется и менее подготовленная группа тестируемых.

Приступая к выполнению расчетных задач 29–32, целесообразно сначала ознакомиться с содержанием всех четырех задач, расположить их в порядке нарастания (по мнению ученика) сложности. Начинать лучше с простых заданий, чтобы не потерять баллы на оформлении или случайных ошибках, которые наиболее вероятны, если выполнять эти задания в конце и в спешке.

Полное правильное решение таких задач предполагает запись всех физических законов и формул, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом. При оценивании принимаются во внимание только те законы и формулы, которые указаны в Кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников для проведения единого государственного экзамена по физике. Формулы, получаемые путем преобразования нескольких формул из кодификатора, не будут приниматься в качестве верных исходных уравнений для решения задач, их нужно выводить.

Кроме того должны быть описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов). При этом если участник экзамена записал «Дано» в традиционных обозначениях физических величин, которые указаны в кодификаторе, то других дополнительных пояснений не требуется. Словесные пояснения необходимы только

в тех случаях, когда по ходу решения появляется новая физическая величина (например, промежуточное значение скорости или параметры газа, не указанные в условии и т.п.). Однако здесь так же надо учитывать, что используемые обозначения должны соответствовать стандартным обозначениям кодификатора.

Обратим внимание, что обозначения в Кодификаторе могут отличаться от обозначений, используемых в некоторых школьных учебниках. Например, молярная масса в школьных учебниках обозначается M , а в кодификаторе μ ; расстояния от линзы до источника света и его изображения в некоторых школьных учебниках обозначаются a и b , в Кодификаторе – d и f .

В ряде заданий с развернутым ответом требуется:

- а) дополнительно сделать рисунок с указанием сил, действующих на тело, и в этом случае в схему оценивания задания для экспертов включается требование к правильности рисунка в описание полного правильного ответа;
- б) изобразить схему электрической цепи или оптическую схему, и в этом случае в схему оценивания задания для экспертов включается требование к правильности рисунка в описание полного правильного ответа.

Если в задании не требуется получения числового ответа, то в критериях проверки задания вносятся изменения.

Если условие задачи предполагает определение данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки, то критерии оценивания для экспертов содержат требование к правильности определения исходных данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки.

Таким образом, решение задачи с развернутым ответом, оцениваемое 2 баллами, означает понимание физической сути описываемых в задаче процессов, верную запись ВСЕХ уравнений и осмысленные математические действия, направленные на решение задачи. Однако такое решение может содержать как один, так и все из перечисленных выше недостатков. Снизить балл при верном решении эксперт может, если учащийся не описал одну из вводимых вновь физических величин. Однако теми же 2 баллами будет оценено решение, в котором допущена ошибка в преобразованиях, и, соответственно, получен неверный ответ, а также есть недочеты в описании новых величин. Ясно, что в обоих случаях учащийся успешно справляется с физической частью задачи, а решение на 2 балла подразумевает достаточно широкий диапазон математических погрешностей и погрешностей в оформлении решения.

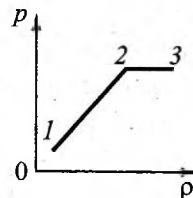
Одно из заданий с развернутым ответом – качественная задача, в которой решение представляет собой логически выстроенное объяснение с опорой на физические законы и закономерности. Ниже приведен пример такой задачи с ответом и критериями оценивания.

На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются температура и объём газа в зависимости от плотности в процессах 1–2 и 2–3.

Возможное решение

1. Плотность газа $\rho = m/V$, где m – масса газа, V – его объём. В соответствии с уравнением Менделеева–Клапейрона

$$p = \frac{m}{\mu V} RT = \frac{\rho}{\mu} RT.$$



На участке 1–2 давление изменяется пропорционально плотности газа: $p \sim \rho$. Следовательно, в этом процессе температура газа не изменяется. Поскольку плотность газа на этом участке возрастает, объём газа уменьшается.

2. В процессе 2–3 плотность газа возрастает, что означает уменьшение его объёма. Давление газа при этом не изменяется, следовательно, согласно уравнению Менделеева–Клапейрона температура газа уменьшается.

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

Здесь хочется отметить, что решение, оцениваемое 2 баллами, обязательно предполагает *правильный ответ и объяснение*. В объяснении допускается целый ряд недостатков (как один, так и все перечисленные в этом пункте критериев): логический недочет (т.е. пропуск

одного из логических шагов объяснения), лишние записи (как правило, рассуждения, которые не относятся к решению задачи) и отсутствие указания на одно из используемых явлений или закономерность. Если при правильном ответе и рассуждениях не указано два используемых явления или закономерности, то решение оценивается максимально 1 баллом.

Вариант 1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	90	11	15 или 51	21	23
2	14	12	23	22	251
3	30	13	вниз	23	34 или 43
4	60	14	18	24	134 или 431 или 314 или 413 или 341 или 143
5	24 или 42	15	4	26	8,31
6	33	16	34 или 43	27	3
7	13	17	12		
8	0,5	18	13		
9	1,5	19	48		
10	40	20	16		

25. Возможное решение.

Груз движется с ускорением под действием силы натяжения пружины и силы тяжести. Второй закон Ньютона с учетом направления ускорения (вертикально вниз) в проекции на вертикальную ось системы координат $mg - T = ma$.

Согласно закону Гука удлинение пружины $\Delta x = T/k$.

Из кинематики равноускоренного движения известно, что ускорение и пройденный за время t путь s связаны соотношением $s = at^2/2$.

Тогда длина пружины в ходе движения

$$l = l_0 + \Delta x = l_0 + T/k = l_0 + (mg - ma)/k = l_0 + (mg - 2ms/t^2)/k = 0,175(\text{м})$$

Ответ: 17,5 см

28. Во время перемещения – силу тока, текущего через миллиамперметр справа налево, после прекращения перемещения движка реостата сила тока равна нулю. Следует применить понимание явления электромагнитной индукции и правило Ленца.

29. Сила, необходимая для начала движения кубика вдоль наклонной плоскости находится стандартно, путем применения второго закона Ньютона и закона сухого трения ($F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$ и $F_1 = F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = 0,5 \text{ Н}$). Для нахождения силы F_2 , обеспечивающей начало движения при приложении силы вдоль основания наклонной плоскости, следует учесть, что сила трения направлена против начальной скорости, которая в свою очередь направлена вдоль начального ускорения, то есть вдоль направления равнодействующей всех сил. Записав второй закон Ньютона в проекциях на оси, направленные вдоль наклонной плоскости, перпендикулярно наклонной плоскости и параллельно основанию наклонной плоскости, получим, что предельная сила трения покоя $F_{\text{тр}} = \mu N$ направлена вдоль диагонали прямоугольника, образованного силой F_2 и проекцией силы тяжести вдоль наклонной плоскости $mg \sin \alpha$. Применяя теорему Пифагора, получим $F_2 = \sqrt{(\mu N)^2 - (mg \sin \alpha)^2} \approx 1,12 \text{ Н}$.

Искомая величина $F_2 - F_1 \approx 1,12 \text{ Н} - 0,5 \text{ Н} \approx 0,62 \text{ Н}$

Ответ: примерно на 0,62 Н.

30. Следует перечертить диаграмму процесса в координатах $p-V$. КПД цикла, состоящего из двух изохор (1–2 и 3–4) и двух изобар (2–3 и 4–1) – это отношение работы газа за цикл к ко-

личеству теплоты, полученной газом за цикл $\eta = A/Q_{\text{пол}}$. Работа газа за цикл, если в состоянии 1 давление равно p_0 , $A = p_0 V_0$ (геометрический смысл площади цикла в координатах $p-V$ – это работа газа за цикл). Количество теплоты полученной за цикл, это сумма количеств теплоты, полученных в изохорном процессе 1–2 и изобарном процессе 2–3 (на 3–4 и 4–1 газ отдает тепло окружающим телам), которое вычисляется на основе первого закона термодинамики и уравнения Менделеева – Клапейрона:

$$Q_{\text{пол}} = Q_{12} + Q_{23} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + A_{23} = 3\nu R (T_2 - T_1)/2 + 3\nu R (T_3 - T_2)/2 + p_2 (V_3 - V_2) = \\ = (3/2)(p_2 V_2 - p_1 V_1) + (3/2)(p_3 V_3 - p_2 V_2) + (p_2 V_3 - p_2 V_2)$$

Учитывая, что $p_2 = p_3 = 2p_0$, $V_2 = V_0$, $V_3 = 2V_0$, получим $Q_{\text{пол}} = 13p_0 V_0/2$ и $\eta = 2/13$.

Ответ: $\eta = 2/13 \approx 15\%$

31. До размыкания ключа в стационарном состоянии ток течет через лампочку, резистор и катушку. При этом конденсатор заряжен и сохраняет запасенную энергию $W_C = CU_C^2/2$. Катушка, по которой течет ток, также обладает энергией $W_L = LI_L^2/2$. После размыкания ключа в системе возникнут электромагнитные колебания, в ходе которых запасенная в конденсаторе и катушке энергия выделится в виде тепла за счет нагревания резистора и нити накала лампочки, то есть искомое

$$Q = LI_L^2/2 + CU_C^2/2.$$

Для нахождения силы тока через катушку следует учесть, что резистор и лампочка соединены параллельно и их общее сопротивление равно

$$R_{\text{общ}} = R_L R_p / (R_L + R_p) = 3,2 \text{ Ом}.$$

Используя закон Ома для полной цепи, получим силу тока через источник тока

$$I = \mathcal{E} / (R_{\text{общ}} + r) = 6 \text{ А}.$$

Так как при параллельном соединении резистора и лампочки постоянный ток делится между ними обратно пропорционально сопротивлениям, то сила тока через резистор и катушку

$$I_L / I_p = R_p / R_L = 4$$

Тогда ток через катушку составляет 4/5 от общего тока

$$I_L = 4I/5 = 4,8 \text{ А}$$

Напряжение на конденсаторе до размыкания ключа равно напряжению на источнике или напряжению на лампочке или напряжению на участке резистор-катушка или напряжению на резисторе, так как катушка имеет нулевое сопротивление.

$$U_C = U_{Rp} = I_L R_p = 19,2 \text{ В}$$

Полученные значения I_L и U_C позволяют рассчитать искомую величину

$$Q = W_L + W_C \approx 2,30 \text{ Дж} + 0,37 \text{ Дж} \approx 2,7 \text{ Дж}$$

Ответ: $\approx 2,7 \text{ Дж}$

32. Интенсивность монохроматического света может быть выражена в числе фотонов, падающих за 1 с на приемник света N_ϕ/t , либо в виде энергии, приносимой фотонами за секунду, то есть в виде мощности излучения.

Информацию о числе фотонов падающих на фотокатод при фотоэффекте дает значение предельного тока, так как предел обусловлен тем, что каждый выбиваемый светом электрон при таком напряжении между катодом и анодом долетает до анода и вносит свой вклад в наблюдаемую силу тока.

С учетом квантового выхода ϕ и элементарного заряда e сила предельная сила тока

$$I = q/t = N_{\text{эл}} e/t = \phi N_\phi e/t$$

$$N_\phi/t = I/\phi e = 2,5 \times 10^{17} \text{ (фотонов в секунду)}$$

Для получения мощности излучения полученное значение следует умножить на энергию одного фотона $h\nu$

$$P = h\nu N_\phi/t = h\nu I/\phi e \approx 0,086 \text{ Вт}$$

Ответ: $\approx 0,086 \text{ Вт}$.

Вариант 2

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	2	11	34 или 43	21	33
2	2,25	12	21	22	0,450,05
3	507	13	от наблюдателя	23	23 или 32
4	32	14	14,4	24	12 или 21
5	25 или 52	15	120	26	660
6	32	16	14 или 41	27	– 10
7	31	17	23		
8	2	18	34		
9	– 150	19	01		
10	2	20	60		

25. Закон сохранения энергии для скатывания с гладкой горки длиной L с углом наклона α
 $mg L \sin \alpha = mv^2/2$

Второй закон Ньютона для движения кубика по горизонтальной плоскости в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси

$$F_{\text{тр}} = ma$$

$$N = mg$$

Закон сухого трения $F_{\text{тр}} = \mu N$

Для кинематики равноускоренного движения по горизонтальной плоскости для пройденного пути и конечной скорости

$$s = vt - at^2/2$$

$$0 = v - at$$

Решая уравнения получим $\mu = L \sin \alpha / s = 0,6$

Ответ: 0,6

28. Суммарная сила направлена вверх. Индукционный ток направлен по часовой стрелке (правило Ленца для явления электромагнитной индукции). Силы Ампера действующие на верхнюю и нижнюю части рамки при возникновении в ней индукционного тока, направлены в противоположные стороны, но сила, действующая на нижнюю сторону рамки больше по модулю, так как находится в более сильном магнитном поле за счет близости к источнику магнитного поля (провод с током). Силы Ампера, действующие на боковые стороны рамки сдвигают ее и компенсируют друг друга.

29. Нить после удара обрывается потому, что шарик, начиная двигаться со скоростью v_1 , приобретает центростремительное ускорение, направленное вертикально вверх, что, согласно второго закона Ньютона ($T - mg = mv_1^2/L$), означает, что сила натяжения увеличивается на величину v_1^2/L . Скорость v_1 шарика после абсолютно упругого удара можно найти используя закон сохранения импульса и энергии для процесса соударения.

$$mv = mv_{1x} + mv_{2x}$$

$$mv^2/2 = mv_{1x}^2/2 + mv_{2x}^2/2$$

Как известно, решение такой системы уравнений для тел равной массы приводит к решению $v_{1x} = v$ и $v_{2x} = 0$, то есть шарик начнет двигаться со скоростью бруска, а брусок остановится.

$$\text{Тогда } v = \sqrt{\frac{2(T - mg)}{m}} \approx 1,4 \text{ м/с.}$$

Ответ: $\approx 1,4 \text{ м/с/}$

30. Архимедова сила в воздухе плотностью ρ действует на шар объемом V и на контейнер с грузом объемом V_0 :

$$F_A = \rho g (V + V_0).$$

Она уравнивает силу тяжести контейнера и силу тяжести гелия внутри шара (массой оболочки можно пренебречь по условию)

$$F_A = mg + m_{\text{He}}g.$$

Плотность воздуха (молярная масса μ) в атмосфере при давлении p и температуре T можно найти, используя уравнение Менделеева – Клапейрона в форме, содержащей плотность газа

$$p = \rho RT / \mu.$$

$$\text{откуда } \rho = p\mu / RT.$$

Так как по условию упругостью оболочки можно пренебречь, то давление гелия внутри шара также равно p . Поэтому массу гелия внутри шара также можно вычислить на основании уравнения Менделеева – Клапейрона

$$pV = m_{\text{He}}RT / \mu_{\text{He}}$$

Использование этих соотношений дает возможность получить искомую величину

$$V = \frac{mRT - \rho\mu V_0}{\rho(\mu - \mu_{\text{He}})} \approx 9,1 \text{ м}^3.$$

Ответ: $9,1 \text{ м}^3$.

31. Напряжение на конденсаторе равно в обоих случаях напряжению на источнике. Согласно законам Ома для участка цепи $U = IR_{\text{внеш}}$ и полной цепи $I = \mathcal{E} / (R_{\text{внеш}} + r)$

$$U = \mathcal{E} - Ir$$

Сопротивление внешнего участка падает после подключения $R_2 = 4r$ параллельно $R_1 = 3r$. Выразив сопротивление внешнего участка цепи $R_{\text{внеш}}$ через внутреннее сопротивление источника в первом и втором случае по закону Ома для полной цепи получаем силы тока I_1 и I_2 , а затем и напряжение на конденсаторе U_1 и U_2 . Так как энергия конденсатора

$$W = CU^2 / 2,$$

отношение энергий до и после замыкания ключа W_1 / W_2 равно отношению

$$U_2^2 / U_1^2 = 100/27 \approx 3,7$$

Ответ: $\approx 3,7$ раза.

32. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A + mv^2 / 2$$

позволяет вычислить скорость влетающего из фотокатода электрона v .

Равномерное движение вылетевшего электрона в скрещенных электрическом и магнитном полях, означает, что сила Лоренца, действующая на него со стороны магнитного поля, равна силе, действующей на него со стороны электрического поля.

Это возможно только при следующем расположении векторов \vec{B} , \vec{F} и \vec{v} (см. рис.)

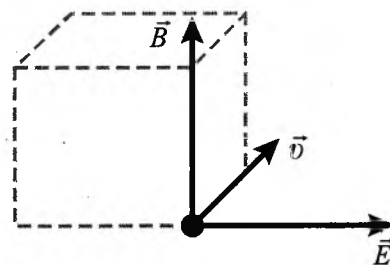
Приравняв выражения для двух сил,

$$eE = evB$$

получаем выражение для напряженности электрического поля

$$E = vB = B \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m}} \approx 296 \text{ (В/м)}.$$

Ответ: $\approx 296 \text{ В/м}$

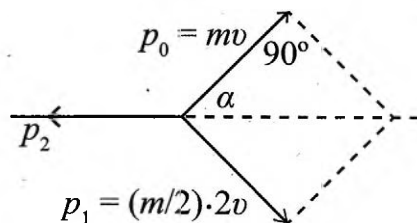


Вариант 3

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	30	11	12 или 21	21	13
2	0,2	12	12	22	1,000,05
3	0,4	13	вниз	23	24 или 42
4	125	14	4	24	125 или 152 или 215 или 251 или 512 или 521
5	14 или 41	15	300	26	563
6	12	16	14 или 41	27	-0,0072
7	34	17	11		
8	1	18	32		
9	6	19	2020		
10	1,8	20	22,5		

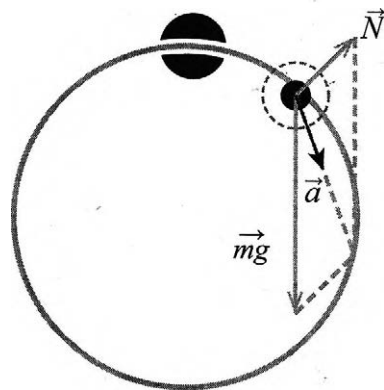
25. Возможное решение.

Импульсы исходного снаряда p_0 и импульсы осколков с учетом закона сохранения импульса и равенства массы осколков показаны на рисунке



Как видно из рисунка угол $\alpha = 45^\circ$, а искомый угол тогда равен 135° .

28. Ускорение направлено по равнодействующей. На шарик действуют только две силы: тяжести шарика и упругости кольца (кольцо гладкое и трения вдоль кольца нет). Чтобы равнодействующая этих двух сил была направлена правее вертикали, сила упругости кольца должна быть направлена по радиусу кольца во внешнюю сторону от кольца (см. рис.). Это значит, что шарик прогибает кольцо вовнутрь и появляется сила упругости, направленная наружу.



29. Так как брусок движется относительно клина равномерно, то его ускорение относительно поверхности стола равно ускорению клина. В горизонтальном направлении на систему тел «клин-брусок» действует только сила \vec{F} , поэтому ускорение клина и бруска направлено горизонтально и равно

$$a = F/(m + M)$$

Если рассмотреть движение бруска отдельно, то в системе отсчета, связанной с поверхностью стола, это ускорение сообщается суммой сил трения, нормальной реакции клина и тяжести бруска. Выбрав систему координат с осью Ox , направленной по направлению силы, и осью Oy перпендикулярной плоскости стола, можно записать второй закон Ньютона в проекциях на эти оси и закон сухого трения. Сила трения направлена при скольжении бруска вдоль поверхности клина против его скорости.

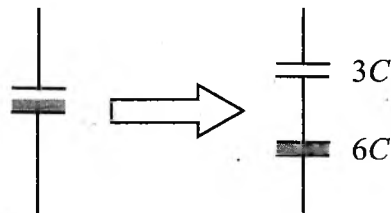
$$\begin{aligned} N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha &= ma \\ N \cos \alpha + F_{\text{тр}} \sin \alpha - mg &= 0 \\ F_{\text{тр}} &= \mu N \end{aligned}$$

Решая систему уравнений получим $\mu = \frac{(m+M)gtg\alpha - F}{(m+M)g + Ftg\alpha}$

Ответ: $\mu = \frac{(m+M)gtg\alpha - F}{(m+M)g + Ftg\alpha}$.

30. Ответ: 563 г

31. Так как заряд на пластинах конденсатора одинаков в обоих случаях, то отношение энергий будет равно отношению емкостей конденсатора. Емкость конденсатора с диэлектрической прокладкой можно вычислить как емкость двух последовательно соединенных конденсаторов (см. рис.). Так как емкость конденсаторов с площадью пластин S , расстоянием между ними d и диэлектрической проницаемостью среды между



ними ϵ рассчитывается по формуле $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$,

то один из конденсаторов, имея расстояние между пластинами в 3 раза меньшее, чем исходный конденсатор имеет емкость в 3 раза больше. Второй конденсатор имеет расстояние $2d/3$ и заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4$, его емкость больше в $1,5 \times 4 = 6$ раз, то есть равна $6C$. Используя формулу для батареи последовательно соединенных конденсаторов $\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{3C} + \frac{1}{6C}$, получим $C_{\text{общ}} = 2C$. Таким образом емкость конденсатора увеличится в 2 раза, а его энергия $W_C = \frac{q^2}{2C_{\text{общ}}}$ уменьшится в 2 раза.

Ответ: уменьшилась в 2 раза.

32. Согласно закону электромагнитной индукции ЭДС индукции в каждый момент времени связано со скоростью изменения потока

$$|\mathcal{E}_{\text{инд}}| = |\Delta\Phi/\Delta t|.$$

Тогда сила тока в разные промежутки времени согласно закона Ома для полной цепи

$$I = |\mathcal{E}_{\text{инд}}|/R = |\Delta\Phi|/R\Delta t.$$

Заряд, протекший по кольцу в каждый промежуток времени

$$\Delta q = I\Delta t = |\Delta\Phi|/R$$

Отсюда ясно, что суммарный заряд, протекший по кольцу во время внесения кольца в магнитное поле, не будет зависеть от скорости внесения кольца, а будет определяться только суммарным изменением потока в ходе процесса

$$q = \Phi/R = BS/R$$

Площадь контура (площадь кольца) $S = \pi D^2/4$, где D – диаметр кольца. Сопротивление провода, из которого сделано кольцо $R = 4\rho \times \pi D/\pi d^2$ (ρ – удельное электрическое сопротивление меди, d – диаметр провода круглого сечения).

Таким образом, искомое $q = B\pi Dd^2/16\rho \approx 0,35$ (мКл).

Ответ: $\approx 0,35$ мКл

Вариант 4

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	37,5	11	13 или 31	21	21
2	40	12	12	22	605
3	100	13	вверх	23	23 или 32
4	50	14	2	24	23 или 32
5	35 или 53	15	0,0125	26	1
6	33	16	0,3	27	1,25
7	43	17	13		
8	200	18	32		
9	1	19	1718		
10	4	20	1		

25. Возможное решение.

Стержень длиной l покоится под действием четырех сил (см. рис.). Условия равновесия включает равенство нулю суммы всех сил

$$N_2 = mg$$

$$F_{\text{тр}} = N_1$$

и равенство моментов сил относительно, например оси, проходящей через точку приложения силы N_1

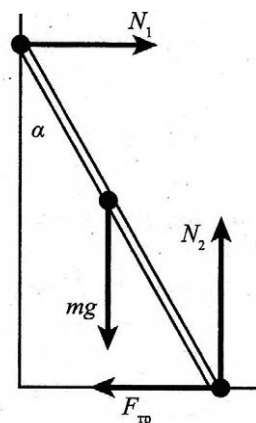
$$(mgl \sin \alpha)/2 + F_{\text{тр}} l \cos \alpha = N_2 l \sin \alpha$$

С учетом закона сухого трения и уравнения $N_2 = mg$ условие равенства моментов имеет вид $(mgl \sin \alpha)/2 + \mu mgl \cos \alpha = mgl \sin \alpha$

Откуда, сокращая уравнение на mgl легко получить $\sin \alpha/2 + \mu \cos \alpha = \sin \alpha$

Откуда предельный коэффициент трения $\mu = \tan \alpha/2 = \sqrt{3}/4 \approx 0,3$

Ответ: $\mu \approx 0,3$



28. Давление могло повыситься из-за накопления в контейнере газа, образующегося в результате радиоактивного распада. При α -распаде из радиоактивного препарата вылетают ядра гелия, которые ударяясь о стенки контейнера могут захватывать электроны стенок контейнера и превращаться в газообразный гелий. Кроме того, продуктом радиоактивного α -распада могут быть газы, например, радон (${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{226}_{88}\text{Rn}$).

29. До погружения мяча он плавает на поверхности, погрузившись так, что под водой находится часть мяча объемом V_1 , и сила его тяжести Mg равна архимедовой силе $\rho g V_1$:

$$Mg = \rho g V_1.$$

После погружения возросшая архимедова сила $\rho g V_0$ уравновешивается силой натяжения бечевки T и силой тяжести мяча Mg : $\rho g V_0 = T + Mg$.

Таким образом, искомая сила натяжения бечевки, $T = \rho g V_0 - Mg = \rho g V_0 - \rho g V_1 = \rho g (V_0 - V_1)$ ($V_0 - V_1$) – это объем вытесненной при погружении мяча воды, которая по условию равна Sh :

$$(V_0 - V_1) = Sh.$$

Решая уравнения совместно, получим $T = \rho g Sh = 400$ (Н).

Ответ: 400 Н.

30. Участок 1–2 процесса – это изотермическое расширение, при котором работа газа равна полученному от внешних тел количеству теплоты

$$Q_{12} = A$$

Участок 2–3 процесса изохорное нагревание, так как давление прямо пропорционально температуре, поэтому полученное количество теплоты равно изменению внутренней энергии газа

$$Q_{23} = U_{23} = 3\nu R(T_3 - T_2)/2$$

Так как 1–2 процесс изотермический $T_2 = T_1 = 300$ К. Так как на участке 2–3 давление достигло исходного значения, значит оно возросло в 3 раза, а для изохорного процесса это эквивалентно трехкратному возрастанию температуры, т.е.

$$T_3 = 3T_2 = 900 \text{ К}$$

$$\text{и } Q_{23} = 3 \times 8,31 \times 600/2 = 7479 \text{ (Дж)}.$$

Искомое количество теплоты

$$Q = A + Q_{23} = 10229 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: $\approx 10,2$ кДж.

31. Второй проводник, к которому не приложена внешняя сила, движется с постоянной скоростью благодаря тому, что в нем возникает электрический ток и на него вследствие этого действует сила Ампера. Равномерность движения говорит о том, что эта сила уравнивается силой трения проводника о направляющие.

$$F_A = F_{\text{тр}}$$

Сила трения согласно закону сухого трения

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$$

Для расчета силы Ампера следует знать силу индукционного тока. Ток возникает благодаря явлению электромагнитной индукции. Магнитный поток меняется за счет изменения площади контура, ограниченного двумя проводниками и двумя направляющими, двигающимися с разной скоростью:

$$\Delta\Phi/\Delta t = Bv_{\text{отн}}l$$

Сила тока определяется ЭДС индукции $\mathcal{E}_{\text{инд}} = \Delta\Phi/\Delta t = Bv_{\text{отн}}l$ и сопротивлением двух проводников

$$I = \mathcal{E}_{\text{инд}}/2R = Bv_{\text{отн}}l/2R$$

Тогда сила Ампера

$$F_A = BIl = B^2v_{\text{отн}}l^2/2R$$

Сравнение полученного выражения с силой трения дает ответ на искомый вопрос

$$B^2v_{\text{отн}}l^2/2R = \mu mg$$

$$v_{\text{отн}} = 2R\mu mg/B^2l^2 = 8 \text{ (м/с)}$$

Ответ: 8 м/с.

32. Скорость шарика конического маятника находится с использованием второго закона Ньютона для равномерного движения по окружности с центростремительным ускорением v^2/R : $mg\text{tg}\alpha = mv^2/R = mv^2/l\sin\alpha$, откуда

$$v = \sqrt{gl\sin\alpha\text{tg}\alpha}$$

Расстояние f от линзы до экрана, на котором будет отображаться изображение шарика, находится по формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$$

Скорость движения изображения будет отличаться от скорости реального шарика в Γ раз, так как $v = 2\pi R / T$, а радиус траектории изображения будет определяться линейным увеличением линзы $\Gamma = f / d$, т.е. $v_i = \Gamma v$

Объединяя уравнения, получим $v_i = \frac{F}{d - F} \sqrt{gl\sin\alpha\text{tg}\alpha} \approx 0,2 \text{ (м/с)}.$

Ответ: $\approx 0,2$ м/с.

Вариант 5

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	1	11	45 или 54	21	21
2	20	12	13	22	8,60,2
3	24	13	влево	23	14 или 41
4	10	14	1,5	24	134 или 431 или 143 или 413 или 314 или 314
5	14 или 41	15	5	26	1200
6	22	16	24 или 42	27	400000
7	31	17	13		
8	1,25	18	41		
9	24	19	5064		
10	40	20	1		

25. *Возможное решение.*

Закон сохранения энергии для спуска первого шара в точку соударения

$$m_1gh = m_1v_1^2/2.$$

Закон сохранения импульса для процесса соударения

$$m_1v_1 = m_2v_2.$$

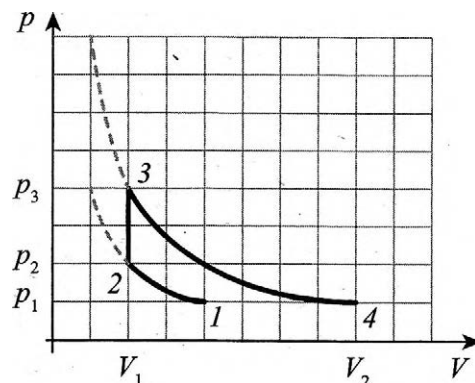
Закон сохранения энергии для подъема второго шара на высоту $h/4$

$$m_2v_2^2/2 = m_2gh/4$$

Решение системы из трех уравнений приводит к результату $m_2/m_1 = 2$.

28. Диаграмма процесса в координатах p - V показана на рисунке. Она состоит из двух изотерм и изохоры. На участке 1–2 и 3–4 на исходной диаграмме неизменна внутренняя энергия, которая однозначно связана с температурой $U = 3\nu RT/2$

На рисунке явно видно, что работа газа (площадь под кривой) максимальна по модулю на участке 3–4.



29. После неупругого удара левый кубик с прилипшим к нему налетающим кубиком начнут двигаться со скоростью v_1 вдвое меньшей v . Это следует из применения закона сохранения импульса к быстро слипающимся кубикам: $mv/2 = mv_1$

При дальнейшем движении кубиков вместе с пружиной, минимум длины пружины (прекращение ее сжатия) достигается в момент равенства скоростей кубиков. До этого момента левый кубик тормозит, правый ускоряется (это следствие направления силы упругости пружины, действующей на каждый кубик), а после этого момента левый кубик продолжает тормозить, а правый ускоряется. Таким образом, после уравнивания скоростей, расстояние между кубиками начинает увеличиваться.

Значение одинаковых скоростей v_2 можно найти опять таки из закона сохранения импульса

$$mv_1 = 2mv_2, \text{ то есть } v_2 = v_1/2 = v/4$$

Удлинение пружины в этот момент времени находится из закона сохранения энергии для моментов времени, сразу после удара двух кубиков и момента времени, когда их скорости сравнялись

$$\frac{m(v/2)^2}{2} = 2 \frac{m(v/4)^2}{2} + \frac{k(L - L_{\min})^2}{2}$$

Откуда

$$L_{\min} = L - \frac{v}{2\sqrt{2}} \sqrt{\frac{m}{k}}$$

30. Давление паров в баке днем $p_1 = p_{01}$, ночью $p_2 = p_{02}$, так как пары после выпадения росы насыщенные. Массу паров висящих в воздухе находим, используя для парциального давления паров уравнение Менделеева – Клапейрона, днем $m_1 = \frac{\mu p_1 V}{RT_1}$ и ночью $m_2 = \frac{\mu p_2 V}{RT_2}$.

Объем бака $V = abc$

Искомое значение массы выпавшей росы составит

$$m_1 - m_2 = \frac{abc\mu}{R} \left(\frac{p_{01}}{T_1} - \frac{p_{02}}{T_2} \right) \approx 0,43 \text{ (кг)}.$$

Ответ: $\approx 430 \text{ г}$.

31. В первом случае ток идет через оба резистора, во втором – только через резистор R_2 , так как диод закрыт.

В первом случае сила тока через источник равна

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + r} = \frac{3}{7} \cdot \frac{\mathcal{E}}{r}$$

во втором

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r} = \frac{\mathcal{E}}{5r}$$

В первом случае выделяемая на внешней части цепи мощность $P_1 = I_1^2 \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{36}{147} \cdot \frac{\mathcal{E}^2}{r}$

во втором – $P_2 = I_2^2 \cdot R_2 = \frac{4}{25} \cdot \frac{\mathcal{E}^2}{r}$

Искомое соотношение: $P_1 / P_2 = (36 \cdot 25) / (147 \cdot 4) = 75 / 49$

Ответ: $75/49 \approx 1,53$

32. Максимальное значение напряжения на конденсаторе

$$U_0 = Ed.$$

Максимальное значение силы тока можно найти из закона сохранения энергии в идеальном колебательном контуре

$$\frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}$$

Для этого необходимо знать значение емкости конденсатора. Его можно найти по формуле Томсона по известной частоте, принимаемой волны

$$\frac{1}{v} = 2\pi\sqrt{LC}$$

Решая систему уравнений, получаем искомое

$$I_0 = \frac{E_d}{2\pi v L} \approx 0,265 \cdot 10^{-3} \text{ А}.$$

Ответ: $0,27 \text{ мА}$.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ И ТРЕНИРОВОЧНЫХ ВАРИАНТОВ	7

Часть I

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОДБОРКИ ЗАДАНИЙ, ТРЕБУЮЩИХ КРАТКОГО ОТВЕТА

ЗАДАНИЯ НА ПОЛУЧЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО ОТВЕТА, СОПОСТАВЛЕНИЕ И МНОЖЕСТВЕННЫЙ ВЫБОР (задания № 1–27 в вариантах КИМ ЕГЭ)	9
Тематический блок № 1 «Кинематика»	9
Тематический блок № 2 «Динамика и статика»	18
Тематический блок № 3 «Законы сохранения в механике»	31
Тематический блок № 4 «Механические колебания и волны»	40
Тематический блок № 5 «Молекулярная физика и газовые законы»	49
Тематический блок № 6 «Термодинамика идеального газа»	56
Тематический блок № 7 «Фазовые переходы»	68
Тематический блок № 8 «Электростатика»	75
Тематический блок № 9 «Постоянный ток»	85
Тематический блок № 10 «Магнитное поле»	97
Тематический блок № 11 «Электромагнитные колебания и волны»	109
Тематический блок № 12 «Геометрическая оптика»	117
Тематический блок № 13 «Волновая оптика»	125
Тематический блок № 14 «Специальная теория относительности»	131
Тематический блок № 15 «Квантовая физика. Атом»	134
Тематический блок № 16 «Ядерная физика»	145
Тематический блок № 17 «Элементы астрофизики»	156
Тематический блок № 18 «Методы научного познания»	166

Часть II

ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ЗАДАНИЯ, ТРЕБУЮЩИЕ РАЗВЕРНУТОГО ОТВЕТА

ЗАДАНИЯ, ПРОВЕРЯЮЩИЕ УМЕНИЕ ДАТЬ РАЗВЕРНУТЫЙ ОТВЕТ НА КАЧЕСТВЕННЫЙ ВОПРОС (задание № 28 в КИМ ЕГЭ)	183
ЗАДАНИЯ, ПРОВЕРЯЮЩИЕ УМЕНИЕ ДАТЬ РАЗВЕРНУТОЕ РЕШЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ЗАДАЧИ (задания № 29–32 в КИМ ЕГЭ)	192

Часть III

ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ВАРИАНТЫ В ФОРМАТЕ ЕГЭ 2020

ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ	206
ВАРИАНТ 1	207
ВАРИАНТ 2	215
ВАРИАНТ 3	222
ВАРИАНТ 4	230
ВАРИАНТ 5	238

Часть IV

ОТВЕТЫ

Ответы к тренировочным заданиям типа №1-27 КИМ ЕГЭ	246
Ответы и указания к заданиям, требующим развернутого ответа на качественный вопрос (задание № 28 в варианте КИМ ЕГЭ)	250
Ответы к тренировочным заданиям, требующим развернутого ответа расчетных задач (задания № 29–32 КИМ ЕГЭ)	259
Указания и ответы к тренировочным вариантам в формате ЕГЭ 2020	275