

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

ЕДИННЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

2015



ФИЗИКА

ОПТИМАЛЬНЫЙ
БАНК ЗАДАНИЙ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К

ЕГЭ

РУССКИЙ ЯЗЫК
МАТЕМАТИКА
ФИЗИКА
ХИМИЯ
БИОЛОГИЯ
ГЕОГРАФИЯ
ИСТОРИЯ
ОБЩЕСТВОЗНАНИЕ
ЛИТЕРАТУРА
ИНФОРМАТИКА
АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК
НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК
ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

В.А. Орлов, М.Ю. Демидова, Г.Г. Никифоров, Н.К. Ханнанов

**ОПТИМАЛЬНЫЙ БАНК ЗАДАНИЙ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ**

**ЕДИНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭКЗАМЕН
2015_**

ФИЗИКА



Москва
«Интеллект-Центр»
2015

Для создания пособия Федеральным институтом педагогических измерений авторам предоставлено право использования ресурсов открытого банка заданий.

Орлов, В.А.

О-66 Оптимальный банк заданий для подготовки к ЕГЭ. Единый государственный экзамен 2015. Физика. Учебное пособие. / В.А. Орлов, М.Ю. Демидова, Г.Г. Никифоров, Н.К. Ханнанов. – Москва: Интеллект-Центр, 2015. – 168 с.

ISBN 978-5-00026-114-9

В настоящем пособии представлена система подготовки к сдаче ЕГЭ по физике, в основе которой лежит знакомство с содержанием экзаменационных заданий, алгоритмами и образцами рассуждения для их правильного выполнения. В нем содержатся общие методические рекомендации по подготовке к экзамену, а также набор типовых тренировочных заданий с методическими указаниями и ответами, что позволяет закрепить полученные знания и подготовиться к сдаче ЕГЭ.

Пособие адресовано старшеклассникам, преподавателям и родителям. Оно поможет учащимся проверить свои знания и умения по предмету, а учителям – оценить степень достижения требований образовательных стандартов отдельными учащимися и обеспечить целенаправленную подготовку к экзамену.

Издание прошло экспертизу Федерального института педагогических измерений.

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я721

Ответственный за выпуск
исполнительный директор *О.С. Ильясов*

Редактор *Д.П. Локтионов*
Художественный редактор *Е.Ю. Воробьева*
Компьютерная верстка и макет *Ю.Д. Савченко*

Подписано в печать 04.08.2014 г. Формат 60х84/8.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,0. Тираж 10 000 экз.
Заказ № 1406780.

Издательство «Интеллект-Центр»
125445, Москва, ул. Смольная, д. 24, оф. 712

arvato
BERTELSMANN

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленного электронного оригинал-макета
в ОАО «Ярославский полиграфический комбинат»
150049, Ярославль, ул.Свободы, 97

ISBN 978-5-00026-114-9

© «Интеллект-Центр», 2015
© В.А. Орлов, М.Ю. Демидова,
Г.Г. Никифоров, Н.К. Ханнанов, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Уважаемые выпускники средней школы!

Перед вами новая книга «Оптимальный банк заданий для подготовки к ЕГЭ. Единый государственный экзамен 2015. Физика». Она предназначена для подготовки обучающихся к итоговой проверке знаний и умений по физике (в том числе и в форме ЕГЭ).

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.

В первой части книги даются рекомендации по подготовке к ЕГЭ-2015 г. Кроме того на примере одной темы, приведены методические рекомендации по анализу разного типов заданий, встречающихся в ЕГЭ по физике.

Большая часть книги – тематические тренировочные материалы по всем разделам школьного курса физики. 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: заданий с выбором ответа, заданий на получение числового ответа, задания на сопоставление двух классов понятий и заданий с развёрнутым ответом (проверяющих умение анализировать физические процессы и решать расчётные задачи). Они охватывают весь материал, изучение которого предусмотрено кодификатором ЕГЭ.

Задания с выбором ответа и задания на установление соответствия в тренировочных материалах распределены по 15 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. Для заданий с развёрнутым ответом предлагаются образцы возможного решения.

В Приложении 1 дан список формул, который охватывает весь курс школьной физики. Очень полезно при подготовке к экзамену составить список буквенных обозначений входящий в формулы величин и единиц измерения каждой. Обратите внимание, что в разных частях курса одна и та же буква может обозначать разные физические величины (вес и мощность или число молей и частоту). В то же время в разных учебниках и учебных пособиях одна и та же величина обозначаться разными буквами (например, расстояние от линзы до источника света и его изображения). Также полезно, формулировки законы, названные по имени первооткрывателей, преобразовать в законы о вычислении физических величин (например, закон Джоуля – Ленца – количество теплоты, выделяющейся в проводнике при протекании по нему тока).

Обратите внимание на Приложение 4, в котором даны задания экспериментального характера, в которых вы не только должны извлечь информацию о показаниях приборах, но и, измерив линейкой определенные расстояния, ответить на вопрос задачи, используя длину масштабного отрезка или отношение длин разных отрезков. Такие задания могут войти в варианты ЕГЭ 2015 года.

Раздел I. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЕДИНОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ ЭКЗАМЕНУ В 2015 г.

1. Основные типы заданий в варианте ЕГЭ и критерии их оценивания

Контрольные измерительные материалы ЕГЭ по физике позволяют установить уровень освоения выпускниками федерального компонента государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования. Приоритетом при конструировании экзаменационной работы является необходимость проверки предусмотренных стандартом видов деятельности: усвоение понятийного аппарата курса физики, овладение методологическими знаниями, применение знаний при объяснении физических явлений и при решении задач.

Структура и содержание экзаменационной работы ЕГЭ по физике в 2015 г. сильно изменилась по сравнению с вариантами 2013–2014 гг. Работа теперь состоит из 2 частей, включающих 32 задания, среди которых есть задания новой формы. С демоверсией варианта 2015 года можно ознакомиться на сайте ФИПИ www.fipi.ru.

Задания 1, 2, 8, 9, 13, 14, 19, 20 и 23 – это задания с выбором ответа (даётся 4 варианта ответа и среди них правильный только один, его следует обвести). В заданиях 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 ответ необходимо записать в виде набора из двух цифр. Ответ на задания запишите в указанном месте. В заданиях 3–5, 10, 15, 16, 21, 25–27 ответ в виде числа необходимо записать в указанном месте. При получении числового ответа, его следует выразить в тех единицах измерения физических величин, которые указаны в месте написания ответа (___ В; ___ см; ___ %). Часто после места для ответа нет единиц измерения, это значит, что числовой ответ должен быть безразмерным (номер кривой на рисунке, коэффициент трения, отношение масс двух тел и т.п.). Своих единиц измерения в указанном месте после задания писать не нужно, там записывается только число. Возможно в условии будет указано тип округления числа, если он является иррациональным (до целого, до сотых, до двух значащих цифр).

Обведенные номера ответов и записанные в тексте варианта ответы на задания перенесите в бланк ответов № 1 рядом с номером задания.

На задания 28–32 требуется дать развёрнутые решения.

При выполнении заданий Вы можете пользоваться черновиком. Обращаем Ваше внимание на то, что записи в черновике не будут учитываться при оценивании работы.

Общее время выполнения экзаменационной работы – 235 минут. Максимальный первичный балл за выполнение всех заданий работы – 50 баллов.

На решение задач повышенного и высокого уровней сложности отводится 56% от максимального первичного балла, так как этот вид деятельности является наиболее важным для успешного продолжения образования. Здесь проверяются умения применять физические законы и формулы как в типовых учебных ситуациях, так и в нетрадиционных ситуациях, требующих проявления достаточно высокой степени самостоятельности при комбинировании известных алгоритмов действий или создании собственного плана выполнения задания.

Каждый вариант экзаменационной работы включает задания по всем основным содержательным разделам курса физики:

- 1) «Механика» (кинематика, динамика, статика, законы сохранения в механике, механические колебания и волны);
- 2) «Молекулярная физика. Термодинамика»;
- 3) «Электродинамика» (электростатика, постоянный ток, магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны, оптика);
- 4) «Квантовая физика» (элементы СТО, корпускулярно-волновой дуализм, физика атома, физика атомного ядра).

При этом для каждого раздела предлагаются задания трех уровней сложности, а для проверки наиболее важных содержательных элементов используются несколько заданий разного уровня сложности. Различные планы, по которым конструируются экзаменационные варианты, строятся по принципу содержательного дополнения так, что в целом все серии вариантов обеспечивают диагностику освоения всех включенных в кодификатор содержательных элементов.

Во второй части КИМ сосредоточены наиболее сложные задачи по физике. Три задания (№ 25–27) с получением числового ответа требуют использования знаний из одного раздела физики. Задание 28 – объяснение явления или графика на качественном уровне с указанием законов, на которых базируется объяснение. Задания 29–32 требуют применения знаний сразу из двух–трех разделов физики, т.е. высокого уровня подготовки школьников.

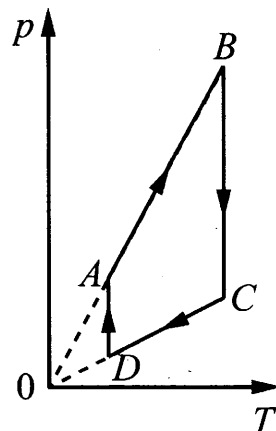
Задания с выбором ответа очень разнообразны по содержанию, но однотипны форме представления. Все они состоят из текста задания и четырех ответов.

Пример 1

На рисунке представлен график цикла, проведённого с одноатомным идеальным газом. На каком из участков внутренняя энергия газа уменьшалась? Количество вещества газа постоянно.

- 1) DA 2) AB 3) CD 4) BC

Иногда встречаются задания, в которых предлагается выбрать правильные утверждения. В этом случае формулируются три утверждения, а ответы представляют собой выбор различных сочетаний из букв, обозначающих каждое из утверждений.



Пример 2

Какие из приведённых ниже утверждений являются признаками идеального газа?

А. Размеры молекул пренебрежимо малы.

Б. Учитывается только потенциальная энергия взаимодействия молекул, кинетической энергией теплового движения молекул пренебрегают.

В. Взаимодействием между молекулами пренебрегают.

- 1) только А
2) только Б
3) только В
4) А и В

Среди заданий с выбором ответа встречаются как совсем простые, рассчитанные на воспроизведение различных определений, законов, простых явлений или свойств веществ (пример 3), так и более сложные вопросы на понимание характера протекания различных явлений или проверку отдельных формул (пример 4).

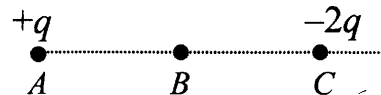
Пример 3

Время протекания тока в проводнике увеличили в 2 раза. При этом величина прошедшего по проводнику заряда тоже увеличилась в 2 раза. Как изменилась сила тока в проводнике?

- 1) увеличилась в 4 раза
2) не изменилась
3) увеличилась в 2 раза
4) уменьшилась в 4 раза

Пример 4

Точка B находится на середине отрезка AC . Неподвижные точечные заряды $+q$ и $-2q$ расположены в точках A и C соответственно (см. рисунок). Какой заряд надо поместить в точку C взамен заряда $-2q$, чтобы напряженность электрического поля в точке B увеличилась в 2 раза?



- 1) $-5q$ 2) $4q$ 3) $-3q$ 4) $3q$

При помощи заданий с выбором ответа проверяется достаточно широкий спектр умений: понимание смысла моделей, владение основными определениями физических величин, объяснение различных явлений, применение законов для анализа процессов на качественном и расчетном уровне и т.д. Следует отметить, что в заданиях первой части работы используются различные способы подачи информации: формулы, схемы, рисунки, графики (см. примеры 1-6).

Пример 5

Зависимость четырех величин от времени в единицах СИ имеет вид:

$$x_1 = 10^{-3} \sin\left(4t + \frac{\pi}{3}\right);$$

$$x_2 = 2,1 \sin(3t^2);$$

$$x_3 = 0,21 \sin(2\sqrt{t});$$

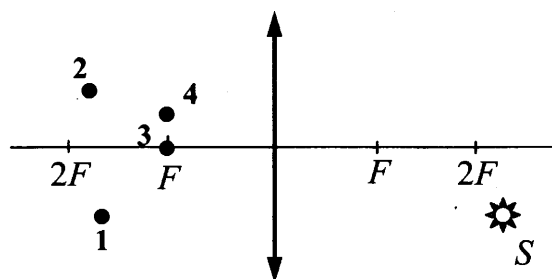
$$x_4 = 0,25t \sin\left(t + \frac{\pi}{3}\right).$$

Какая из этих величин совершает гармонические колебания?

- 1) x_1 2) x_2 3) x_3 4) x_4

Пример 6

Какая точка является изображением точки S (см. рисунок), даваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием F .



Ответ: 2

Кроме того в контрольных измерительных материалах ЕГЭ по физике используются фотографии реальных экспериментальных установок. Задания с фотографиями могут встречаться в любой части работы. Как правило, в этих случаях необходимо уметь узнавать изображенные на фотографии измерительные приборы и оборудование; а также правильно снимать показания измерительных приборов (линейка, мерная лента, транспортир, динамометр, мензурка, секундомер электронный, амперметр, вольтметр, манометр, барометр бытовой и др.).

Пример 7

На рисунках A и B приведены фотографии установки для изучения свободного падения тел. При нажатии кнопки на секундомере шарик отрывается от электромагнита (рис. A), секундомер включается; при ударе шарика о датчик, совмещенный с началом линейки с сантиметровыми делениями, секундомер выключается (рис. B).

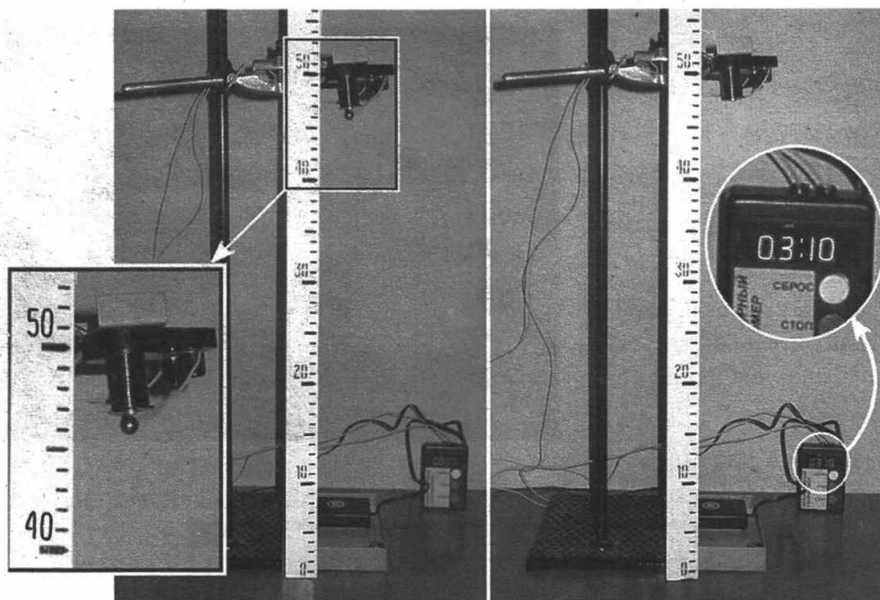


Рис. А

Рис. Б

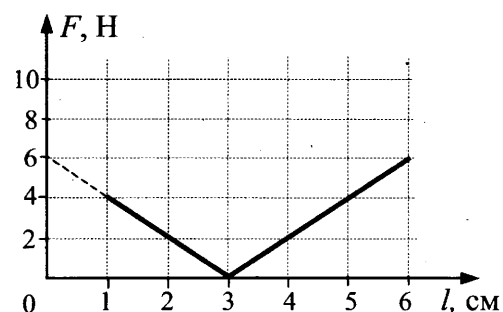
Ускорение свободного падения, по результатам эксперимента, равно

- 1) $9,57 \text{ м/с}^2$ 2) $9,81 \text{ м/с}^2$ 3) 10 м/с^2 4) 11 м/с^2

Два последних задания первой части (А20 и А21) проверяют методологические умения: конструировать экспериментальную установку исходя из формулировки гипотезы опыта, анализировать результаты экспериментальных исследований, выраженных в виде таблицы или графика, а также строить графики и делать выводы по результатам эксперимента. Подбор заданий для этих линий осуществлялся исходя из необходимости проверки в данной серии вариантов одного вида деятельности и, соответственно, независимо от тематической принадлежности конкретного задания. Примеры таких заданий приведены ниже.

Пример 8

При проведении эксперимента ученик исследовал зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины, которая выражается формулой $F(l) = k|l - l_0|$, где l_0 – длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведен на рисунке.



Какое(-ие) из утверждений соответствует(-ют) результатам опыта?

А. Длина пружины в недеформированном состоянии равна 7 см.

Б. Жесткость пружины равна 200 Н/м.

- 1) только А 2) только Б 3) и А, и Б 4) ни А, ни Б

Пример 9

Учитель продемонстрировал опыт по наблюдению напряжения, возникающего в катушке при пролёте через неё магнита (рис. 1). Напряжение с катушки поступало в компьютерную измерительную систему и отображалось на мониторе (рис. 2).

Блок компьютерной
измерительной системы

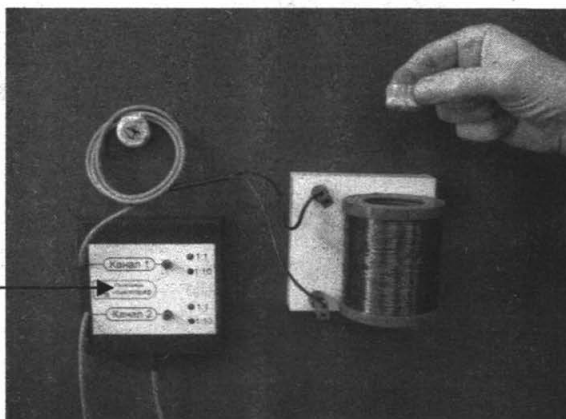


Рис. 1

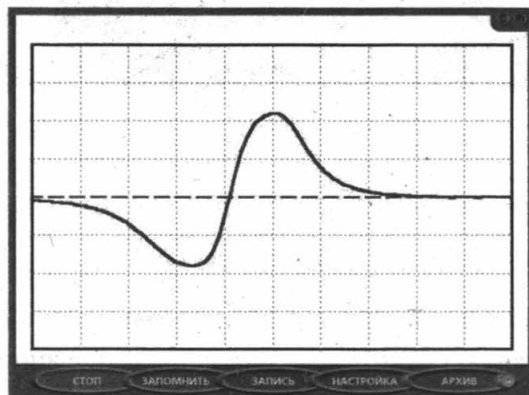


Рис. 2

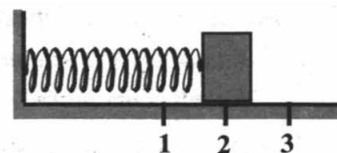
Что исследовалось в опыте?

- 1) зависимость ЭДС самоиндукции поля от изменения направления электрического тока
- 2) зависимость силы Ампера от силы тока
- 3) возникновение магнитного поля при изменении электрического поля
- 4) зависимость направления индукционного тока от изменения магнитного потока

Задания на сопоставление требуют приведения ответа в виде набора цифр, цифры в ответе могут повторяться. Тематическая принадлежность этих заданий может быть различна для разных планов теста.

Пример 10

Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняется кинетическая энергия груза маятника и жёсткость пружины при движении груза маятника от точки 2 к точке 1?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

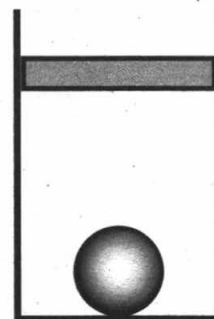
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Кинетическая энергия груза маятника	Жёсткость пружины
2	3

Пример 11

В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без трения. На дне сосуда лежит стальной шарик (см. рисунок). Газ нагревают. Как изменится в результате этого его давление и действующая на шарик архимедова сила?



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	Архимедова сила
3	2

Соответствие может устанавливаться и между понятиями (формулами, графиками), помещенными в столбцы, содержащими два элемента в одном, и четыре элемента – во втором столбце. Из четырех предложенных элементов нужно выбрать два, и повторов здесь быть не может.

Пример 12

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (ν – частота фотона, c – скорость света в вакууме, h – постоянная Планка). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) длина волны фотона

Б) импульс фотона

ФОРМУЛЫ

1) $\frac{h\nu}{c}$

2) hc

3) $\frac{c}{\nu}$

4) $c\nu$

Ответ:

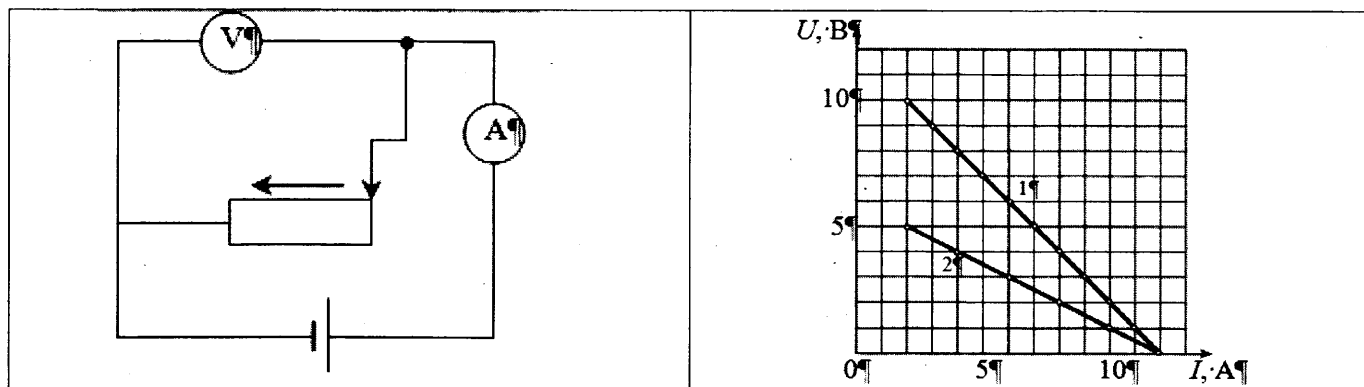
А	Б
3	1

В вариантах КИМ 2015 года появился еще один тип заданий, хорошо апробированный в заданиях КИМ ГИА для 9 класса. Задание на выбор двух верных утверждений о наблюдаемом явлении.

Пример 13

На рисунке 1 приведена схема установки, с помощью которой исследовалась зависимость напряжения на реостате от величины протекающего тока при движении ползунка реостата справа налево. На рисунке 2 приведены графики, построенные по результатам измерений для двух разных источников напряжения.

Выберите **два** утверждения, соответствующих результатам этих опытов. Вольтметр считать идеальным.



1. При силе тока 12 А вольтметр показывает значение ЭДС источника.
2. Ток короткого замыкания равен 12 А.
3. Во втором опыте сопротивление резистора уменьшалось с большей скоростью.
4. Во втором опыте ЭДС источника в 2 раза меньше, чем в первом.
5. В первом опыте ЭДС источника равна 5 В.

Ответ:

2	4
---	---

В расчетных задачах следует после решения записать ответ в указанных единицах. Ниже приведены два примера таких заданий.

Пример 14

В однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией 0,01 Тл находится прямолинейный проводник, расположенный в горизонтальной плоскости перпендикулярно линиям индукции поля. Какой ток следует пропустить по проводнику, чтобы сила Ампера уравновесила силу тяжести? Масса единицы длины проводника 0,01 кг/м.

_____ А (следует вписать 10)

Пример 15

Поток фотонов выбивает из металла с работой выхода 5 эВ фотоэлектроны. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов 10 эВ. Каково отношение энергии фотонов к максимальной кинетической энергии фотоэлектронов.

_____ (следует записать 1,5)

Затем в третьей части работы предлагаются 5 заданий (28–32) с развернутым ответом: 28 – качественная задача, 29 – расчетная задача по механике, 30 – по МКТ и термодинамике, 31 – по электродинамике, 32 – по электродинамике или квантовой и атомной физике. В заданиях 29–32 могут потребоваться знания по другим разделам физики. Задания с развернутым ответом оцениваются двумя экспертами с учетом правильности и полноты ответа.

Качественные задачи 28 предполагают построение тестируемыми объяснения с опорой на изученные физические закономерности или явления и ответа на вопрос о том, как изменились те или иные физические величины, характеризующие описываемый процесс.

Требования к полноте ответа приводятся в самом тексте задания. Как правило, все задания содержат:

А) требование к формулировке ответа – «Как изменится ... (показание прибора, физическая величина)», «Опишите движение ...» или «Постройте график ...» и т.п.

Б) требование привести развёрнутый ответ с обоснованием – «объясните ..., указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано» или «...поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения».

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

Обобщённая схема, используемая при оценивании качественных задач приведена ниже.

Обобщенная схема оценивания заданий 28

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведён правильный ответ (в данном случае – формулируется ответ), и представлено полное верное объяснение (в данном случае – указывается сноска на пункты в авторском решении) с указанием наблюдаемых явлений и используемых законов, формул, свойств или определений (в данном случае – перечисляются явления, законы и т.п.).	3
Дан правильный ответ и приведено объяснение, но в работе содержатся следующие недостатки. В объяснении не указано или не используется один/одно из физических законов, свойств, определений или явлений, необходимых для полного верного объяснения (утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено в явном или неявном виде соответствующим законом, свойством явления, определением и т.п.) ИЛИ Объяснение в цепи взаимосвязанных суждений содержит логические пропуски (нарушена цепь причинно-следственных связей).	2
Представлена работа, соответствующая <u>одному</u> из следующих случаев (возможно наличие верного ответа на вопрос задания): Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено объяснение, но в нем не указаны, или не используются два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки. ИЛИ Не указаны (но используются) все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

Среди задач 28 встречаются задания с дополнительными условиями. Например, дополнительно к объяснению предлагается изобразить схему электрической цепи или рисунок с ходом лучей в оптической системе. В этом случае в описание полного правильного решения вводится еще один пункт (верный рисунок или схема). Отсутствие рисунка (или схемы) или наличие ошибки в них приводит к снижению на 1 балл. С другой стороны, наличие правильного рисунка (схемы) при отсутствии других элементов ответа дает возможность получить 1 балл.

Задания 29–32 представляют собой расчётные задачи. В текстах заданий нет указаний на требования к полноте решения, эту функцию выполняет общая инструкция.

В каждом варианте экзаменационной работы перед заданиями 29–32 третьей части приведена инструкция, которая в целом отражает требования к полному правильному решению расчётных задач: *«Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования и расчеты с численным ответом. Дополнительно в решении должны быть описаны вновь вводимые буквенные обозначений физических величин и, при необходимости, обосновано применение используемых законов и положений теории».*

Обобщённая схема, используемая при оценивании расчетных задач, приведена ниже.

Обобщенная схема оценивания заданий 29–32

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>перечисляются законы и формулы</i>);</p> <p>II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев (возможно наличие правильного ответа и/или описание буквенных обозначений):</p> <p>Представлены все положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p>	1

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

В обобщенную систему оценивания вносятся изменения в следующих случаях:

а) Требуется дополнительно сделать рисунок с указанием сил, действующих на тело. В этом случае включается требование к правильности рисунка в описание полного правильного ответа, а также дополнительные условия к выставлению 2 баллов.

б) Требуется изобразить схему электрической цепи или оптическую схему. В этом случае включается требование к правильности рисунка в описание полного правильного ответа, а также дополнительные условия к выставлению 2 и 1 баллов.

в) В задании не требуется получения числового ответа. В этом случае в описании полного верного решения снимается требование к указанию числового ответа, и вносятся изменения в критерии оценивания на 2 балла.

г) Условие задачи предполагает определение данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки. В этом случае в описание полного верного решения вносится дополнительное требование к правильности определения исходных данных по графику, таблице или рисунку экспериментальной установки, а также указывается дополнительное требование к выставлению 2 баллов.

Внимательно нужно относиться к переписыванию решения с черновика в бланк ответа, ни в коем случае нельзя пропускать логически важные шаги в математических преобразованиях, за их отсутствие могут снизить балл. Нельзя обойтись и без подстановки значений физических величин в конечную формулу, за отсутствие вычислений также снижается 1 балл.

Можно выбрать любой путь решения задачи, подчас решение «по действиям» оказывается более рациональным, чем вывод общей формулы. Если в задаче есть указание на необходимость геометрических построений или Вы вводите физические величины, пользуясь собственным рисунком, то эти рисунки обязательно должны быть приведены.

За выполнение задач с развернутым ответом можно получить в зависимости от полноты и правильности решения от 1 до 3 баллов. Поэтому в случае, если решение задачи не выполняется до конца в силу возникших трудностей, его все равно необходимо записать в бланк ответа, поскольку есть вероятность получения части баллов.

Иногда встречаются случаи, когда ученик представляет решение задачи, в котором «подменяется» условие задачи, определяется другая физическая величина. Следует иметь в виду, что если подмена сводится к решению задачи, представленной в другом варианте экзаменационной работы, то такое решение оценивается 0 баллов.

Умения делать несложные арифметические вычисления, представлять числа в стандартном виде и проводить математические преобразования крайне важны при выполнении теста по физике, поскольку более половины заданий требуют знаний по математике. Для облегчения более сложных вычислений во время экзамена по физике можно пользоваться непрограммируемым калькулятором. При подготовке к экзамену выберите себе калькулятор, в котором есть не только все арифметические действия, опе-

рации возведения в квадрат и извлечения квадратного корня, но и операции вычисления тригонометрических функций (синус, косинус, тангенс).

При проведении расчетов в заданиях всех частей работы достаточно часто нужно использовать различные физические постоянные. Как правило, их значения не указывается в тексте задания, а приводятся в специальных справочных таблицах в начале каждого варианта. Запись постоянных величин (в справочных данных к варианту) приведена в тех или иных приближениях. Все ответы в тесте вычислены с учетом таких округлений.

Во избежание лишних арифметических трудностей и ошибок нужно обеспечить себе некоторую тренировку в использовании справочных материалов и проведении расчетов с округлением величин.

При подготовке к сдаче ЕГЭ необходимо помнить, что успех выполнения теста зависит не только от прочности и глубины знаний по физике, но и от психологических аспектов готовности к этому итоговому испытанию. Здесь можно порекомендовать обратить внимание на следующие моменты.

- 1) Тест по физике включает в себя три типа заданий с разными формами записи ответов: с выбором ответа (запись X в бланке), с кратким ответом (запись набора цифр в соответствующем месте бланка) и с развернутым ответом (запись полного решения). В процессе подготовки к экзамену необходимо потренироваться выполнять тесты в формате ЕГЭ с записью результатов в аналогичные бланки ответов. Следует научиться, например, решать на черновике задачи с выбором ответа, не тратя время на лишние записи. В этом случае на экзамене не нужно будет терять время на чтение инструкций или исправление ошибок при переносе ответов в соответствующие бланки.
- 2) Экзаменационный вариант ЕГЭ по физике имеет большой объем и рассчитан на выполнение в течение почти четырех часов. Очень важно научиться правильно распределять время на экзамене. Желательно сначала выполнить все те задания, которые являются легкими или знакомыми, а для этого необходимо научиться пропускать трудные задания. Затем, в оставшееся время, можно вернуться к выполнению более трудных заданий, а в конце обязательно оставить время на быструю проверку всей работы на предмет правильности записи ответов в соответствующие бланки.
- 3) При выполнении заданий с выбором ответа необходимо внимательно дочитывать до конца не только текст самого задания, но и все ответы к нему. При невнимательном чтении можно попасться в «ловушку» знакомой по первым словам формулировки задания или, например, указать частично верный ответ вместо стоящего за ним полностью верного ответа.
- 4) Необходимо осознавать свои возможности и помнить, что при выполнении теста ЕГЭ для получения хороших результатов необязательно выполнять все задания, однако надо представлять себе тот оптимальный набор числа заданий из всех частей работы, который приведет к запланированному результату.

Желаем успехов!

2. Методические указания алгоритмического типа по анализу заданий ЕГЭ (на примере темы «Кинематика»).

Задания, входящие в вариант ЕГЭ по физике, можно расклассифицировать по тематическому содержанию, по уровню трудности, по видам умений и способам действий, и по форме (см. выше).

Число заданий, проверяющих различные умения и способы действий, в разных частях варианта ЕГЭ показано в Таблице 1.

Таблица 1

Основные умения и способы действий	Число заданий			
	Вся работа	Часть 1	Часть 2	Часть 3
Знать/понимать смысл физических понятий, величин, законов, принципов, постулатов	12–17	10–15	2	–
Уметь описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, ..., приводить примеры практического использования физических знаний	6–12	4–10	2	–
Отличать гипотезы от научной теории, делать выводы на основе эксперимента и т.д.	2–4	2–3	–	0–1
Уметь применять полученные знания при решении физических задач	10	–	–	10
Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни	1	0–1	–	0–1
Итого:	35	21	4	10

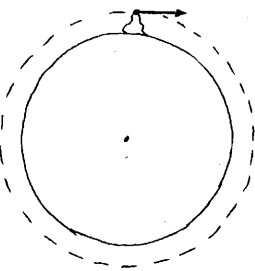
Задания по одной и той же теме может проверять усвоения различных умений и способов действия. Ниже приведены примеры, показывающие как этот принцип реализуется при проверке элемента знаний «Второй закон Ньютона».

Пример 1 (Понимание смысл физических понятий, величин, законов, принципов, постулатов).
На два тела массами 1 и 2 кг, действуют равные равнодействующие силы. Ускорения тел...
1) одинаковы
2) относятся как 1:2
3) относятся как 2:1
4) зависят от начальной скорости тел

Пример 2 (Уметь описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, приводить примеры практического использования физических знаний).
С одного и того же балкона целый кирпич и половина кирпича упали на Землю одновременно. Это произошло потому, что ...

1) и целый кирпич и его половинку притягивает Земля с одинаковой силой
2) на целый кирпич действует вдвое большая сила тяжести, но его масса также вдвое больше
3) ускорение движения тела под действием силы любой природы не зависит от его массы
4) скорость движения тела под действием силы любой природы не зависит от его массы

Пример 3 (Отличия гипотезы от научной теории, делать выводы на основе эксперимента и т.д.).



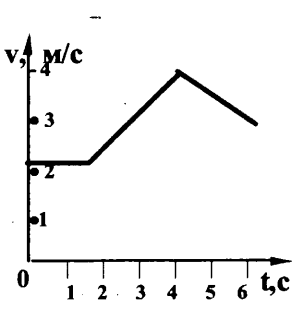
В книге «Математические начала натуральной философии» Ньютон утверждает, что, если с высокой горы запустить тело со скоростью 8 км/с, то оно облетит Землю (рис.). Это утверждение можно считать ...

- 1) результатом наблюдений
- 2) экспериментальным фактом, лежащим в основе теории
- 3) гипотезой
- 4) экспериментальным фактом, подтверждающим теорию

Пример 4. (Уметь применять полученные знания при решении физических задач) С каким ускорением движется груз массой 2 кг, подвешенный на нити, если сила натяжения нити равна 30 Н и направлена вертикально вверх? (g принять равным 10 м/с^2)

1) 5 м/с^2 2) 10 м/с^2 1) 15 м/с^2 1) 25 м/с^2

Пример 5. (Использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни)



Датчик скорости в патрульной машине дорожной полиции, стоящей на обочине дороги, зарегистрировал график зависимости скорости проезжающего автомобиля от времени. В какой промежуток времени водитель автомобиля нажал педаль скорости?

1) 1-2 с
2) 2-3 с
3) 3-4 с
4) 4-5 с

Тема *Кинематика* в разделе *Механика* «Кодификатора ЕГЭ» содержит элементы знаний, приведенные в Таблице 2.

Таблица 2

Код контролируемого элемента	Элементы содержания, проверяемые заданиями КИМ
МЕХАНИКА	
КИНЕМАТИКА	
1.1.1	Механическое движение и его виды
1.1.2	Относительность механического движения
1.1.3	Скорость
1.1.4	Ускорение
1.1.5	Равномерное движение
1.1.6	Прямолинейное равноускоренное движение
1.1.7	Свободное падение (ускорение свободного падения)
1.1.8	Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью. Центростремительное ускорение

Покажем примерную схему рассуждений при выполнении заданий, связанных с этой темой.

Согласно спецификации варианта ЕГЭ 2013 года такие задания могут оказаться в заданиях и проверять умения, приведенные в Таблице 3.

Таблица 3

Задания	Проверяемые элементы содержания	Проверяемые умения
A1	Кинематика	ЗНАТЬ/ПОНИМАТЬ смысл физических понятий: физическое явление, физическая величина, модель, гипотеза, физический закон, теория, принцип, постулат, пространство, время, инерциальная система отсчета, материальная точка; смысл физических величин: путь, перемещение, скорость, ускорение; УМЕТЬ описывать и объяснять физические явления и свойства тел: равномерное прямолинейное движение, равноускоренное прямолинейное движение, движение небесных тел и искусственных спутников Земли; приводить примеры практического применения физических знаний: законов механики; определять: характер физического процесса по графику, таблице, формуле.
A2	Кинематика, законы Ньютона	
B1	Механика – квантовая физика.	

Задания	Проверяемые элементы содержания	Проверяемые умения
A21	Механика – квантовая физика (методы научного познания)	отличать гипотезы от научных теорий; делать выводы на основе экспериментальных данных; приводить примеры, показывающие, что: наблюдения и эксперимент являются основой для выдвижения гипотез и теорий, позволяют проверить истинность теоретических выводов; что физическая теория дает возможность объяснять известные явления природы и научные факты, предсказывать еще неизвестные явления; приводить примеры опытов, иллюстрирующих, что: наблюдения и эксперимент служат основой для выдвижения гипотез и построения научных теорий; эксперимент позволяет проверить истинность теоретических выводов; физическая теория дает возможность объяснять явления природы и научные факты, позволяет предсказывать еще неизвестные явления и их особенности; при объяснении природных явлений используются физические модели; один и тот же природный объект или явление можно исследовать на основе использования разных моделей; законы физики и физические теории имеют свои определенные границы применимости; измерять: расстояние, промежутки времени, представлять результаты измерений с учетом их погрешностей
A22	Механика (расчетная задача)	УМЕТЬ применять полученные знания для решения физических задач.
C2	Механика (расчетная задача)	
C1	Механика – квантовая физика. (качественная задача)	УМЕТЬ применять полученные знания для решения физических задач. ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПРИОБРЕТЕННЫЕ ЗНАНИЯ И УМЕНИЯ В ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ ДЛЯ: обеспечения безопасности жизнедеятельности в процессе использования транспортных средств.

Конечно, столь общие формулировки слабо помогают понять, какого же типа задания могут оказаться в варианте ЕГЭ на соответствующем месте. Покажем, какие соображения следует иметь в виду при анализе любой темы физики.

Общие соображения

Прежде всего, напомним, что понимается в школьном курсе физики под понятиями, приведенными в Таблице 2.

Говорят, что кинематика – наука формального описания движения. Формально описывать движение можно, только используя математические выражения, поэтому в этом разделе особенно ярко проявляется то, что физика очень связана со знаниями математики.

Что же берет физика у математики. Из алгебры - умение анализировать функции и их графики, решать уравнения и системы уравнений, а из геометрии – простейшие понятия –точка, прямая, треугольник. Физика также активно пользуется при описании движения важнейшим достижением математики – декартовой системой координат, позволяющей описывать положение точки на плоскости с помощью двух чисел (координат).

Однако физика – это, прежде всего, наука о моделировании, то есть об упрощении реальных явлений до такой степени, чтобы их можно было описать с помощью простых (и не очень простых) математических выражений. Поэтому первое, что нужно уметь делать при выполнении заданий экзамена, это уметь, читая текст задания, понять, к какому из упрощенных моделей относится данное явление.

Кинематические величины и законы движения

Если речь идет о таком явлении как движение, то почти все задачи кинематики рассматривают движение реальных тел как движение «точки» - и это первое упрощение. Если читая задачу по физике о полете птицы или самолета будете думать о форме их хвоста, то вам далеко не продвинуться. Считайте их, как в геометрии, точками, пренебрегая их размером и формой (хотя, конечно, изредка могут встретиться и задачи, в которых такая модель движущегося тела будет ошибкой).

Во-вторых, движение – понятие, рассматриваемое в определенной системе отсчета (тело отсчета + система координат + часы). Поэтому все понятия, определяемые в кинематике, имеют определенное числовое значение и направление, только в определенной системе отсчета. Если это не оговаривается в условии задачи, то, скорее всего, имеется в виду система отсчета, связанная с поверхностью Земли или со стенами помещения в котором рассматривается перемещение тел.

В-третьих, в школьной программе рассматриваются всего несколько моделей движения, отличающихся формой траектории и характером движения. Напомним, что *траектория* – это воображаемая или наблюдаемая линия, вдоль которой движется тело. В задачах по кинематике вариантов ЕГЭ это, обычно, *прямая* или *окружность*. Из всевозможных видов движения по окружности и по прямой в школьном курсе рассматривают три вида: равномерное движение, равноускоренное движение и колебательное движение. Анализ колебательного движения в варианте ЕГЭ рассматривается в рамках тем «Механические колебания и волны» и «Закон сохранения механической энергии». В рамках темы «Кинематика» обычно рассматриваются задания, в которых движение точки можно считать

- *прямолинейным равномерным,*
- *прямолинейным равноускоренным или*
- *равномерным по окружности.*

Даже если в условии задачи в явном виде не рассматриваемое движение не отнесено к одному из этих трех типов, следует понять к какому типу движения его лучше всего отнести.

При описании таких движений в физике используются

- *векторные величины, для которых важно знать не только числовое значение или модуль, но и направление относительно наблюдателя:*
 - перемещение,
 - скорость,
 - ускорение,
- *скалярные положительные величины, задаваемые числом и единицей измерения:*
 - путь,
 - время движения,
 - расстояние между точками,
 - модуль перемещения,
 - модуль скорости,
 - модуль ускорения,
 - координата точки,
- *скалярные величины любого знака, имеющие единицы измерения:*
 - проекция перемещения на заданную ось,
 - проекция скорости на заданную ось,
 - проекция ускорения на заданную ось.

Перемещение – вектор $\Delta \vec{r}_{12}$, соединяющий точки в начальный (1) и конечный (2) моменты рассматриваемого отрезка времени (рис. 1 и 2).

Скорость. Если на каком-то участке траектории (или на соответствующем промежутке времени Δt) движение можно считать прямолинейным и равномерным, то скорость равномерного движения

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}_{12}}{\Delta t}$$

Если на разных участках прямолинейной траектории 1-2 и 2-3 за одинаковые промежутки времени Δt перемещения точки не совпадают, но в пределах участка 1-2 можно считать движение равномерным

с приемлемой точностью, то скорость, определенную таким образом скорость называют мгновенной скоростью в точке 1:

$$\vec{v}_1 = \frac{\Delta \vec{r}_{12}}{\Delta t}$$

Аналогично

$$\vec{v}_2 = \frac{\Delta \vec{r}_{23}}{\Delta t}$$

называют мгновенной скоростью в точке 2.

Координаты точки. Если вдоль этой прямой, вдоль которой движется тело, направить ось OX и задать на ней масштабную единицу, равную единице измерения длины, то можно говорить о координате точки x_1 и x_2 в моменты времени 1 и 2.

Проекция перемещения точки $\Delta r_x = x_2 - x_1$ и проекции скорости $v_x = \frac{\Delta r_x}{\Delta t}$ на эту ось могут быть как положительным, так и отрицательным числом. При этом модуль перемещения $|\Delta \vec{r}_{12}| > 0$, также как модуль скорости $v = \frac{|\Delta \vec{r}_{12}|}{\Delta t} > 0$ (рис. 1).

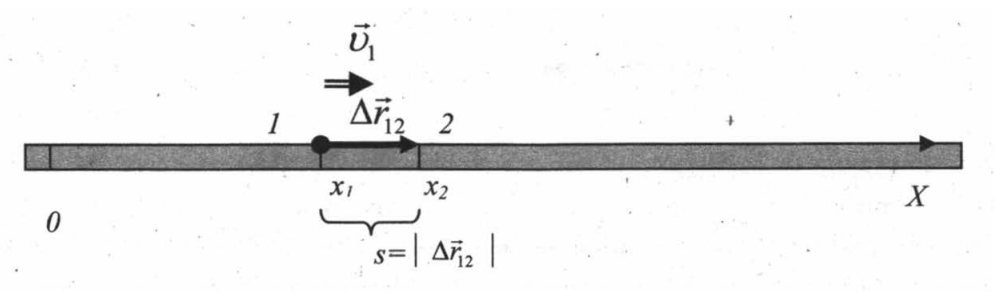


Рис. 1

Если траекторией является окружность и тело движется по ней равномерно, то можно выбрать такой малый промежуток времени, что участок траектории, представляющий собой дугу окружности, будет с приемлемой точностью участком прямой (рис. 2).

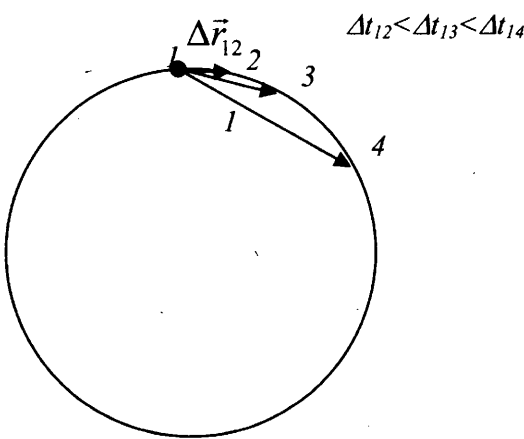


Рис. 2

тогда величину

$$\vec{v}_1 = \frac{\Delta \vec{r}_{12}}{\Delta t}$$

можно назвать скоростью тела в точке 1.

Путь s – длина отрезка траектории. При прямолинейном движении вдоль выбранной оси без изменения направления движения $s = |\Delta \vec{r}_{12}|$, при прямолинейном равномерном движении со скоростью \vec{v} путь, пройденный за время t :

$$s = vt$$

При равномерном движении по окружности радиуса R модуль скорости равен отношению длины дуги окружности v к промежутку времени Δt , за который точка проходит эту дугу. Если период обращения точки по окружности (время одного оборота) равен T , то модуль скорости

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

Ускорение. При прямолинейном движении с переменной скоростью в случае, когда в любые равные промежутки времени $\Delta t_{12} = \Delta t_{34}$ эта скорость меняется на одинаковую величину, т.е. $\Delta \vec{v}_{12} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \Delta \vec{v}_{34} = \vec{v}_4 - \vec{v}_3$, движение называется равноускоренным, а отношение изменения скорости к промежутку времени, за который она изменилась, ускорением (рис. 3).

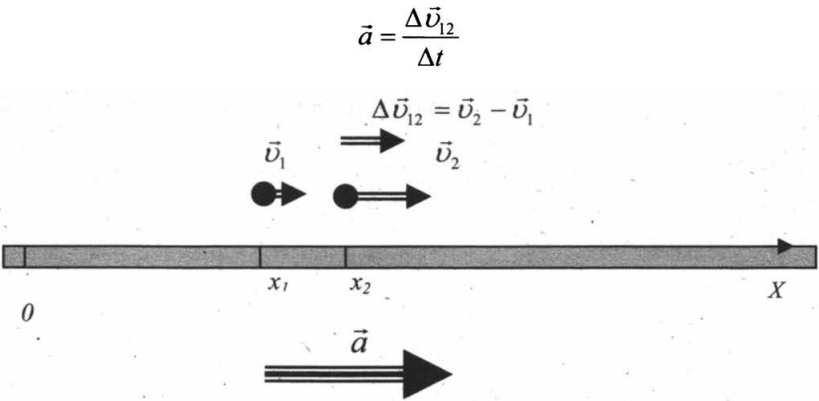


Рис. 3

При равномерном движении по окружности, как следует из рис. 2, скорость в каждой точке траектории направлена по касательной к окружности, то есть перпендикулярно ее радиусу, проведенному в точку траектории. Вектор скорости, хоть и постоянен по модулю, направление его постоянно меняется. Поэтому постоянно происходит изменение скорости как векторной величины и при этом оказывается, что ускорение a_{yc} постоянно направлено в центр окружности (рис. 4). Рассмотрение модуля изменения скорости при таком движении $|\Delta \vec{v}|$ за время Δt приводит к значению модуля центростремительного ускорения

$$a_{\text{yc}} = \frac{v^2}{R}$$

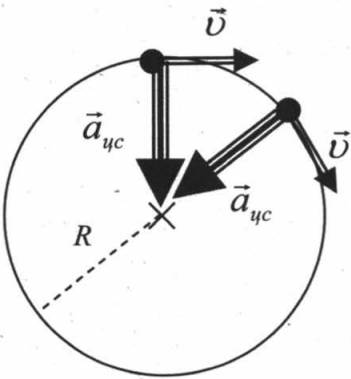


Рис. 4

При описании равномерного движения по окружности также рассматривают величину частота обращения $\nu = \frac{1}{T}$ – число оборотов, которое совершает тело за 1 с.

Кроме того, можно показать, что для разных типов движения наблюдаются следующие соотношения между введенными величинами (Таблица 4). Предполагается, что ось OX направлена в том же на-

правлении, что и скорость в момент времени $t=0$ (начало отсчета времени). Знак «+» или «-» в формулах выбирается в зависимости от знака проекции скорости или ускорения на ось OX .

Таблица 4

$x = x_0 \pm vt$	<p><i>Равномерное прямолинейное движение со скоростью, равной по модулю v</i></p> <p>координата через время t, где x_0 – координата в момент времени $t=0$</p>
$s = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$ $x = x_0 + v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$ $v_x = v_0 \pm at$	<p><i>Равноускоренное прямолинейное движение с ускорением, равным по модулю a</i></p> <p>путь s, пройденный за время t, если v_0 модуль скорости в момент времени $t=0$</p> <p>координата через время t, где x_0 – координата в момент времени $t=0$, v_0 в момент времени $t=0$</p> <p>Проекция скорости тела через время t v_0 в момент времени $t=0$</p>

Сводка формул в обобщенном виде приведена в списке формул в Приложении 1.

При использовании понятия проекция скорости и ускорения на ось эти соотношения записываются без двойных знаков, поскольку при смене направления векторов меняется их знак:

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

Для расчета пути следует учитывать, что путь – длина траектории, и, если точка движется сначала вдоль оси, а затем против нее, то отрезки пути, пройденные до и после точки поворота, складываются.

В разных системах отсчета все характеристики движения от формы траектории до направлений и модулей скоростей и ускорений могут быть разными. В ЕГЭ чаще всего рассматривается движение объектов в системах отсчета, связанной с поверхностью Земли и с вторым телом, двигающимся относительно поверхности Земли (автомобиль, плот, паром, поезд и т.д.). Любой школьник вспомнит, как при обгоне автомобиля он медленно движется относительно пассажира в другом автомобиле, хотя летит с огромной скоростью относительно полотна дороги. Ясно, что при движении в противоположных направлениях скорости будут складываться, а при движении в одном направлении – вычитаться.

Формальное правило для вычисления направления и модуля скорости вектора относительного движения таково. Если объект А (рис. 5) движется относительно объекта О (неподвижная система отсчета) со скоростью \vec{v}_A , а объект В движется относительно объекта А (подвижная система отсчета) со скоростью \vec{v}_{BA} , то относительно О он движется со скоростью \vec{v}_B , такой что

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}$$

Тогда для вычисления скорости В относительно А, если скорости \vec{v}_A и \vec{v}_B относительно О (на-
 пример относительно дороги) известны, будет верно соотношение

$$\vec{v}_{BA} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$$

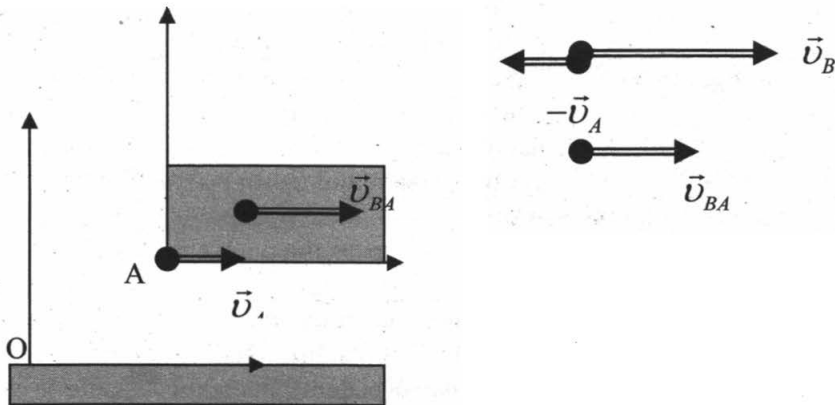


Рис. 5

Отсюда правило, чтобы узнать скорость тела В относительно тела А, добавь к скорости В \vec{v}_B относительно неподвижной системы отсчета вектор $-\vec{v}_A$ (вектор скорости тела А относительно неподвижной системы отсчета с противоположным знаком) и найди длину суммарного вектора. Это правило особенно полезно, когда тела движутся относительно Земли (неподвижной системы отсчета) со скоростями, расположенными под углом друг к другу, например, под прямым углом (рис. 6).

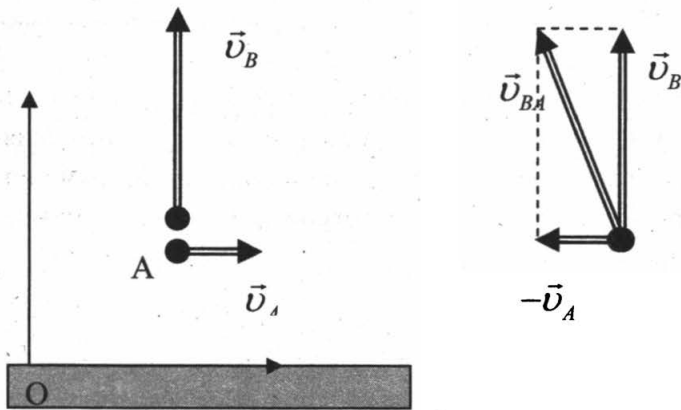


Рис. 6

Типы заданий по теме «Кинематика» и рекомендации по их решению.

Выделим несколько типов заданий, которые наиболее часто используются в вариантах ЕГЭ по физике. Эти типы отличаются, в основном тем, в каком виде представлена информация в задании и, соответственно, на проверку каких умений (способов действия, умственных действий, интеллектуальных процедур) направлено задание. Основные умения перечислены в Таблицах 1 и 3. Типы заданий, связанных с основным содержанием темы «Кинематика» и основными умениями приведены в Таблице 5.

Таблица 5

№ типа	Типы заданий	Умения и элементы содержания
1	Словесные формулировки (вербальный способ представления информации)	Умение различать физические понятия на содержании кинематики (определение, закон, гипотеза, явление, величина и т.п.), знание определений кинематических величин, знание единиц измерения физических величин, приборов для их измерения, проверка умения качественно сопоставлять законы равномерного и ускоренного движения с его словесным описанием (увеличение – уменьшение кинематических величин при изменении других)
2	Аналитический способ представления информации	Анализ функциональных зависимостей кинематических величин от времени и друг от друга (одна величина меняется в 2 раза, во сколько раз и как изменится другая), умение простейших алгебраических преобразований на основании определений и законов движения
3	Числовой способ представления информации	Анализ табличных данных, показаний приборов, перевод одних единиц измерения в другие, решение задач на основе использования определений, законов движения и решения систем уравнений на их основании.
4	Графический способ представления информации	Анализ графиков (диаграмм) зависимости кинематических величин от времени, сложение векторов перемещений и скоростей
5	Комбинирование и сопоставление разных способов представления информации	Установление соответствия графиков и формул, расчеты на основании числовых данных, почерпнутых с графика (рисунок, фотографии), решение задач с получением числового ответа на основе анализа текста, рисунка, графика и т.д.

К сожалению, число понятий, проверяемых в ЕГЭ велико, возможны их всевозможные сочетания в одном задании, в рамках задания с одним элементом знания могут, как мы видели выше, проверяться разные умения, умения могут проверяться с использованием информации представленной в разном виде. В разных частях школьного курса физики используются разные условные способы отображения процессов и, в то же время одни и те же буквенные обозначения могут обозначать в разных частях курса совершенно разные понятия. Поэтому единого алгоритма выполнения заданий ЕГЭ нет и быть не может. В каждом разделе можно дать только некоторые общие рекомендации по выполнению заданий, имея в виду определенные традиции, накопленные с времени начала использования ЕГЭ по физике в России (2001 г.).

1. *Выявление темы задания.* Алгоритм выполнения любого задания начинается с анализа текста и сужению тематического поля, в котором нужно искать конкретные решения. Иными словами нужно, прежде всего, понять о каком явлении идет речь, в каком разделе физики оно изучается. В этом может помочь и знание структуры варианта ЕГЭ, например, задания по кинематике могут стоять под номерами, указанными в Таблице 3.

После этого идет анализ понятий и терминов, входящих в условие задачи. Необходимо попытаться вспомнить определения этих понятий; законы, которые их связывают; единицы СИ, в которых они измеряются; константы, которые следует взять из справочных таблиц и использовать в решении задачи. Ясно, что в условиях стресса на экзамене или в силу слабой подготовки к нему, какие-то соотношения могут выпасть из памяти. Для их восстановления могут помочь буквенные обозначения величин, единицы их измерения, которые могут упоминаться в задачах.

Поскольку мы рассматриваем анализ заданий по кинематике, то будем считать, что с этими двумя пунктами анализа Вы уже справились, вспомнили формулы, изложенные выше и знаете, что в системе СИ основной единицей измерения пути и координат является 1 м, времени – 1с, скорости – 1м/с, ускорения – 1м/с², частоты – 1 с⁻¹.

2. *Выявление модели движения.* Однако задание по кинематике, стоящее в варианте под номером А1, может проверять знание законов равномерного движения по прямой и по окружности, равномерное движение по окружности является движением по с ускорением, которое остается постоянным по модулю, но непрерывно меняет направление. Поэтому, еще раз прочитав текст задания, следует определиться, какую из трех моделей движения предлагают Вам рассмотреть: равномерное по прямой, равноускоренное по прямой (включая свободное падение) или равномерное по окружности. Так, спортсмен может бежать вокруг круглого озера с постоянной скоростью, - скорее всего, это равномерное движение по окружности; лодку без весел может сносить по течению и в тексте говорится с какой скоростью – равномерное движение по прямой; автомобиль, ехавший с заданной скоростью, начинает тормозить и останавливается – скорее всего, это равноускоренное движение с переменной скоростью по прямой.

3. *Выявление сохраняющейся величины* в рамках данной модели движения. Ясно, что при равномерном прямолинейном движении сохраняется модуль скорости (и ускорение равно нулю), при равноускоренном движении о прямой постоянно ускорение и проекция ускорения на выбранную ось, при равномерном движении по окружности во время движения не меняется модуль скорости и модуль центростремительного ускорения. Не меняющиеся величины обычно даны в условии задачи в виде чисел, если рассматривается движение одного тела и при одних начальных условиях. При движении тела по вертикальной прямой (свободное падение, движение с постоянным ускорением) всегда считается известной величина ускорения свободного падения $g=9,8 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$, даже если оно не приводится в условии задачи.

4. *Запись формул*, отражающих изменяющиеся во время движения величины. Конечно, мы хотим ограничить число запоминаемых формул. Тогда, для движения по прямой следует запомнить, что если выбрать систему отсчета так, что в начальный момент времени тело, движение которого мы рассматриваем находилось в точке $x=0$ а скорость была направлена вдоль оси Ox , то

$$v_x = v_0 \pm at ; x = v_0 t \pm \frac{at^2}{2} .$$

Если из анализа текста становится ясно, что скорость не менялась в ходе движения, то $a=0$ и $v_x = v_0$; $x = v_0 t$. Если из анализа текста ясно, что тело разгонялось, то следует в формулах брать знак «плюс», если тормозило, то «минус». Для вычисления пути при движении без изменения направления движения $s=x$. Для движения по окружности с известным радиусом и периодом обращения по ней тоже следует запомнить две формулы $a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{R}$ и $v = \frac{2\pi R}{T}$ (впрочем, вторая отражает знание длины окружности и понятия период обращения).

5. *Выявление величин, значение которых указывается косвенно.* Часто при решении задания следует использовать величины, указанные на рисунке¹, или напрямую не указанные в тексте. Это или табличные величины (ускорение свободно падения, плотности и т.д.) или величины равные нулю. Например, слова «тело тронулось» или «начало падать» означают, что $v_0=0$, слова «двигалось до остановки» – $v=0$ через время $t = t_{\text{торможения}}$, также как «двигалось равномерно» – $a=0$.

6. *Составление системы уравнений, ее анализ и решение* в алгебраическом или числовом виде. Этот этап предваряет перевод единиц измерения приведенных величин в основные единицы СИ.

Рассмотрим как этот «алгоритм» реализуется при решении заданий по кинематике из открытого банка ЕГЭ, анализируя задания в которых преобладает определенный способ представления информации. Как только мы перейдем к анализу заданий с информацией, представленной в числовом и аналитическом виде, очень быстро станет ясно, что в заданиях ЕГЭ используется комбинированные задания, где проанализировав числовые значения, надо применить формулу, проанализировав формулы, нужно сопоставить ее с графиком и т.д. Поэтому комбинированные задания включены внутрь четырех блоков заданий, посвященных анализу заданий в которых преобладает тот или иной вид представления информации.

Анализ информации в вербальном виде.

Пример 1. Два автомобиля движутся по прямой дороге в одном направлении: один со скоростью 50 км/ч, а другой – со скоростью 70 км/ч. При этом они

- 1) сближаются
- 2) удаляются
- 3) не изменяют расстояние друг от друга
- 4) могут сближаться, а могут и удаляться

Как следует из условия, рассматривается модель прямолинейного равномерного движения и направлена на понимание относительности движения и сложение скоростей. Однако для ответа на вопрос о скорости движения автомобиля относительно другого нужно знать направление скоростей, внимательное ознакомление с текстом задания показывает, что в нем не указано направление движения. Поэтому автомобили могут как сближаться, так и удаляться. Как видим, информация в виде числовых значений скоростей в условии является лишней, поэтому ключевой вид информации в задании – текстовый.

Пример 2. Когда мы говорим, что смена дня и ночи на Земле объясняется восходом и заходом Солнца, то мы имеем в виду систему отсчета, связанную с

- | | | | |
|------------|-----------|--------------|----------------|
| 1) Солнцем | 2) Землей | 3) планетами | 4) любым телом |
|------------|-----------|--------------|----------------|

Задание проверяет понимания понятия система отсчета, знание физической картины мира и, конечно требует развитого пространственного воображения, а не строгих математических формул. Смена дня и ночи или восход и заход Солнца – это явления, наблюдаемые только землянами. Если мы

¹ Большое число заданий по кинематике в вариантах ЕГЭ связано с анализом графиков зависимости кинематических величин. Методические рекомендации по их решению будут освещены отдельно (см. ниже).

связем систему отсчета с Солнцем, то мы, конечно, зафиксируем вращение Земли вокруг своей оси, происходящее на фоне медленного движения его по орбите вокруг Солнца. Но наблюдатель в этой системе отсчета, может наблюдать только то, что одна сторона земного шара постоянно освещена и точки вращающейся Земли, то попадают в эту освещенную зону, то уходят на теневую сторону. Такой наблюдатель будет всегда освещен лучами Солнца, или всегда в темноте, если вдруг оказался в зоне тени от Земли. Никакой «смены дня и ночи» или «восхода Солнца» он наблюдать не сможет. Отметим, что в самом вопросе содержится подсказка: в каждом случае спрашивается о явлении «на Земле». «Смена дня и ночи» или «восходы Солнца» можно наблюдать на Марсе, но нас спрашивают о земных событиях.

Пример 3. В трубке, из которой откачан воздух, на одной и той же высоте находятся дроби́нка, пробка и птичье перо. Какое из этих тел раньше всех достигнет дна трубки при их свободном падении с одной высоты?

- 1 Дроби́нка
- 2 Пробка
- 3 Птичье перо
- 4 Все три тела достигнут дна трубки одновременно

Если в условии задачи фигурирует свободное падение по прямой, то следует понимать, что это задача относится к проверке умения применять законы равноускоренного движения по прямой (система отсчета связана с поверхностью земли, ось координат вертикальна, ускорение движения направлено вниз и равно $g = 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$). Это возможно только, если представленные тела падают в безвоздушном пространстве, что указано в тексте. Если птичье перо падает в воздухе, то сила сопротивления воздуха почти компенсирует силу тяжести и ускорение перышка очень мало. В данном же случае начальные скорости всех тел равны нулю, ускорения одинаковы, и пройденные пути одинаковы, значит одинаковы и времена падения. Тот, кто помнит этот демонстрационный эксперимент с откачиванием воздуха из трубки, может отвечать на вопрос без приведенных логических рассуждений.

Пример 4. Стрела, выпущенная вверх, если не учитывать сопротивление воздуха, движется с ускорением ...

- 1) только в начале полета
- 2) только при полете вверх
- 3) только при полете вниз
- 4) на протяжении всего полета

Задание проверяет понимание отличий понятий «скорость» и «ускорение». Скорость тела, при полете вверх уменьшается, при полете вниз – увеличивается, достигая значения равного нулю в точке максимального подъема. Однако стрела находится, если не учитывать сопротивления воздуха в состоянии свободного падения, то есть движется с ускорением $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ на протяжении всего полета. Знание законов Ньютона, изучаемых в разделе «Динамика» также должно помочь при ответе на этот вопрос: ведь тело движется под действием только силы тяжести, поэтому ускорение постоянно.

Анализ информации в аналитическом виде.

Пример 5. «Две материальные точки движутся по окружностям радиусами R_1 и $R_2 = 2R_1$ с одинаковыми по модулю скоростями. Определите, как связаны их периоды обращения?»

- | | | | |
|----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 1) $T_1 = \frac{1}{2} T_2$ | 2) $T_1 = T_2$ | 3) $T_1 = 2T_2$ | 4) $T_1 = 4T_2$ |
|----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|

Ясно, что задание проверяет знание модели равномерного движения по окружности и величин, связанных с его описанием. Решение подобных задач предполагает работу с пропорциями, умножением или делением алгебраических дробей.

Если вспомнить, что $T = \frac{2\pi R}{v}$, а скорости v обеих точек по условию одинаковы, то

$$T_1 = \frac{2\pi R_1}{v}, \text{ а } T_2 = \frac{2\pi \cdot 2R_1}{v} = 2 \cdot \frac{2\pi R_1}{v} = 2T_1, \text{ откуда } T_1 = \frac{T_2}{2} = \frac{1}{2}T_2$$

Можно решить задачу и рассуждая о свойствах дробей. Если числитель дроби $T = \frac{2\pi R}{v}$ увеличить в 2 раза, то сама дробь возрастет в 2 раза, значит, период возрастет в 2 раза, значит, $T_2 = 2T_1$, а $T_1 = \frac{1}{2}T_2$.

Для тех у кого «плохо с алгеброй, но хорошо с арифметикой» (к сожалению, таких выпускников все больше и больше) в заданиях с выбором ответа можно предложить такой «нечестный» способ решения задачи, на который авторы, конечно, не рассчитывают. Пусть $R_1=1\text{м}$, $R_2=2\text{м}$, а $v=1\text{м/с}$, тогда $T_1=6,28\text{ с}$, а $T_2=12,56\text{ с}$, тогда из предложенных ответов верен $T_1 = \frac{1}{2}T_2$. Действительно алгебра для того и создана, чтобы показать, что ответы на многие вопросы не зависят от того, какие конкретные числовые значения для величин мы используем. Однако...

Однако элементарные навыки о свойствах дробей, пропорциях, прямо пропорциональных и иных простейших функциональных зависимостях величин друг от друга, все же нужны для успешного освоения курса физики. В противном случае ученик не поймет даже условия следующего примера.

Пример 6. Тело свободно падает с некоторой высоты с начальной скоростью, равной нулю. Время, за которое тело пройдет путь L , прямо пропорционально

- 1) L^2 2) $\frac{1}{L}$ 3) L 4) \sqrt{L}

В задаче речь о модели свободного падения по прямой, то есть о равноускоренном движении по прямой с начальной скоростью $v_0=0$ и ускорением $a=g$, тогда путь пройденный телом $S = L = v_0 t + \frac{at^2}{2} = \frac{gt^2}{2}$. Откуда $t^2 = \frac{2L}{g}$ и $t = \sqrt{\frac{2L}{g}} = \sqrt{\frac{2}{g}} \cdot \sqrt{L}$, что и означает, что время падения пропорционально \sqrt{L} .

Пример 7. Мотоциклист и велосипедист одновременно начинают равноускоренное движение из состояния покоя. Ускорение мотоциклиста в 3 раза больше, чем у велосипедиста. Во сколько раз больше времени понадобится велосипедисту, чтобы достичь скорости 50 км/ч?

- 1) в $\frac{1}{3}$ раза 2) в $\sqrt{3}$ раза 3) в 3 раза 4) в 9 раз

Равноускоренное движение по прямой из состояния покоя означает, что для вычисления скорости через время t можно использовать соотношение $v = v_0 + at = at$, то есть скорость прямо пропорциональна времени и ускорению, тогда время разгона $t = \frac{v}{a}$ при одинаковой конечной скорости v обратно пропорционально ускорению a то есть при вдвое большем ускорении времени на разгон до одинаковой скорости понадобится в 3 раза меньше.

Конечно, ответ не зависит ни от значения числового конечной скорости 50 км/ч, ни от числового значения ускорения, поэтому, зная формулу, можно получить правильный ответ, подставляя в нее конкретные цифры.

Однако, на наш взгляд следует научиться один раз верно отвечать на вопрос, что будет с дробью (во сколько раз увеличится или уменьшится ее значение) $A = \frac{x^2 y}{z^3 \sqrt{t}}$, если каждую из переменных в

числителе и знаменателе увеличить в 2 раза. Тогда многие задания ЕГЭ по механике, молекулярной физике, газовым законам, электродинамике и квантовой физике окажутся посильными для знающих формульные выражения законов.

Конечно, нужно еще в условиях стресса на экзамене, получив выражение $\frac{a_1}{a_2} = 2$, не выбрать неправильный ответ $a_2 = 2a_1$.

Анализ информации в числовом виде.

Пример 8. Автомобиль, трогаясь с места с постоянным ускорением, через 3 с набрал скорость 15 м/с. Чему равно ускорение автомобиля?

- 1) 45 м/с^2 2) 5 м/с^2 3) $67,5 \text{ м/с}^2$ 4) 135 м/с^2

Такой пример, требующий только определения ускорения не вызывает затруднений у 90% учащихся.

Пример 9. Два тела, брошенные с поверхности Земли вертикально вверх, достигли высот 10 м и 20 м и упали на Землю. Пути, пройденные этими телами, отличаются на

- 1) 5 м 2) 10 м 3) 20 м 4) 30 м

Этот пример, требующий только понимания, что путь – это длина траектории, а траектория тела, брошенного вертикально вверх, состоит из участка полета вверх, а затем такого же участка вниз, также решают верно 80% участников ЕГЭ.

Однако, как только возникает задача составить систему из двух уравнений, основанных на двух формулах, успешность выполнения задания резко падает, несмотря на то, что в 2010 году все задания с получением численного ответа переведены в категорию заданий с выбором ответа. Это означает, что при составлении системы уравнений можно сразу все числовые значения величин, данных в условии перевести в единицы СИ и уравнения записывать с использованием не буквенных, а числовых коэффициентов, получая систему уравнений в более знакомом из уроков математики виде. Для этого, конечно, нужно понимать связь между буквенными и числовыми коэффициентами в уравнениях.

Пример 10. Зависимость пути от времени прямолинейно движущегося тела имеет вид: $s(t) = 2t + 3t^2$, где все величины выражены в СИ. Ускорение тела равно

- 1) 1 м/с^2 2) 2 м/с^2 3) 3 м/с^2 4) 6 м/с^2

Вспомнив формулы для зависимости пути от времени при равномерном $s = vt$ и при равноускоренном движении $s = v_0 t + \frac{a}{2} t^2$ понимаем, что об ускорении говорит коэффициент при t^2 , однако этот коэффициент равен половине ускорения т.е. $\frac{a}{2} = 3$, следовательно $a = 6 \text{ м/с}^2$.

Если в аналогичном задании вас спросят, чему равна начальная скорость, то ответ будет $v_0 = 2 \text{ м/с}$, а если пуще того, попросят вычислить скорость тела через, например, 4 с, то придется вспомнить еще и зависимость скорости от времени при заданных начальной скорости и ускорении $v = v_0 + at$. Откуда $v(t = 4 \text{ с}) = 2 + 6 \cdot 4 = 26 \text{ м/с}$.

Пример 11. Уклон длиной 50 м лыжник прошел за 10 с, двигаясь с ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$. Какова скорость лыжника в начале и в конце уклона?

- 1) 3 м/с и 6 м/с 2) 4 м/с и 7 м/с 3) 2 м/с и 8 м/с 4) 3 м/с и 7 м/с

Следует сразу обратить внимание, что в начале движения скорость не равна нулю, а ускорение при движении с горы направлено вдоль горы вниз (рис. 7).

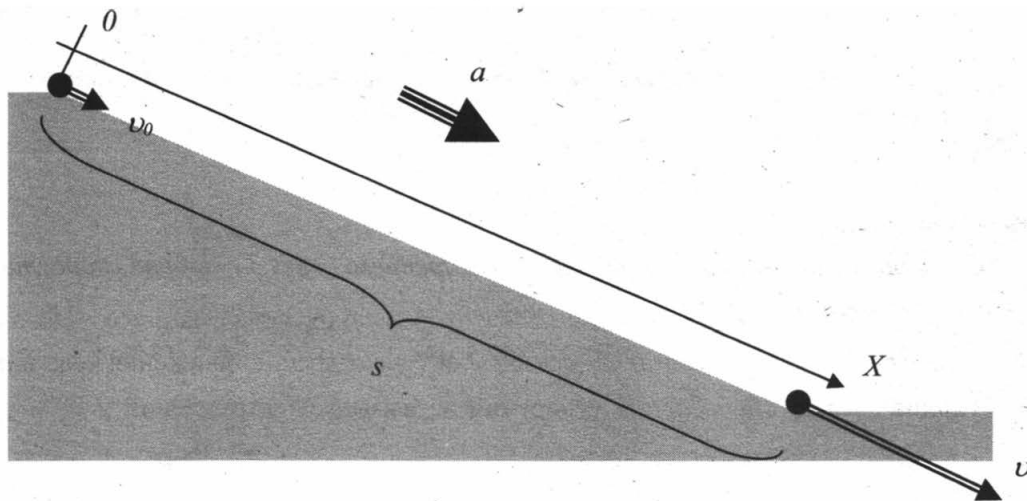


Рис. 7

Поэтому используем наиболее общие выражения для пути s , пройденного телом за время t и для скорости v тела через время t для равноускоренного прямолинейного движения с ускорением, равным по модулю a , направленным вдоль оси Ox

$$\begin{cases} s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \\ v = v_0 + at \end{cases}$$

Когда Вы решаете на экзамен задания части А, и Вам нужно выбрать верный числовой ответ, то для экономии времени рекомендуется не решать эту систему в общем виде, а решить ее подставив предварительно числовые значения:

$$\begin{cases} 50 = 10v_0 + 20 \\ v = v_0 + 4 \end{cases}$$

откуда $v_0 = 3 \text{ м/с}$, $v = 7 \text{ м/с}$.

Пример 12. Камень, брошенный вертикально вверх с поверхности Земли со скоростью 30 м/с , упал обратно на Землю. Сопротивление воздуха мало. Камень находился в полете примерно

- 1) $1,5 \text{ с}$ 2) 3 с 3) $4,5 \text{ с}$ 4) 6 с

Движение камня тоже рассматриваем как равноускоренное движение вдоль вертикальной оси с ускорением $g = 10 \text{ м/с}^2$, направленным вниз. В этом случае скорость тела, то при полете вверх уменьшается,

при полете вниз - увеличивается, достигая значения равного нулю в точке максимального подъема (рис. 8). Можно доказать, что время полета тела до верхней точки и обратно равны между собой.

Поэтому при решении задания следует найти время полета до верхней точки и удвоить его. Для этого воспользуемся выражением для скорости тела через время t в случае равноускоренного прямолинейного движения с ускорением, равным по модулю a , направленным **против** оси Ox (см. Таблицу 1)

$$v = v_0 - at = v_0 - gt,$$

Применив ее для времени равного времени подъема $t = t_{\text{под}}$, когда $v = 0$

$$0 = v_0 - gt_{\text{под}} \Rightarrow t_{\text{под}} = \frac{v_0}{g} = \frac{30}{10} = 3 \text{ с}$$

Поэтому искомое время полета равно $t_{\text{пол}} = 2t_{\text{под}} = 6 \text{ с}$.

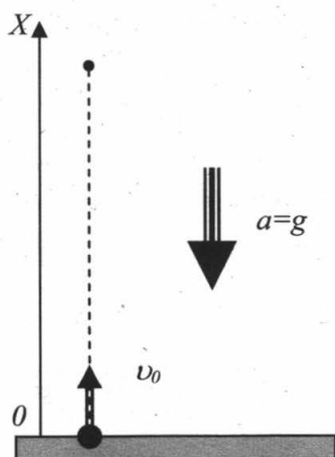


Рис. 8

Можно решить задачу и исходя из того, что координата точки в ходе полета в выбранной системе отсчета описывается уравнением $x = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$, где t – время в полете. Тогда при $t = t_{\text{пол}}$ координата камня станет вновь равна нулю, так как камень вернется в точку старта.

$$v_0 t_{\text{пол}} - \frac{gt_{\text{пол}}^2}{2} = 0, \text{ и } t_{\text{пол}} = \frac{2v_0}{g} = \frac{60}{10} = 6 \text{ с}.$$

Анализ графической информации.

Первый тип заданий на трактовку графического способа отображения информации о движении тела связан со сложением векторов перемещений и скоростей или рассмотрению движения тела в разных системах отсчета.

Пример 13.

Два автомобиля движутся по прямому шоссе: первый – со скоростью \vec{v} , второй – со скоростью $(-3 \vec{v})$. Модуль скорости второго автомобиля относительно первого равен

- 1) v
- 2) $2v$
- 3) $3v$
- 4) $4v$

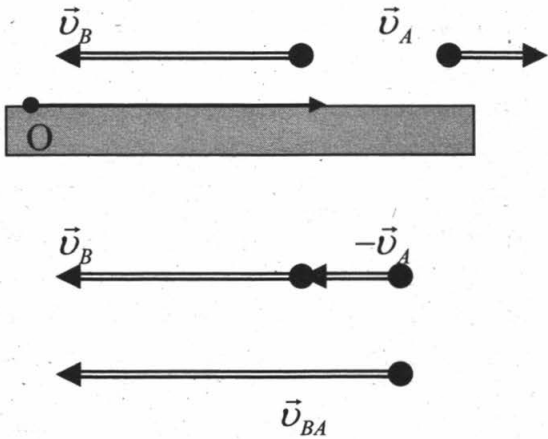


Рис. 9

В данном случае направления движения заданы словами «по прямому шоссе» и знаками перед векторами скорости. Ясно, что они движутся в противоположные стороны. Для решения можно представить себя на одном из автомобилей и понять что к величине (модулю) скорости одного будет добавляться величина другого. Верный ответ: $4v$. Можно воспользоваться сформулированным выше правилом сложения скоростей (рис. 9).

Пример 14. Лодка должна попасть на противоположный берег реки по кратчайшему пути в системе отсчета, связанной с берегом. Скорость течения реки u , а скорость лодки относительно воды v . Модуль скорости лодки относительно берега должен быть равен

- 1) $v + u$
- 2) $v - u$
- 3) $\sqrt{v^2 + u^2}$
- 4) $\sqrt{v^2 - u^2}$

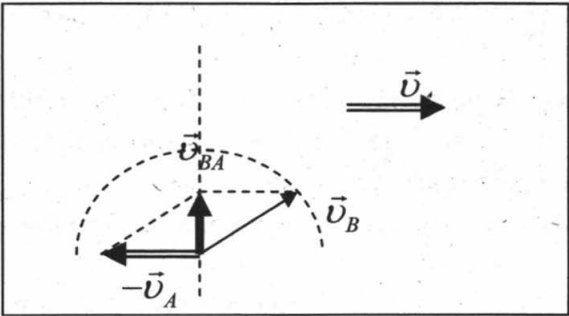


Рис. 10

Роль тела А выполняет вода, роль тела В - лодка. В обсуждаемых выше терминах требуется найти \vec{v}_B , если задано направление \vec{v}_A (вдоль берега, рис. 10) и направление \vec{v}_{BA} (перпендикулярно берегу, поскольку именно такое направление гарантирует кратчайший путь от берега до берега).

При заданном модуле вектора \vec{v}_B он может только вращаться, то есть лодочник может только менять направление вектора скорости лодки относительно воды. Следует направить лодку так, чтобы в сумме с вектором $-\vec{v}_A$ суммарный вектор был направлен перпендикулярно берегу (пунктир на рис. 10). Тогда из прямоугольного треугольника длина вектора \vec{v}_{BA} равна $\sqrt{v_B^2 - v_A^2} = \sqrt{v^2 - u^2}$.

Второй тип заданий с графическим способом представления информации связан с анализом графиков зависимости координаты $x(t)$, пройденного пути $s(t)$, модуля скорости $v(t)$ и ускорения $a(t)$, а также проекций этих величин $v_x(t)$ и $a_x(t)$ на заданную ось.

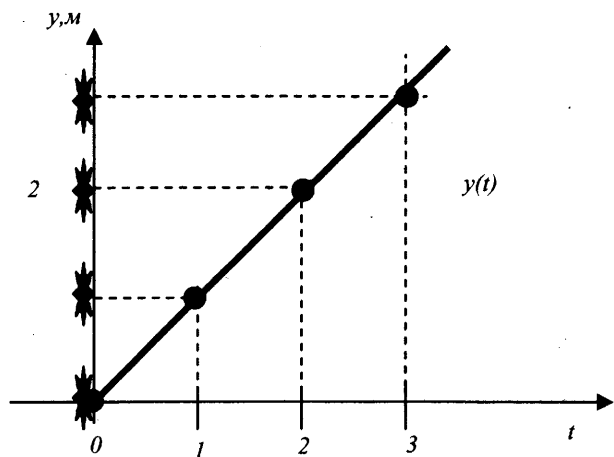


Рис. 11

в нашем воображении она может остаться вертикальной. Так от конкретных движений переходят к абстрактным графикам: тела и оси OX движутся горизонтально, а мы откладываем перемещения вдоль этой оси... по вертикали.

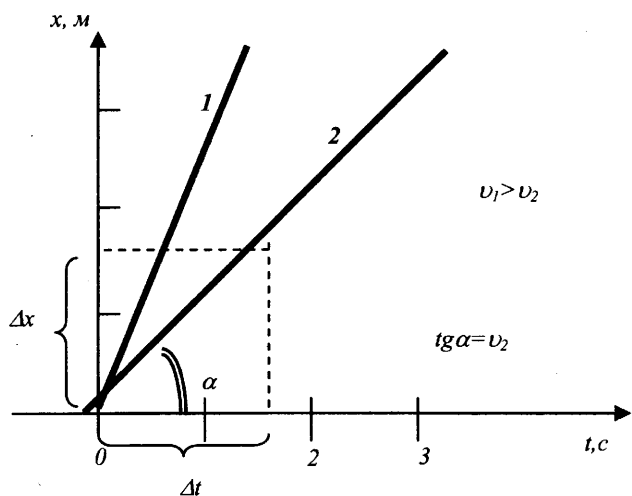


Рис. 12

вым коэффициентом, отражая взаимосвязь $k = \operatorname{tg} \alpha$.

В заданиях экзамена могут быть и более сложные графики, представляющие собой ломаные. Человек, приходящий на экзамен должен уметь их читать и считать, пользуясь ими скорость передвижения вдоль оси OX . На рис. 13 изображены графики движения различных тел, отличающиеся скоростями, точкой старта (положения в момент включения секундомера), временем старта после включения секундомера (начала отсчета времени).

В случае 1 тело стартовало сразу после включения секундомера, но не из начала координат, а из точки, удаленной от начала на 2 м и двигалось равномерно со скоростью $v = \frac{6-2}{2} = 2 \text{ (м/с)}$ = вдоль оси OX .

Если вдоль оси y ползет жук с постоянной скоростью (рис. 11), то отметив его положение на оси, пририсовав к вертикальной оси горизонтальную ось времени и отметив на ней промежутки времени, мы легко построим график зависимости координаты жука на оси от времени. Ясно, что чем больше скорость жука, тем круче будет идти график и тангенс угла наклона графика как раз будет равен скорости жука, если на горизонтальную ось нанести единицы времени, а на вертикальную ось – единицы длины.

Если эту же вертикальную ось назвать $x(t)$, то вряд ли, что изменится в рассуждениях, а если представить,

что ось не вертикальная, а горизонтальная или даже наклонная (жук ползет не по дереву, а по ветке), то в

Если тело движется с постоянной скоростью вдоль оси OX , то график зависимости $x(t)$ в координатах $x - t$, будет отображаться отрезком прямой, причем чем с большей скоростью движется тело, тем больше будет угол наклона к оси t , то есть тем круче наклонена прямая (рис. 12). В этом легко убедиться, взяв любую точку графика и рассчитав значение скорости $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. При начальной координате $x_0 = 0$, зависимость координаты от времени выражается формулой (Таблица 1) $x = vt$, что соответствует графику прямо пропорциональной зависимости – прямой проходящей через начало координат. В алгебре, когда переменная обозначается x , а функция y , говорят о графике $y(x) = kx$ и коэффициент k называют угло-

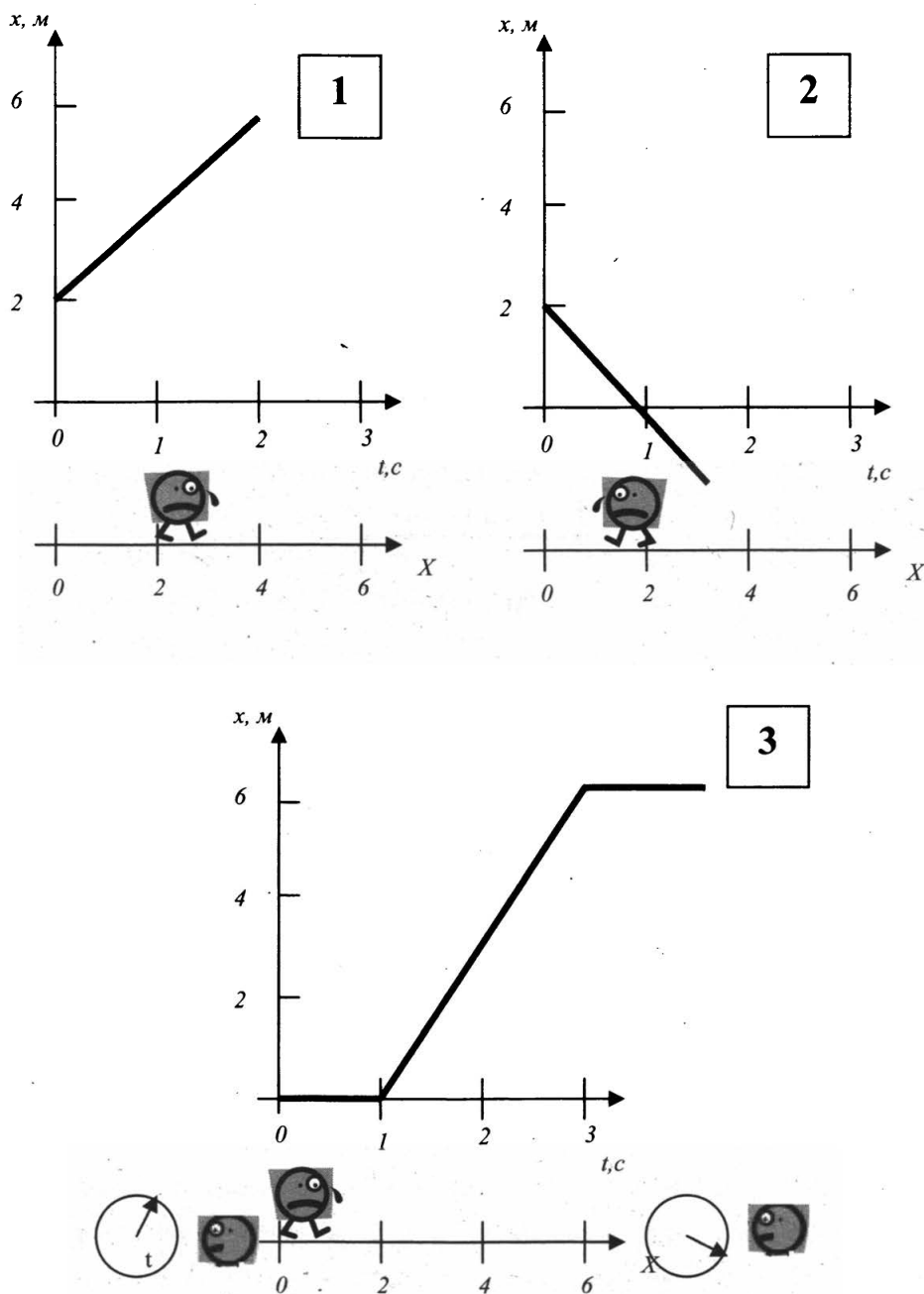


Рис. 13

В случае 2 тело стартовало сразу после включения секундомера из той же точки, двигалось равномерно с такой же скоростью, но по направлению против направления оси, то есть приближалось к начала координат и в момент времени 1 с, прошло мимо начала координат и пошло дальше в сторону с отметками на оси -1 м, -2 м, и т.д. В случае 3, тело вообще сидел на месте после включения секундомера в течение 1 с и только потом начало двигаться со скоростью $v = \frac{6-0}{3-1} = 3(\text{м/с})$ вдоль оси OX . Когда на секундомере было 6 с, то есть спустя 2 с после начала движения, тело опять остановилось и уже не двигалось (горизонтальный участок на графике $x(t)$).

Помимо зависимости координаты от времени $x(t)$ в вариантах ЕГЭ встречаются задачи, в которых требуется анализ графиков $s(t)$ и $v(t)$.

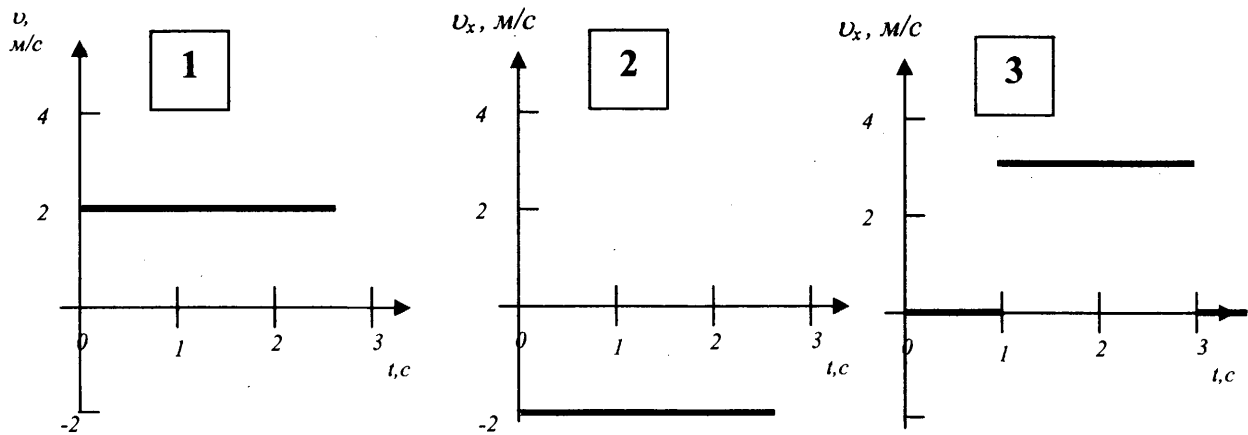


Рис. 14

График $s(t)$ в отличие от графика $x(t)$ не может убывать (как на рис. 13.2), поскольку путь может только увеличиваться. Анализ такого графика абсолютно аналогичен анализу графика $x(t)$.

В случае графика $v(t)$ равномерное движение отображается совсем просто – горизонтальными отрезками, параллельными оси t , ведь скорость при равномерном движении НЕ зависит от времени. На рис. 14 приведены три графика $v(t)$, соответствующие графикам 1, 2, 3 на рис. 13. В случае движения тела против оси OX корректнее говорить об отрицательной проекции скорости $v_x(t)$ на ось, поскольку обозначение $v(t)$ обычно используется для обозначения модуля (длины) вектора \vec{v} и поэтому не может быть отрицательным.

В случае равноускоренного движения вдоль оси OX скорость постоянно меняется по закону

$$v = v_0 \pm at$$

Знак « $-$ » отражает направление вектора \vec{a} против оси, при этом обычно ось выбирается так, чтобы вектор начальной скорости \vec{v}_0 был направлен вдоль оси OX . При таком выборе отрицательный знак в формуле означает «торможение» тела – уменьшение модуля скорости до нуля. На рис. 15 приведены графики $v_x(t)$ для случаев 1, когда начальная скорость нарастает от нулевого значения (старт из состояния покоя), от значения $v_0=2 \text{ м/с}$ (случай 2) и убывает от $v_0>0$ до нуля в течение 1 с (случай 3). На вертикальной оси отложено значение проекции скорости и то, что $v_x(t)$ становится отрицательным, означает, что после остановки тело начало ускоряться в направлении, противоположном направлению оси OX .

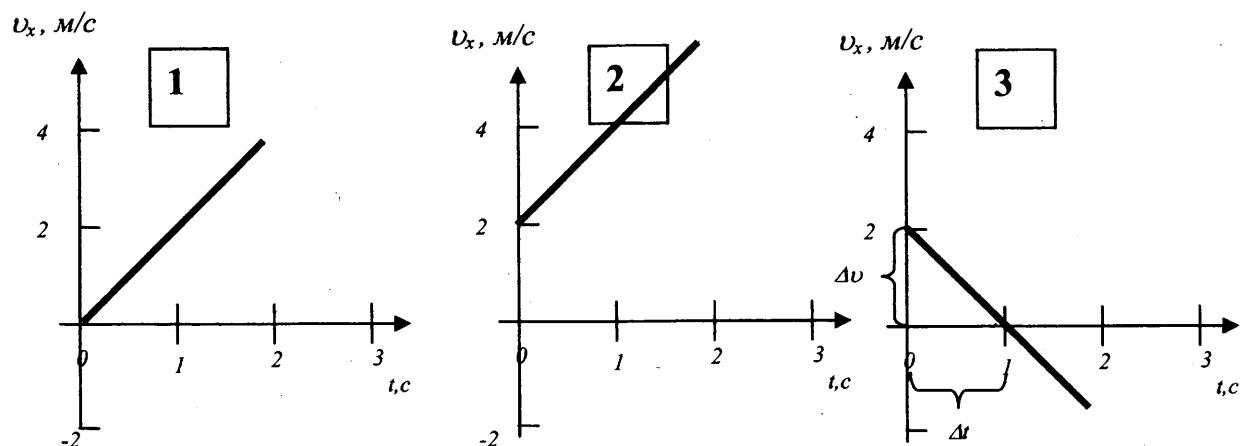


Рис. 15

По такому графику можно вычислить модуль ускорения и проекцию вектора ускорения на ось OX . Так в случае 3 (рис. 15) модуль ускорения равен $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2}{1} = 2 \text{ м/с}^2$, а проекция ускорения на ось равна -2 м/с^2 .

Как и при равномерном, так и при равноускоренном движении, площадь под графиком зависимости $v_x(t)$ представляет собой числовое значение пути пройденного телом за выбранный участок времени, причем, если график идет в отрицательную область оси $v_x(t)$, то вычисляемый путь равен сумме положительных чисел, равных площади фигуры ограниченной осью t и графиком $v_x(t)$.

В заключении несколько общих советов.

1) При анализе графиков следует, прежде всего, обратить внимание на то, что располагается по вертикальной оси, поскольку внешний вид зависимостей может быть одинаковым, а характер совершенно разным.

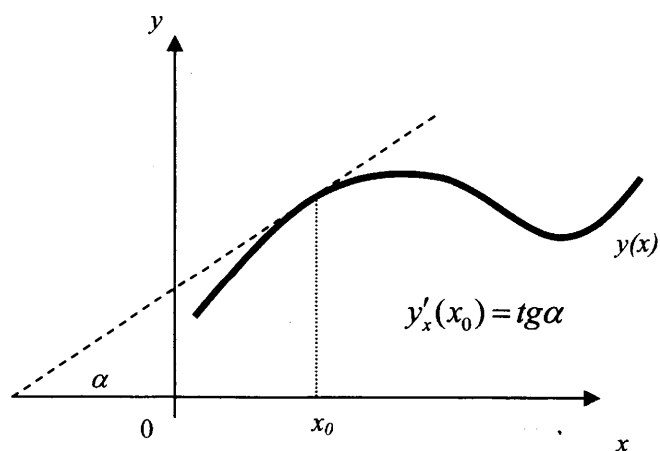
2) Надо внимательно знакомиться с текстом задания, чтобы отвечать именно на поставленный в данном варианте вопрос.

3) Используя приведенные выше определения и соображения следует понять как меняется величина о которой спрашивается в задании и как такое изменение (рост, убыль, неизменность величины) будет отражено на графике ее зависимости от времени.

4) Если варианты ответов требуют получить числовое значение той или иной величины, то следует вспомнить какие варианты расчета возможны для расчета ее значения, выбрать тот вариант, который содержит величины приведенные на графике, проанализировав график выбрать определенную

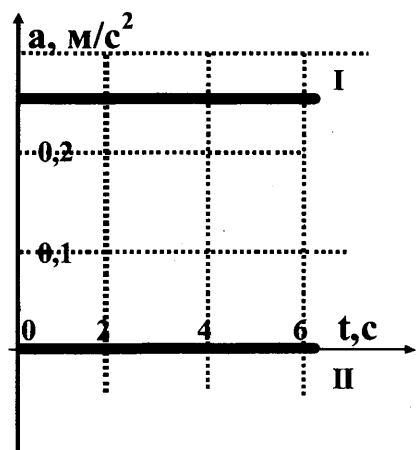
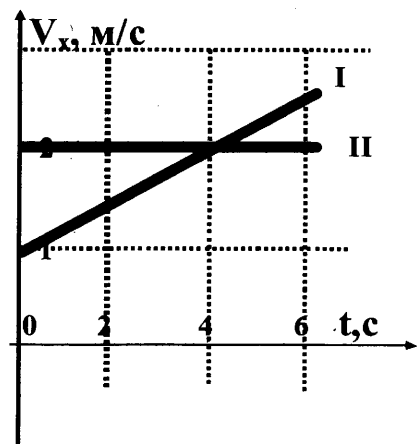
точку на графике, взять значения величины и момента (промежутка) времени, соответствующего этой точке, и провести нужные расчеты используя эти числа. Не забудьте предварительно перевести все величины в единицы СИ (м , с , м/с , м/с^2)!

5) Для хорошо изучавших в 10 классе на уроках алгебры производную функции, напомним, что производная функции $y(x)$ - $y'_x(x)$ показывает «скорость изменения функции» и численно равна при $x=x_0$ касательной в этой точке графика. Это может существенно облегчить анализ графиков и функций.



Если в роли «функции» выступает путь, пройденный телом $s(t) \leftrightarrow y(x)$, а в роли переменной – время $t \leftrightarrow x$, то понятно, что «скорость возрастания пути» – это просто скорость $y'_x(x) \leftrightarrow s'_t(t) = v(t)$. Аналогично «скорость возрастания пути» – это ускорение $v'_t(t) = a$. Тогда если $s(t) = 2t + 3t^2$, то $v(t) = 2 + 6t$ и $a(t) = 6 \text{ м/с}^2$.

Проиллюстрируем, для примера, как следует анализировать задачу на анализ графиков движения одного или двух тел, приведенных в одной системе координат. Здесь не приводятся варианты ответов, а обращается внимание на то, как решаются разные задания, построенные на одном рисунке.



Два тела I и II движутся прямолинейно вдоль оси OX. График зависимости проекции скорости движения тел от времени приведен на рисунке. В начальный момент времени они оба находились в начале координат.

а) Какое из тел движется равномерно?

Если тело движется равномерно, то его скорость не изменяется $v = \text{const}$. Тогда график $v(t)$ – прямая, параллельная оси времени. Следовательно, второе тело движется равномерно в направлении оси OX со скоростью $v = 2 \text{ м/с}$.

б) Каковы проекции скоростей тел и ускорение тела II в момент времени $t = 2 \text{ с}$?

Первое тело движется равноускоренно, поскольку его скорость нарастает линейно со временем. В момент времени $t = 2 \text{ с}$ его скорость равна $1,5 \text{ м/с}$. Ускорение в любой момент одинаково, его можно найти по определению ускорения, взяв по графику скорости тела, например, в момент времени $t = 0$ ($v_0 = 1 \text{ м/с}$) и в момент времени $t = 4 \text{ с}$ ($v_4 = 2 \text{ м/с}$)

$$a_I = (2 - 1) / (4 - 0) = 0,25 \text{ м/с}^2$$

в) В какой момент времени сравниваются проекции скорости тел?

Как видно из графика скорости сравнивались при $t = 4 \text{ с}$

г) Как выглядит график зависимости проекции ускорения I и II тел на ось OX от времени?

Ускорение тела I равно $0,25 \text{ м/с}^2$ и не зависит от времени, поэтому график – прямая параллельная оси времени; второе тело движется равномерно, то есть ускорение равно нулю.

д) Какова зависимость проекции скорости I и II тел от времени?

Зависимость скорости тел I и II при равноускоренном и равномерном движении равны соответственно

$$v_I(t) = v_I(0) + a_I t = (\text{в числовом выражении в системе СИ}) = 1 + 0,25 t \text{ (м/с)}$$

$$v_{II}(t) = v_{II}(0) = 2 \text{ (м/с)}$$

е) Какова зависимость координаты тела I и II от времени, если в начальный момент времени они оба находились в начале координат?

Зависимость координат тел I и II при равноускоренном и равномерном движении, с учетом того, что начальные координаты тел $x_I(0) = x_{II}(0) = 0$, запишем:

$$x_I(t) = x_I(0) + v_I(0) t + a_I t^2 / 2 = (\text{в числовом выражении в системе СИ}) = t + 0,125 t^2 \text{ (м)}$$

$$x_{II}(t) = x_{II}(0) + v_{II}(0) t = 2 t \text{ (м)}$$

ж) Какой путь тело I прошло за первую и за четвертую секунды?

За первую секунду координата I тела изменилась от $x_I(0) = 0$ до $x_I(1) = 1 + 0,125 \cdot 1^2 = 1,125 \text{ (м)}$, оно двигалось все время в одном направлении, следовательно, тело прошло путь $s_1 = 1,125 \text{ м}$.

За четвертую секунду, то есть за промежуток времени от $t = 4\text{с}$ до $t=5\text{с}$, тело прошло путь $s_4 = x_I(5) - x_I(4) = 2,125\text{ (м)}$

з) В какой момент времени координаты тел сравняются (тела встретятся)?

Для расчета времени встречи используем зависимость координат тел от времени (см.п. г).

$$x_I(t) = x_{II}(t) \\ t + 0,125 t^2 = 2 t$$

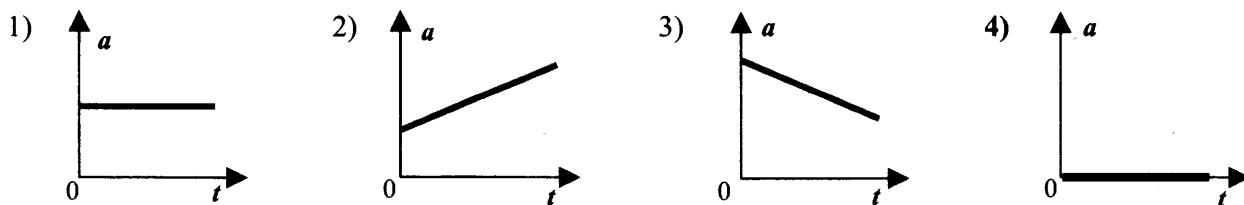
Откуда, решая квадратное уравнение $0,125 t^2 - t = 0$, получаем, что тела были в одной точке при $t=0$ ($x_I(t) = x_{II}(t)=0$) и при $t = (1/0,125) = 8\text{ с}$ ($x_I(t) = x_{II}(t) = 16\text{ м}$).

и) Какова проекции скорости первого тела относительно системы отсчета, связанной со вторым телом в момент времени $t=6\text{с}$?

В момент времени $t=6\text{с}$, как видно из графика, первое тело движется вдоль оси ОХ со скоростью $v_I(6) = 2,5\text{ м/с}$, а второе – со скоростью $v_{II}(6) = 2\text{ м/с}$. Поэтому в системе отсчета, связанной со вторым телом, первое движется медленней и его скорость в этой системе отсчета равна $v_{\text{отн}}(6) = v_I(6) - v_{II}(6) = 0,5\text{м/с}$

Ниже приведен ряд примеров из открытых вариантов ЕГЭ разных лет и комментарии к их решению.

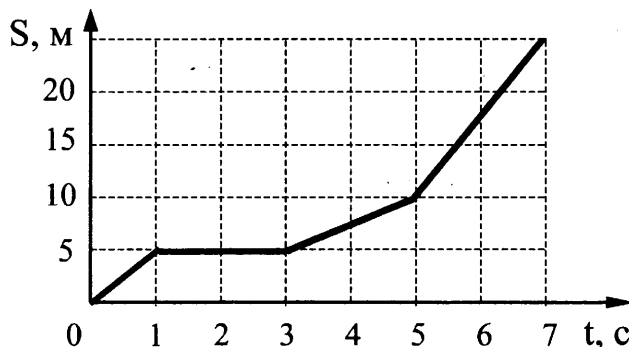
Пример 15. На рисунках изображены графики зависимости модуля ускорения от времени для разных видов движения. Какой график соответствует равномерному движению?



Не обратить внимание на то, что речь идет о зависимости ускорения от времени, а не пути или скорости, что наиболее часто встречается, то можно выбрать ответ 1) (он был бы верным если на оси была бы скорость), или ответ 2) (он был бы верен если бы на оси была координата), хотя верен ответ 4), в котором ускорение равно нулю, или иными словами скорость не меняется, то есть постоянна.

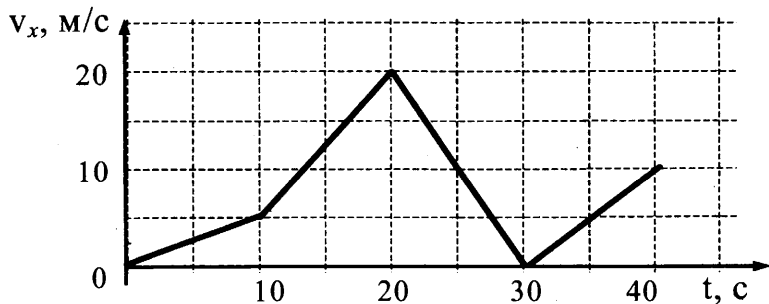
Пример 16. На рисунке представлен график зависимости пути S велосипедиста от времени t . Определите интервал времени после начала движения, когда велосипедист двигался со скоростью 5 м/с .

- 1) от 5 с до 7 с
- 2) от 3 с до 5 с
- 3) от 1 с до 3 с
- 4) от 0 до 1 с



Сначала откидываем участок, на которых тело не двигалось (от 1 до 3 с), затем вычисляем поочередно скорость на всех участках и обнаруживаем, что скорость равна значению 5 м/с только на участке от 0 до 1 с.

Пример 17. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени.



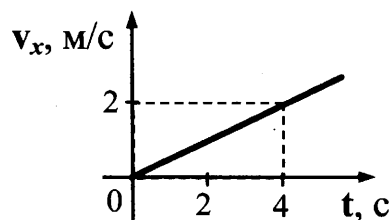
Модуль ускорения максимален на интервале времени

- 1) от 0 с до 10 с
- 2) от 10 с до 20 с
- 3) от 20 с до 30 с
- 4) от 30 с до 40 с

На графике даны 4 одинаковых по длительности интервала времени (0-10 с, 10-20 с, и т.д.), на которых скорость тела меняется по законам равноускоренного движения. Для сравнения модулей можно сравнить только величины $|\Delta v|$ на каждом из приведенных участков, на первом участке это 5 м/с, на втором 15 м/с, на третьем 20 м/с, на четвертом – 10 м/с. Поэтому модуль ускорения максимален на третьем участке.

Пример 18. Тело движется по оси OX. Проекция его скорости $v_x(t)$ меняется по закону, приведенному на графике. Путь, пройденный телом за 2 с, равен

- 1) 1 м
- 2) 2 м
- 3) 4 м
- 4) 8 м



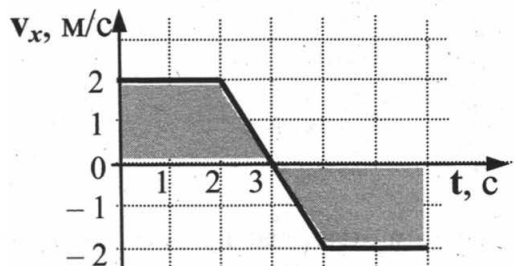
Нужное значение рассчитывается как площадь треугольника $s = \frac{2 \cdot 4}{2} = 4(\text{м})$. Задачу достаточно

просто решить и аналитически, предварительно вычислив из графика ускорение $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2}{4} = 0,5 \text{ м/с}^2$,

а затем путь $s = \frac{at^2}{2} = \frac{0,5 \cdot 4^2}{2} = 4(\text{м})$.

Пример 19. На графике изображена зависимость проекции скорости тела, движущегося вдоль оси OX, от времени. Какой путь прошло тело к моменту времени $t = 6 \text{ с}$?

- 1) 0 м
- 2) 6 м
- 3) 8 м
- 4) 10 м



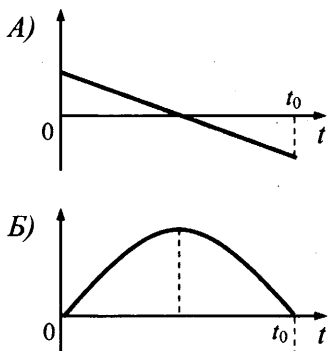
В отличие от предыдущего примера аналитическое решение гораздо сложнее графического, поэтому задача решается графически. Поскольку путь s не зависит от направления движения, его значение рассчитывается как сумма площадей двух трапеций (на рисунке заштриховано серым). Обратим внимание, что если бы речь шла о перемещении за те же промежутки времени, то в Примере 18, ответ остался бы тем же, а вот во втором ответ был бы равен 0, тело с начала отсчета сначала движется с по-

стоянной скоростью вдоль оси OX , затем тормозит, двигаясь в том же направлении до остановки, а потом начинает двигаться в противоположном направлении. Путь же при этом продолжает нарастать.

Пример 20. 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 полёта). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



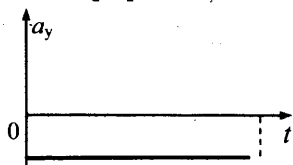
ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) координата шарика y
- 2) проекция скорости шарика v_y
- 3) проекция ускорения шарика a_y
- 4) модуль скорости шарика

Вспоминаем, что свободное падение – это движение шарика с постоянным ускорением \vec{g} , направленным вниз. Поэтому проекция ускорения шарика на заданную на рисунке ось y постоянна $a_y = -g$. Такой график выглядел бы так



Проекция скорости $v_y = v_{0y} - a_y t = v_0 - gt$, шарик замедляет свое движение и скорость направлена вверх, проекция скорости положительна $v_y > 0$, затем в верхней точке шарик останавливается $v_y = 0$, затем скорость нарастает, но вектор скорости направлен вниз $v_y < 0$, поэтому график $v_y(t)$ выглядит так

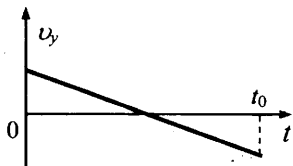
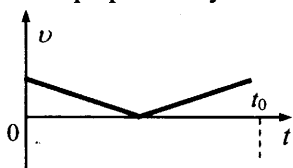
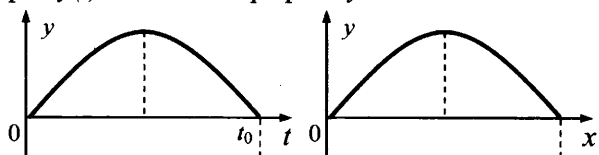


График модуля скорости от времени весь лежит выше оси времени



Координата шарика на оси y , если он стартовал из начала координат, описывается уравнением $y(t) = v_0 t + a_y t^2 / 2 = v_0 t - gt^2 / 2$. Эта функция в координатах (y, t) описывается параболой, с ветвями направленными вниз и проходящими через начало координат. Например, при $v_0 = 4 \text{ м/с}$ и $g = 10 \text{ м/с}^2$, график $y(t) = 4t - 5t^2$ на графике $y-t$ выглядит также как график $y(x) = 4x - 5x^2 = -5x^2 + 4x$



На графике время $t_0/2$ – время подъема шарика до максимальной высоты, где его скорость обращается в ноль. Таким образом правильным ответом следует признать

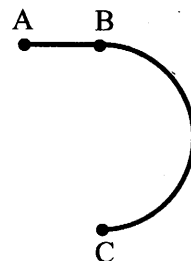
Ответ:

A	B
2	4

И записать в бланк ответов число «24»

Обычно элементы знаний по теме «Кинематика» в заданиях с развернутым ответом входят как часть заданий по темам «Динамика материальной точки», «Закон сохранения механической энергии», при рассмотрении движения заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Разберем одну такую задачу из одного из открытых вариантов ЕГЭ 2012, основанную только на элементах темы «Кинематика», что встречается крайне редко.

Пример 21. Стартуя из точки A (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки B, после которой модуль скорости спортсмена остаётся постоянным вплоть до точки C. Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок BC, больше, чем на участок AB, если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Траектория BC – полуокружность.



Примерное решение такого задания может выглядеть следующим образом:

Ускорение на прямолинейном участке определяется по формуле

$$a_1 = \frac{v}{t_1},$$

где v – скорость в точке B, а t_1 – время движения по прямолинейному участку.

Ускорение при движении по дуге окружности есть центростремительное ускорение и определяется по формуле

$$a_2 = \frac{v^2}{R},$$

где R – радиус окружности с дугой BC.

С учётом того, что при равномерном движении по окружности с периодом $T=2t_2$

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{\pi R}{t_2},$$

получим $a_2 = \frac{v\pi}{t_2}.$

Приравнявая выражения для ускорений, получим $\frac{v}{t_1} = \frac{v\pi}{t_2}$, откуда $\frac{t_2}{t_1} = \pi.$

Ответ: $\frac{t_2}{t_1} = \pi.$

Раздел II. ТРЕНИРОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕДИНОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ ЭКЗАМЕНУ 2015 г.

1. Задания, проверяющие усвоение элементов содержания Кодификатора (задания № 1–27 в варианте ЕГЭ)

Каждое задание сопровождается указателем уровня подготовки, которому соответствует задание (Б – базовый, П – повышенный, В – высокий), и типа задания (ВО – задания с выбором ответа; КО – задания с кратким ответом; С – задания на соответствие). Так, набор букв (П, ВО) перед заданием означает, что задание требует усвоения курса на повышенном уровне и является заданием с выбором ответа, а набор (Б, С) означает, что задание базового уровня на соответствие.

В Приложении № 2 приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении заданий.

Тематический блок № 1 «Кинематика»

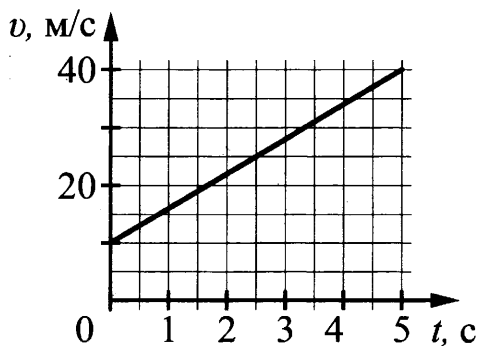
1 (Б, ВО). Два автомобиля движутся по прямому шоссе: первый – со скоростью \vec{v} , второй – со скоростью $-4\vec{v}$. Скорость второго автомобиля относительно первого равна

- 1) $-5\vec{v}$
- 2) $-3\vec{v}$
- 3) $3\vec{v}$
- 4) $5\vec{v}$

2 (П, ВО). Лодка должна попасть на противоположный берег по кратчайшему пути в системе отсчета, связанной с берегом. Скорость течения реки u , а скорость лодки относительно воды $v > u$. Модуль скорости лодки относительно берега при этом равен

- 1) $v + u$
- 2) $v - u$
- 3) $\sqrt{v^2 + u^2}$
- 4) $\sqrt{v^2 - u^2}$

3 (Б, КО). На графике приведена зависимость скорости тела от времени при прямолинейном движении. Определите ускорение тела.

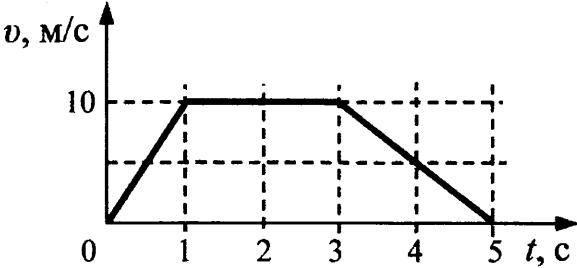


Ответ: _____ м/с²

4 (Б, ВО). Точка движется по окружности радиусом R с частотой обращения ν . Как нужно изменить частоту обращения, чтобы при увеличении радиуса окружности в 4 раза центростремительное ускорение точки осталось прежним?

- 1) увеличить в 4 раза
- 2) уменьшить в 4 раза
- 3) уменьшить в 2 раза
- 4) увеличить в 2 раза

5 (Б, КО). На рисунке представлен график зависимости скорости v автомобиля от времени t . Найдите путь, пройденный автомобилем за 5 с.



Ответ: _____ м

6 (П, С)

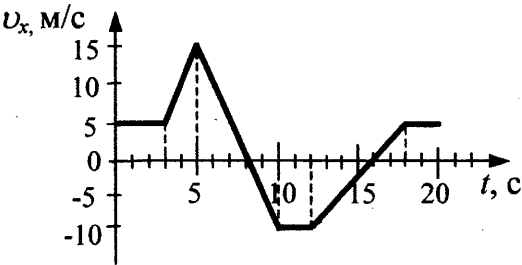
Установите соответствие между зависимостью проекции скорости тела от времени (все величины выражены в СИ) и зависимостью координаты этого тела от времени (начальная координата тела равна 0).

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) $x = 5t + 2t^2$	

Ответ:	А		Б	

7 (Б, ВО). На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.



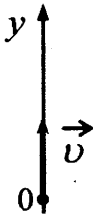
Проекция ускорения тела в интервале времени от 12 до 16 с представлена графиком

- 1) $a_x, \text{м/с}^2$
- 2) $a_x, \text{м/с}^2$
- 3) $a_x, \text{м/с}^2$
- 4) $a_x, \text{м/с}^2$

8 (П, КО) 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

9 (П, С). 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

А)

Б)

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) координата шарика y

2) проекция скорости шарика v_y

3) проекция ускорения шарика a_y

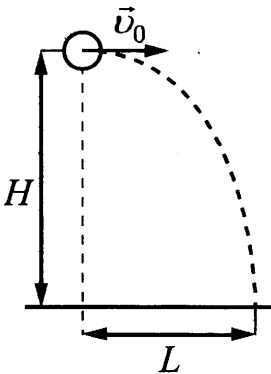
4) модуль силы тяжести, действующий на шарик

А	Б

10 (П, ВО). 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?

- 1) 10 м 2) $10\sqrt{2}$ м 3) 5 м 4) $5\sqrt{3}$ м

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



Что произойдёт с временем полёта, дальностью полёта и ускорением шарика, если на этой же установке уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

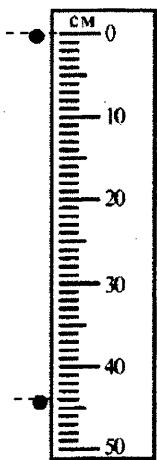
- 1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

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

Время полёта	Дальность полёта	Ускорение

12 (Б, КО). 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



13 (П, КО). Специальный фотоаппарат зафиксировал два положения падающего в воздухе из состояния покоя шарика: в начале падения и через 0,31 с (см. рисунок).

Ускорение свободного падения по результатам такого опыта приблизительно равно

Ответ: _____ м/с²

14 (П, КО) Находящемуся на горизонтальной поверхности стола бруску сообщили скорость 5 м/с. Под действием сил трения брусок движется с ускорением 1 м/с² . Чему равен путь, пройденный бруском за 6 с?

Ответ: _____ м

15 (П, С). Ученик исследовал движение бруска по наклонной плоскости. Он определил, что брусок, начиная движение из состояния покоя, проходит 20 см с ускорением $2,6 \frac{м}{с^2}$. Установите соответствие между зависимостями физических величин от времени и пройденного пути, полученными при исследовании движения бруска (см. левый столбец), и уравнениями, выражающими эти зависимости, приведёнными в правом столбце.

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

ЗАВИСИМОСТИ
ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

- А) зависимость пути, пройденного бруском, от времени
- Б) зависимость модуля скорости бруска от пройденного пути

УРАВНЕНИЯ,
ОТРАЖАЮЩИЕ ЗАВИСИМОСТИ

- 1) $l = At^2$, где $A = 1,3 \frac{м}{с^2}$
- 2) $l = Bt^2$, где $B = 2,6 \frac{м}{с^2}$
- 3) $v = C\sqrt{l}$, где $C = 2,3 \frac{\sqrt{м}}{с}$
- 4) $v = Dl$, где $D = 2,3 \frac{м}{с}$

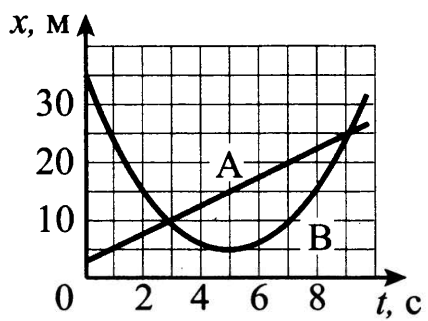
Ответ:

А	Б

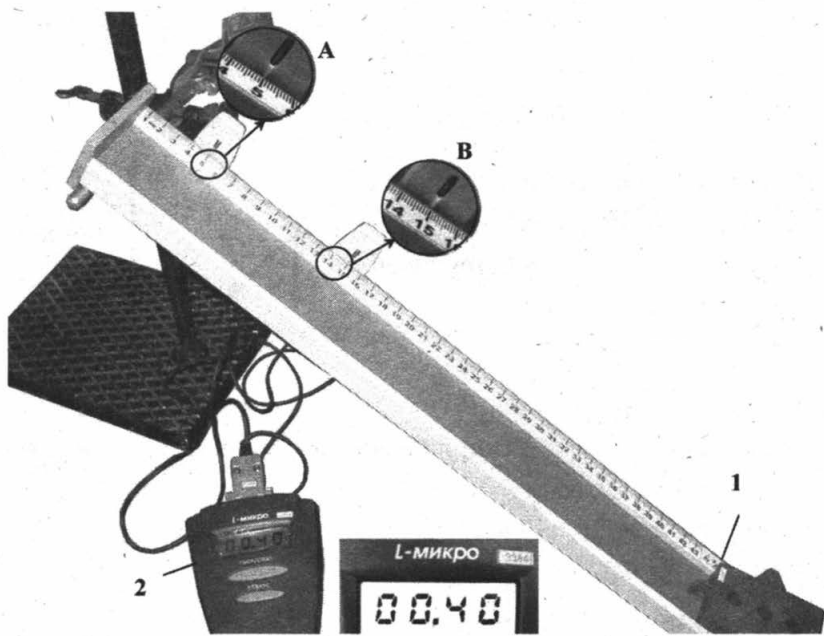
16 (П, ВО). На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось Ох. Выберите верное(-ые) утверждение(-я) о характере движения тел.

- А. Временной интервал между встречами тел А и В составляет 6 с.
 Б. Тело А движется со скоростью 3 м/с.

- 1) только А 2) только Б 3) и А, и Б 4) ни А, ни Б



17 (П, ВО). 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 верхний датчик (А) включил секундомер (2), а при прохождении каретки мимо нижнего датчика (В) секундомер выключился. Числа на линейке обозначают длину в сантиметрах. Какое выражение позволяет вычислить скорость каретки в любой момент времени?

- 1) $v = 1,25t$
 2) $v = 0,5t$
 3) $v = 2,5t$
 4) $v = 1,9t$

Тематический блок № 2 «Динамика»

18 (Б, С). На тело, поступательно движущееся в инерциальной системе отсчёта, действовала равнодействующая постоянная сила \vec{F} в течение времени Δt . Если время Δt действия силы увеличится, то как изменятся модуль импульса силы, 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 импульса равнодействующей силы	Модуль ускорения тела	Модуль изменения импульса тела

19 (Б, КО) Камень массой 0,2 кг брошен под углом 60° к горизонту. Модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска, равен

Ответ: _____ Н

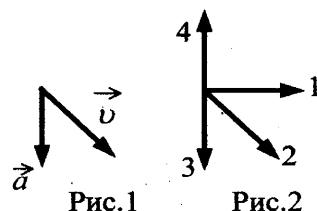
20 (П, ВО). Груз массой 4 кг подвешен к укрепленному в лифте динамометру. Лифт начинает спускаться с верхнего этажа с постоянным ускорением. Показания динамометра при этом равны 36 Н. Чему равно и куда направлено ускорение лифта?

- 1) 1 м/с^2 , вверх 2) 9 м/с^2 , вниз 3) 9 м/с^2 , вверх 4) 1 м/с^2 , вниз

21 (Б, ВО) Мальчик медленно поднимает гирию, действуя на неё с силой 100 Н. Гирия действует на руку мальчика с силой

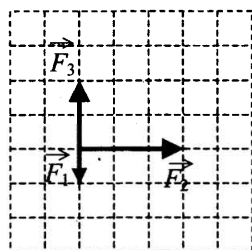
- 1) меньше 100 Н, направленной вниз
2) больше 100 Н, направленной вниз
3) 100 Н, направленной вниз
4) 100 Н, направленной вверх

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



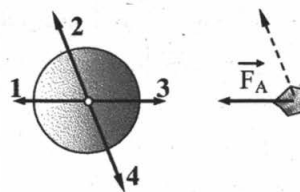
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

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



- 1) $\sqrt{10} \text{ Н}$
2) 6 Н
3) 4 Н
4) $\sqrt{13} \text{ Н}$

24 (Б, ВО). Мимо Земли летит астероид в направлении, показанном на рисунке штриховой стрелкой. Вектор \vec{F}_A показывает силу притяжения астероида Землей. Вдоль какой стрелки (1, 2, 3 или 4) направлена сила, действующая на Землю со стороны астероида?



- 1) вдоль 1 2) вдоль 2 3) вдоль 3 4) вдоль 4

25 (П, С) 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?

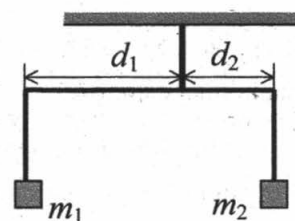
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 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

26 (Б, ВО) Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два тела (см. рисунок), находится в равновесии. Как нужно изменить массу первого тела, чтобы после увеличения плеча d_1 в 3 раза равновесие сохранилось? (Коромысло и нити считать невесомыми.)



- 1) увеличить в 3 раза
- 2) увеличить в 6 раз
- 3) уменьшить в 3 раза
- 4) уменьшить в 6 раз

27 (Б, ВО) Расстояние от спутника до центра Земли равно двум радиусам Земли. Во сколько раз изменится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до центра Земли увеличится в 2 раза?

- 1) уменьшится в 4 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) увеличится в 4 раза

28 (Б, ВО). Космический корабль после выключения ракетных двигателей движется вертикально вверх, достигает верхней точки траектории и затем движется вниз. На каком участке траектории в корабле наблюдается состояние невесомости? Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

- 1) только во время движения вверх
- 2) только во время движения вниз
- 3) только в момент достижения верхней точки траектории
- 4) во время всего полета с неработающими двигателями

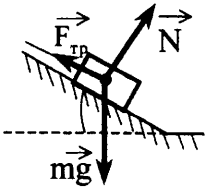
29 (П, КО). Космонавт на Земле притягивается к ней с силой 700 Н. С какой приблизительно силой он будет притягиваться к Марсу, находясь на его поверхности, если радиус Марса в 2 раза, а масса – в 10 раз меньше, чем у Земли?

Ответ: _____ Н

30 (П, КО). 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

31 (Б, ВО) Брусок лежит на шероховатой наклонной опоре (см. рисунок). На него действуют 3 силы: сила тяжести $m\vec{g}$, сила упругости опоры \vec{N} и сила трения $\vec{F}_{тр}$. Если брусок покоится, то модуль равнодействующей сил $\vec{F}_{тр}$ и \vec{N} равен



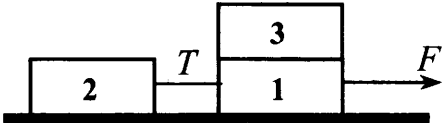
- 1) mg 2) $F_{тр} + N$ 3) $N \cos \alpha$ 4) $F_{тр} \sin \alpha$

32 (Б, ВО) 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 $k_2 = 600 \text{ Н/м}$. Удлинение второй пружины равно



- 1) 4,5 см 2) 1,5 см 3) 3 см 4) 1 см

33 (П, ВО) Одинаковые бруски, связанные нитью, движутся под действием внешней силы F по гладкой горизонтальной поверхности (см. рисунок). Как изменится сила натяжения нити T , если третий брусок переложить с первого на второй?



- 1) увеличится в 2 раза
2) увеличится в 3 раза
3) уменьшится в 1,5 раза
4) уменьшится в 2 раза

34 (Б, ВО). 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 . Жёсткость первой пружины равна k_1 , а жёсткость второй k_2 равна

- 1) $0,5k_1$ 2) $0,25k_1$ 3) $4k_1$ 4) $2k_1$

35 (П, С). 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		1) μmg	
Б) тормозной путь грузовика		2) μg	
		3) $\frac{v}{\mu g}$	
		4) $\frac{v^2}{2\mu g}$	

Ответ:	А	Б

36 (Б, ВО). Деревянный брусок массой m , площади граней которого связаны отношением $S_1 : S_2 : S_3 = 1 : 2 : 3$, скользит равномерно и прямолинейно по горизонтальной шероховатой опоре, соприкасаясь с ней гранью площадью S_1 , под действием горизонтальной силы \vec{F} . Каков коэффициент трения бруска об опору?

- 1) $\frac{3F}{mg}$ 2) $\frac{6F}{mg}$ 3) $\frac{2F}{mg}$ 4) $\frac{F}{mg}$

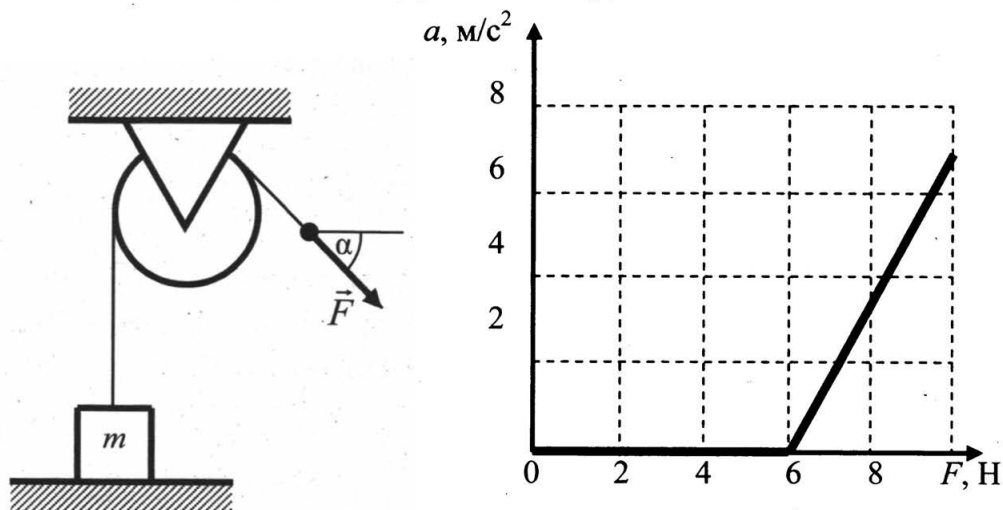
37 (Б, КО) На горизонтальном полу стоит ящик массой 10 кг. Коэффициент трения между полом и ящиком равен 0,25. К ящику в горизонтальном направлении прикладывают силу 16 Н, и он остается в покое. Какова сила трения между ящиком и полом?

Ответ: _____ Н

38 (П, КО). 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?

Ответ: _____ км

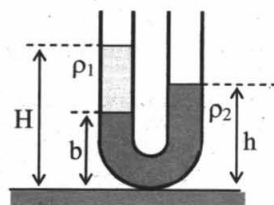
39 (П, ВО) Массивный груз, покоящийся на горизонтальной опоре, привязан к лёгкой нерастяжимой верёвке, перекинутой через идеальный блок. К верёвке прикладывают постоянную силу \vec{F} , направленную под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту (см. рисунок). Зависимость модуля ускорения груза от модуля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



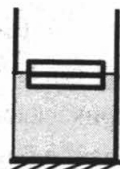
- 1) 0,85 кг 2) 0,42 кг 3) 0,60 кг 4) 6,0 кг

40 (П, ВО). 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 ?

- 1) $0,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
2) $0,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
3) $0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
4) $1,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

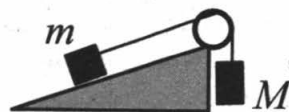


41 (П, ВО). Два одинаковых бруска толщиной h каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). Если в стопку добавить ещё один такой же брусок, то глубина её погружения увеличится на



- 1) $\frac{1}{3}h$ 2) $\frac{1}{2}h$ 3) $\frac{3}{2}h$ 4) h

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



Ответ: _____ м/с²

43 (Б, С). Установите соответствие между техническими устройствами (приборами) и физическими явлениями, лежащими в основе принципа их действия.

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

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

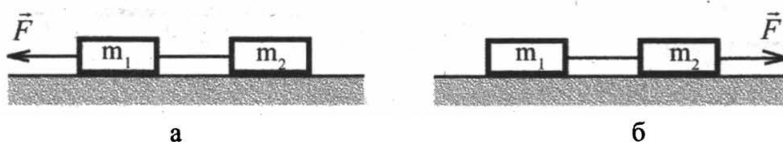
- А) гидравлический пресс
Б) поршневой
жидкостный насос

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

- 1) передача давления внутри жидкости
2) поведение жидкости в сообщающихся сосудах
3) тепловое расширение жидкостей
4) действие атмосферного давления

А	Б

44 (П, ВО). 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 а и б). Чему равно отношение сил натяжения нити в случаях а и б?



- 1) $\frac{2}{3}$ 2) 1 3) $\frac{3}{2}$ 4) $\frac{9}{4}$

Тематический блок № 3 «Законы сохранения в механике»

45 (Б, КО). Какую мощность развивает сила тяги трактора, перемещая прицеп со скоростью 18 км/ч, если она составляет 16,5 кН?

Ответ: _____ Вт

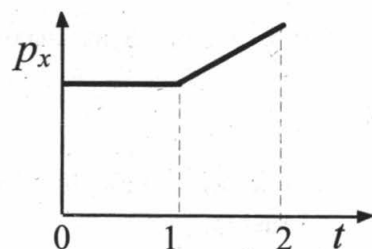
46 (Б, ВО). Если на вагонетку массой m , движущуюся по горизонтальным рельсам со скоростью v , сверху вертикально опустить груз, масса которого равна половине массы вагонетки, то скорость вагонетки с грузом станет равной

- 1) $\frac{3}{2}v$ 2) $\frac{2}{3}v$ 3) $\frac{1}{2}v$ 4) $\frac{1}{4}v$

47 (П, ВО) Дом стоит на краю поля. С балкона с высоты 5 м мальчик бросил камешек в горизонтальном направлении. Начальная скорость камешка 7 м/с, его масса 0,1 кг. Через 2 с после броска импульс камешка приблизительно равен

- 1) 0 2) 2,1 кг·м/с 3) 0,7 кг·м/с 4) 1,4 кг·м/с

48 (Б, ВО) На рисунке приведён график зависимости проекции импульса на ось Ox тела, движущегося по прямой, от времени. Как двигалось тело в интервалах времени 0–1 и 1–2?



- 1) в интервале 0–1 не двигалось,
в интервале 1–2 двигалось равномерно
2) в интервале 0–1 двигалось равномерно,
в интервале 1–2 двигалось равноускоренно
3) в интервалах 0–1 и 1–2 двигалось равноускоренно
4) в интервалах 0–1 и 1–2 двигалось равномерно

49 (Б, ВО) Самосвал массой m при движении на пути к карьере имеет кинетическую энергию $2,5 \cdot 10^5$ Дж. Какова его кинетическая энергия после загрузки, если он двигался с прежней скоростью, а масса его увеличилась в 2 раза?

- 1) 10^6 Дж
2) $2,5 \cdot 10^5$ Дж
3) $5 \cdot 10^5$ Дж
4) $1,25 \cdot 10^5$ Дж

50. (Б, ВО) Скорость тела массой 2 кг, движущегося по оси x , изменяется по закону $v_x = v_{0x} + a_x t$, где $v_{0x} = 10$ м/с, $a_x = -2$ м/с². Кинетическая энергия тела через 2 с после начала движения равна

- 1) 36 Дж 2) 100 Дж 3) 144 Дж 4) 4 Дж

51 (Б, КО). После удара клюшкой шайба стала скользить вверх по ледяной горке, и у ее вершины имела скорость 5 м/с. Высота горки 10 м. Если трение шайбы о лед пренебрежимо мало, то после удара скорость шайбы равнялась

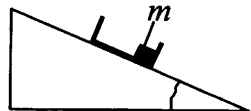
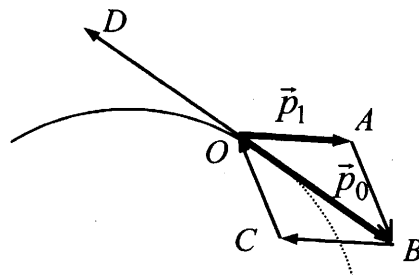
Ответ: _____ м/с

52 (Б, КО). 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

53 (Б, ВО) Снаряд, имеющий в точке O траектории импульс \vec{p}_0 , разорвался на два осколка. Один из осколков имеет импульс \vec{p}_1 . Импульс второго осколка изображается вектором

- 1) \overline{BC} 2) \overline{AB} 3) \overline{OD} 4) \overline{CO}



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

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.

Время движения	Ускорение	Модуль работы силы трения

55 (П, ВО). 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

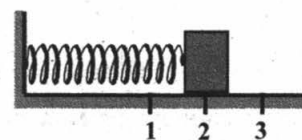
Определите потенциальную энергию пружины при растяжении на 0,08 м.

- 1) 0,04 Дж 2) 0,16 Дж 3) 25 Дж 4) 0,08 Дж

56 (П, ВО). При деформации 1 см стальная пружина имеет потенциальную энергию упругой деформации 1 Дж. Насколько изменится потенциальная энергия этой пружины при увеличении деформации еще на 1 см?

- 1) уменьшится на 1 Дж
2) уменьшится на 2 Дж
3) увеличится на 3 Дж
4) увеличится на 4 Дж

57 (Б, С). 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

58 (П, ВО). Для сообщения неподвижному телу заданной скорости v требуется совершение работы A . Какую работу надо совершить для увеличения скорости этого тела от значения v до значения $2v$?

- 1) A 2) $2A$ 3) $3A$ 4) $4A$

59 (Б, С). 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

60 (П, С). Пластилиновый шар налетает на неподвижную тележку, прикрепленную к невесомой пружине, и прилипает к ней (см. рис.). 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

61 (Б, ВО). Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. Выберите верное утверждение о потенциальной энергии и полной механической 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.

62 (П,С). 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

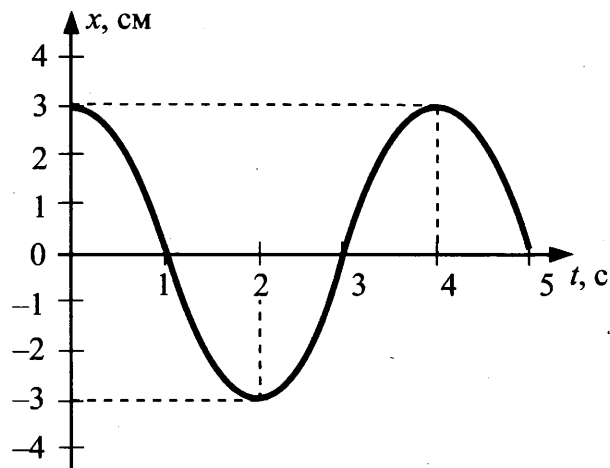
Тематический блок № 4 «Механические колебания и волны»

63 (Б, ВО). 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. Амплитуда колебаний скорости равна

- 1) $3 \cdot 10^{-2}$ м/с
- 2) $6 \cdot 10^{-2}$ м/с
- 3) 2 м/с
- 4) 2 м/с

64 (Б, ВО) При гармонических колебаниях пружинного маятника координата груза $x(t) = A \sin\left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi_0\right)$ изменяется с течением времени t , как показано на рисунке. Период T и амплитуда колебаний A равны соответственно

- 1) $T = 2$ с, $A = 6$ см
- 2) $T = 4$ с, $A = 3$ см
- 3) $T = 3$ с, $A = \sqrt{3}$ см
- 4) $T = 5$ с, $A = 6$ см



65 (П, С). В школьной лаборатории изучают колебания пружинного маятника при различных значениях массы маятника. Если увеличить массу 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

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

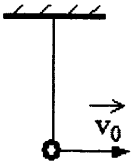
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 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

67 (Б, ВО). Шарiku на нити, находящемуся в положении равновесия, сообщили небольшую горизонтальную скорость (см. рисунок). На какую высоту поднимется шарик?



- 1) $\frac{v_0^2}{2g}$
- 2) $\frac{2v_0^2}{g}$
- 3) $\frac{v_0^2}{4g}$
- 4) $\frac{4g}{v_0^2}$

68 (П, С). Подвешенный на пружине груз совершает вынужденные гармонические колебания под действием силы, меняющейся с частотой ν . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующие 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,
ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ПРОЦЕСС

ЧАСТОТА ИЗМЕНЕНИЯ

- А) кинетическая энергия груза

1) $\frac{1}{2}\nu$

Б) скорость груза

2) ν

В) потенциальная энергия пружины

3) 2ν

А	Б	В

69 (П, ВО). Подвешенный на нити грузик совершает гармонические колебания. В таблице представлены координаты грузика через одинаковые промежутки времени. Какова, примерно, максимальная скорость грузика?

t (с)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
x (см)	6	3	0	3	6	3	0	3

- 1) 1,24 м/с
- 2) 0,47 м/с
- 3) 0,62 м/с
- 4) 0,16 м/с

70 (П, С). В школьной лаборатории изучают колебания пружинного маятника при различных значениях жесткости пружины. Если увеличить жесткость пружины, то как изменятся 3 величины: период его колебаний, их частота, период изменения потенциальной энергии пружины?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

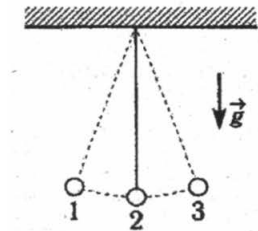
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Период колебаний	Частота колебаний	Период изменения потенциальной энергии пружины

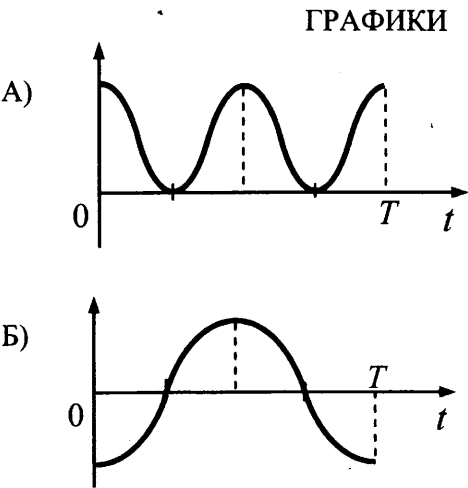
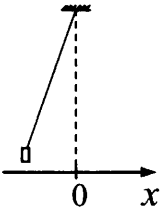
71 (П, ВО). Груз, подвешенный на нити, движется между точками 1 и 3. В каком положении равнодействующая сила, действующая на груз, максимальна?

- В точке 2
- В точках 1 и 3
- В точках 1, 2, 3
- Ни в одной положении



72 (П, С). 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.



- ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**
- координата x
 - проекция скорости v_x
 - кинетическая энергия E_k
 - потенциальная энергия E_p

Ответ:

А	Б

Тематический блок № 5 «Молекулярная физика. Термодинамика»

73 (Б, ВО). Под микроскопом наблюдают хаотическое движение мельчайших частиц мела в капле растительного масла. Это явление называют

- конвекцией в жидкости
- диффузией жидкостей
- испарением жидкостей
- броуновским движением

74 (Б, ВО). 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

75 (П, С). 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, его плотность и внутренняя энергия?

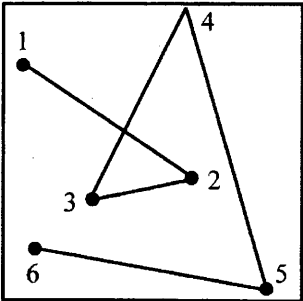
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Давление	Плотность	Внутренняя энергия

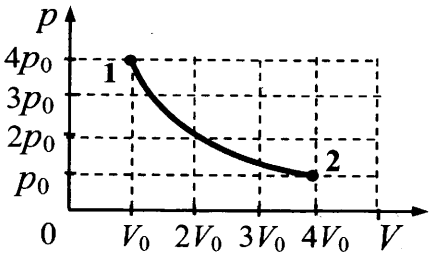
76 (П, ВО). На рисунке показаны положения броуновской частицы в жидкости с интервалом 60 с. О движении частицы из положения 1 в положение 2 можно сказать, что



- 1) частица двигалась из положения 1 в положение 2 равномерно и прямолинейно
- 2) частица двигалась из положения 1 в положение 2 равноускоренно
- 3) частица совершала гармонические колебания
- 4) частица двигалась по ломаной линии с концами в точках 1 и 2

77 (Б, ВО). Висящее на морозе мокрое бельё сначала становится твёрдым (вода кристаллизуется), а затем постепенно высыхает. Кристаллы льда, минуя жидкую фазу, сразу переходят из твёрдого состояния в газообразное. При таком переходе

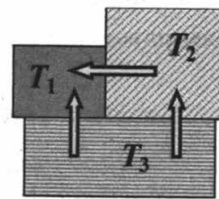
- 1) возрастает температура льда и внутренняя энергия молекул, образующих лёд и пар
- 2) возрастает температура льда, уменьшается внутренняя энергия молекул, образующих лёд и пар
- 3) возрастает температура льда, не изменяется внутренняя энергия молекул, образующих лёд и пар
- 4) возрастает внутренняя энергия молекул, образующих лёд и пар, не меняется температура льда



78 (П, КО). 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. Количество теплоты, полученное газом при этом переходе, равно

Ответ: _____ кДж

79 (Б, ВО). Три металлических бруска привели в соприкосновение, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплопередачи. Сравните температуры брусков перед их соприкосновением.



- 1) $T_1 > T_2 > T_3$
- 2) $T_2 > T_1 > T_3$
- 3) $T_3 > T_2 > T_1$
- 4) $T_3 > T_1 > T_2$

80 (Б, ВО). Некоторое вещество массой m и молярной массой M содержит N молекул. Количество вещества равно

- 1) $\frac{N_A m}{M}$
- 2) $\frac{M}{m}$
- 3) m
- 4) $\frac{N}{N_A}$

81 (Б, ВО). Как изменилась средняя кинетическая энергия молекул одноатомного идеального газа при увеличении абсолютной температуры в 2 раза?

- 1) увеличилась в 2 раза
- 2) уменьшилась в 2 раза
- 3) увеличилась в 4 раза
- 4) уменьшилась в 4 раза

82 (Б, ВО). Как изменилось давление идеального газа, если в данном объеме скорость каждой молекулы газа увеличилась в 2 раза, а концентрация молекул осталась без изменения?

- 1) увеличилось в 2 раза
- 2) увеличилось в 4 раза
- 3) уменьшилось в 2 раза
- 4) уменьшилось в 4 раза

83 (П, С). 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

84 (П, С). В сосуде неизменного объема находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль первого газа. Как изменились в результате парциальные давления газов и их суммарное давление, если температура газов в сосуде поддерживалась неизменной?

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.

Парциальное давление первого газа	Парциальное давление второго газа	Давление смеси газов в сосуде

85 (Б, ВО). В стеклянный сосуд закачивают воздух, одновременно нагревая его. При этом абсолютная температура воздуха в сосуде повысилась в 3 раза, а его давление возросло в 5 раз. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?

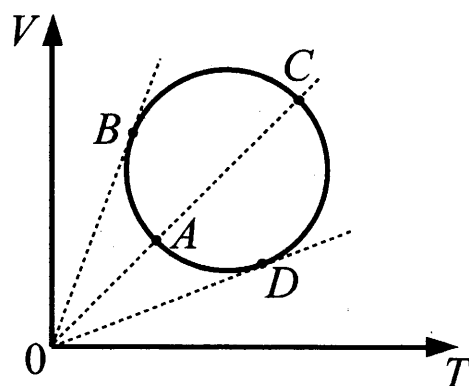
- 1) в 3 раза 2) в 5 раз 3) в $\frac{5}{3}$ раза 4) в 15 раз

86 (Б, ВО). Давление 3 моль водорода в сосуде при температуре 300 К равно p_1 . Каково давление 1 моль водорода в этом сосуде при вдвое большей температуре?

- 1) $\frac{3}{2}p_1$ 2) $\frac{2}{3}p_1$ 3) $\frac{1}{6}p_1$ 4) $6p_1$

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

- 1) A
2) B
3) C
4) D



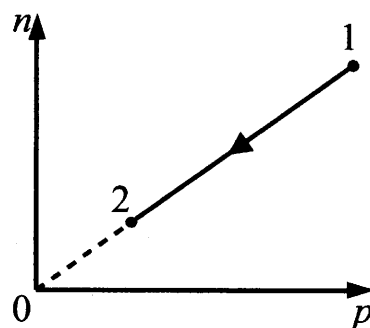
88 (П, ВО). При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 концентрация молекул n пропорциональна давлению p (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.

Утверждается, что в данном процессе

А. плотность газа возрастает.

Б. происходит изотермическое расширение газа.

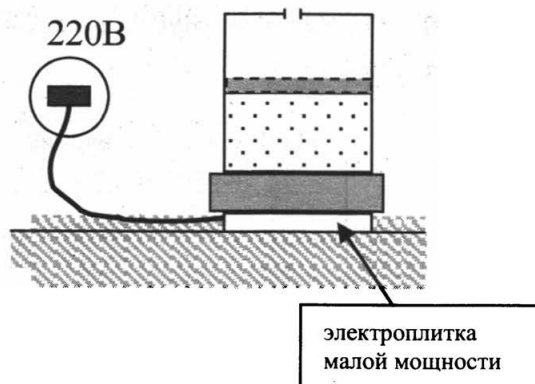
Из этих утверждений



- 1) верно только А
2) верно только Б
3) оба утверждения верны
4) оба утверждения неверны

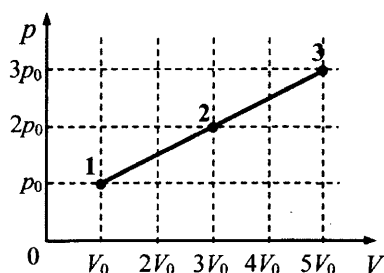
89 (П, ВО). Воздух медленно нагревают в цилиндре под поршнем. При этом часть цилиндра, находящаяся над поршнем, сообщается с атмосферой, а поршень может скользить с очень малым трением. Какое из приведённых ниже уравнений точнее всего описывает процесс, происходящий при этом с воздухом под поршнем?

- 1) $\frac{T}{p} = \text{const}$
- 2) $T \cdot p = \text{const}$
- 3) $\frac{V}{p} = \text{const}$
- 4) $\frac{V}{T} = \text{const}$



90 (П, ВО). Как изменится температура идеального газа, если увеличить его объем в 2 раза при осуществлении процесса, описываемого выражением $PV^2 = \text{const}$?

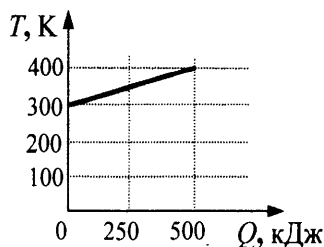
- 1) увеличится в 2 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 4 раза
- 4) уменьшится в 4 раза



91 (П, ВО). На рисунке показан график процесса, проведенного над 1 молем идеального газа. Найдите отношение температур $\frac{T_3}{T_2}$.

- 1) 6
- 2) 2,5
- 3) 5
- 4) 15

92 (Б, КО). На рисунке приведена зависимость температуры твердого тела от полученного им количества теплоты. Масса тела 2 кг. Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?



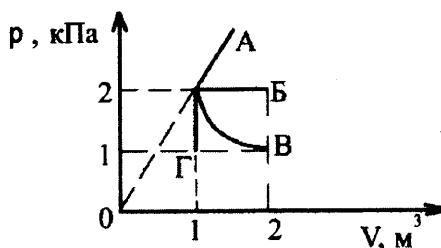
Ответ: _____ Дж/кг·К

93 (П, ВО). На высоте 200 км давление воздуха составляет примерно 10^{-9} от нормального атмосферного давления, а температура воздуха T – примерно 1200 К. Оцените плотность воздуха на этой высоте.

- 1) $1,38 \cdot 10^{-9} \text{ кг/м}^3$
- 2) $29 \cdot 10^{-8} \text{ кг/м}^3$
- 3) $8,31 \cdot 10^{-11} \text{ кг/м}^3$
- 4) $3 \cdot 10^{-10} \text{ кг/м}^3$

94 (Б, ВО). Какой из графиков, изображенных на рисунке, соответствует процессу, проведенному при постоянной температуре газа?

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

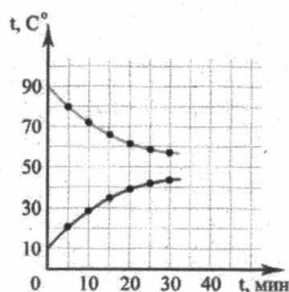
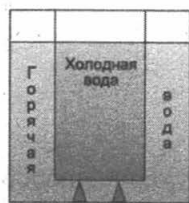


95 (П, ВО). В одном из опытов стали нагревать воздух в сосуде постоянного объема. При этом температура воздуха в сосуде повысилась в 3 раза, а его давление возросло в 2 раза. Оказалось, что кран у сосуда был закрыт плохо, и через него просачивался воздух. Во сколько раз изменилась масса воздуха в сосуде?

- 1) увеличилась в 6 раз
- 2) уменьшилась в 6 раз
- 3) увеличилась в 1,5 раза
- 4) уменьшилась в 1,5 раза

96 (Б, ВО). В цилиндрическом сосуде, объем которого можно изменять при помощи поршня, находится идеальный газ, давление которого $5 \cdot 10^5$ Па и температура 300 К. Как надо изменить объем газа, не меняя его температуры, чтобы давление уменьшилось до $2,5 \cdot 10^5$ Па?

- 1) увеличить в 2 раза
- 2) увеличить в 4 раза
- 3) уменьшить в 2 раза
- 4) уменьшить в 4 раза

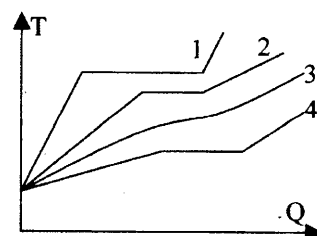


97 (Б, ВО). Во внешний стакан калориметра была налита горячая вода, во внутренний – холодная (см. рисунок). Ученик начал строить графики зависимости температуры горячей и холодной воды от времени. Чему, вероятнее всего, будет равна температура горячей и холодной воды в конце урока?

- 1) температура горячей воды 50° ; холодной 45°
- 2) температура и горячей, и холодной воды 50°
- 3) температура горячей воды 55° ; холодной 50°
- 4) температура горячей воды 40° ; холодной 60°

98 (Б, ВО). 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?

- 1) график 1
- 2) график 2
- 3) график 3
- 4) график 4



99 (П, КО). 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: _____ °C

100 (Б, С). 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

- А) удельная теплоёмкость
- Б) количество теплоты, необходимое для нагревания вещества в данном агрегатном состоянии

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$
- 2) $\frac{Q}{m}$
- 3) $cm(t_2 - t_1)$
- 4) $\lambda \cdot m$

А	Б

101 (Б, ВО). Абсолютная температура и объем одного моля идеального газа увеличились в 3 раза. Как изменилось при этом давление газа?

- 1) увеличилось в 3 раза
- 2) увеличилось в 9 раз
- 3) уменьшилось в 3 раза
- 4) не изменилось

102 (П, ВО). Какое количество теплоты нужно передать молю одноатомного газа, чтобы вдвое увеличить его объем в изобарном процессе, если начальная температура газа T?

- 1) $\frac{3}{2}RT$
- 2) $3RT$
- 3) $\frac{5}{2}RT$
- 4) $5RT$

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

СПОСОБЫ
ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ

- А) теплопроводность
- Б) излучение
- В) конвекция

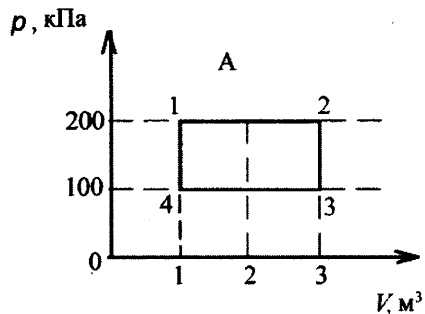
ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

- 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

А	Б	В

104 (Б, ВО). Работа газа за термодинамический цикл 1–2–3–4–1 (см. рисунок) равна

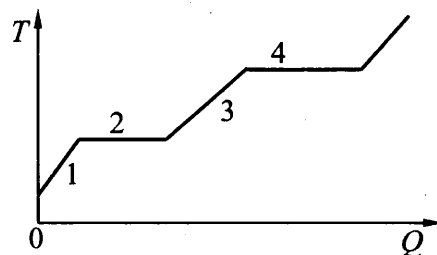
- 1) 100 кДж
- 2) 200 кДж
- 3) 300 кДж
- 4) 400 кДж



105 (Б, ВО). Идеальный газ совершил работу 400 Дж и при этом его внутренняя энергия увеличилась на 100 Дж. Чему равно количество теплоты, которое получил или отдал газ в этом процессе?

- 1) газ получил 500 Дж
- 2) газ получил 300 Дж
- 3) газ отдал 500 Дж
- 4) газ отдал 300 Дж

106 (Б, С). В цилиндре под поршнем находится твёрдое вещество. Цилиндр поместили в раскалённую печь. На рисунке показан график изменения температуры T вещества по мере поглощения им количества теплоты Q . Какие участки графика соответствуют нагреванию вещества в твёрдом 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.



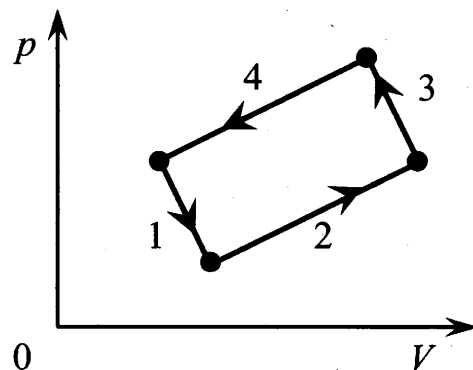
ПРОЦЕСС	УЧАСТОК ГРАФИКА
А) нагревание твердого вещества	1) 1
Б) кипение жидкости	2) 2
	3) 3
	4) 4

Ответ:	А	Б

107 (П, С). 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

- А) работа газа положительна и минимальна
 Б) работа внешних сил положительна и максимальна

НОМЕРА ПРОЦЕССОВ

- 1) 1
 2) 2
 3) 3
 4) 4

Ответ:

А	Б

108 (П, С). В процессе расширения 1 моль разреженного гелия его внутренняя энергия всё время остаётся неизменной. Как изменяются при этом температура гелия, его давление и объём?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
 2) уменьшается
 3) не изменяется

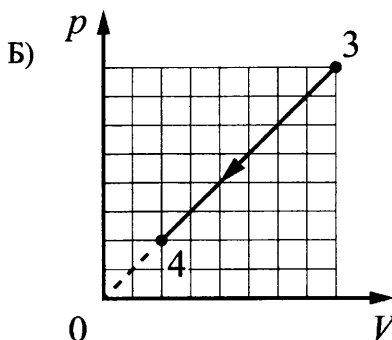
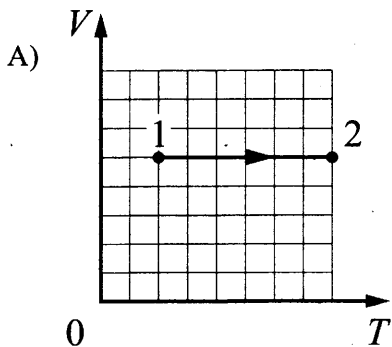
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура гелия	Давление гелия	Объём гелия

109 (П, С). 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



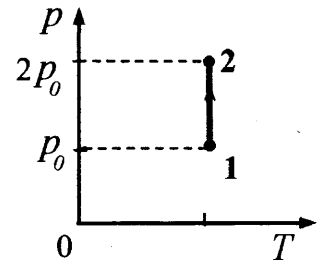
УТВЕРЖДЕНИЯ

- 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

110 (Б, КО). На pT -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ отдает 50 кДж теплоты. Работа внешних сил равна



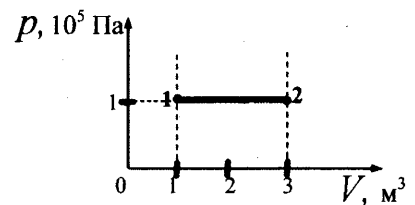
Ответ: _____ Дж

111 (П, КО). Одноатомный идеальный газ в количестве 6 молей 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.

Ответ: _____ кДж

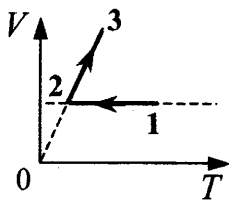
112 (Б, ВО). На рисунке представлен график зависимости давления идеального одноатомного газа от его объема. Газ получил 500 кДж теплоты. Внутренняя энергия газа при этом

- 1) не изменилась
- 2) увеличилась на 100 кДж
- 3) уменьшилась на 100 кДж
- 4) увеличилась на 300 кДж



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

Ответ: _____ г

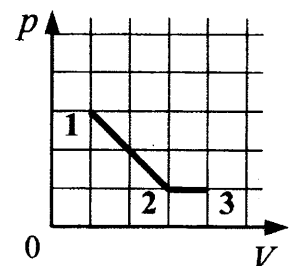


114 (Б, ВО). На VT -диаграмме представлена зависимость объема идеального газа постоянной массы от абсолютной температуры. Как изменяется давление в процессе 1–2–3?

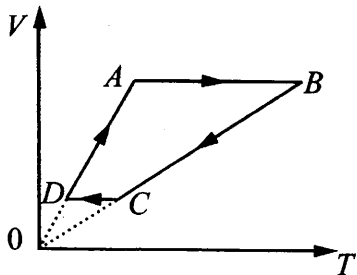
- 1) на участках 1–2 и 2–3 увеличивается
- 2) на участках 1–2 и 2–3 уменьшается
- 3) на участке 1–2 уменьшается, на участке 2–3 остается неизменным
- 4) на участке 1–2 не изменяется, на участке 2–3 увеличивается

115 (Б, КО). 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 $\frac{A_{12}}{A_{23}}$ на этих двух отрезках pV -диаграммы?

Ответ: _____



116 (П, КО). На рисунке приведён цикл, осуществляемый с одним молем идеального газа. Если U – внутренняя энергия газа, A – работа, совершаемая газом, Q – сообщённое газу количество теплоты, то на каком участке совместно выполняются условия $\Delta U > 0$, $A > 0$, $Q > 0$?

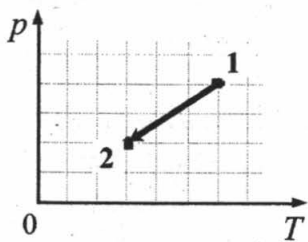


Ответ: 1) AB; 2) BC; 3) CD; 4) DA

117 (Б, ВО). При работе двигателя внутреннего сгорания автомобиля энергия, выделившаяся при сгорании топлива,

- 1) полностью превращается в механическую энергию автомобиля
- 2) частично превращается в механическую энергию автомобиля
- 3) полностью превращается во внутреннюю энергию выхлопных газов
- 4) полностью превращается в кинетическую энергию выхлопных газов

118 (П, С). Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как ведут себя перечисленные ниже величины, описывающие этот газ 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

119 (Б, С). 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

- А) КПД двигателя
- Б) работа, совершаемая двигателем за цикл

ФОРМУЛЫ

- 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) $\frac{Q_1 T_2}{T_1}$

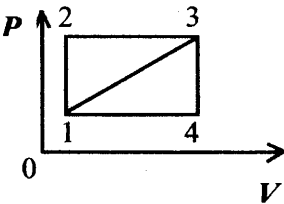
Ответ:

А	Б

120 (П, ВО). Идеальный тепловой двигатель имеет определенный КПД. Рассматривается два типа изменений, вносимых в работу такого двигателя. Один раз температура нагревателя поднимается на величину ΔT при неизменной температуре холодильника. Второй раз температуру холодильника понижают на величину ΔT , оставляя прежней температуру нагревателя. В каком случае КПД новой тепловой машины будет выше?

- 1) в первом
- 2) во втором
- 3) в обоих случаях одинаков
- 4) ответ зависит от начальных значений $T_{нагр}$ и $T_{хол}$

121 (П, КО). Как различаются КПД термодинамических циклов, работающих по циклам 1 – 2 – 3 – 4 – 1 и 1 – 2 – 3 – 1 (см. рисунок)?



- 1) у второго в 2 раза меньше
- 2) у второго в 2 раза больше
- 3) у обоих одинаковы
- 4) нельзя дать однозначного ответа

122 (Б, ЧО). Температура нагревателя идеального теплового двигателя Карно 227°C , а температура холодильника 27°C . Рабочее тело двигателя совершает за цикл работу, равную 10 кДж . Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за один цикл?

Ответ: _____ кДж

123 (П, С). Температуру холодильника 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

124 (П, КО). Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 60% . Воздух изотермически сжали, уменьшив его объем в два раза. Какой стала относительная влажность воздуха в цилиндре?

Ответ: _____ %

125 (Б, ВО). Точка росы для водяного пара в комнате равна 6 °С. В комнату внесли с балкона сухую бутылку с водой, и вскоре она покрылась мелкими капельками воды. Из этого следует, что

- 1) температура воздуха на балконе ниже 6 °С
- 2) влажность воздуха на балконе больше, чем в комнате
- 3) влажность воздуха на балконе меньше, чем в комнате
- 4) температура воздуха на балконе выше 6 °С

126 (Б, С). 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 влаж- ность воздуха	2) манометр
	3) психрометр
	4) динамометр

Ответ:

А	Б

127 (П, ВО). Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 50%. Какой станет относительная влажность, если объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

- 1) 100% 2) 200% 3) 50% 4) 150%

128 (П, С). Поставьте в соответствие явлению, происходящему на границе воздуха и вещества в другом агрегатном состоянии, название прибора для измерения влажности, в котором это явление лежит 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) Термометр

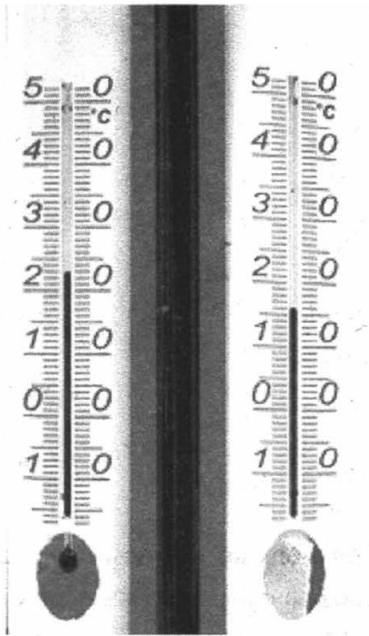
А	Б

129 (Б, ВО). В кубическом метре воздуха в помещении при температуре 20 °С находится $1,12 \cdot 10^{-2}$ кг водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите относительную влажность воздуха.

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

- 1) 100% 2) 75% 3) 65% 4) 55%

130 (Б, ВО). На фотографии представлены два термометра, входящих в состав психрометра. В психрометрической таблице относительная влажность воздуха указана в процентах.

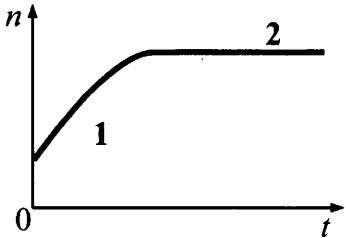


Психрометрическая таблица									
t сух. терм °C	Разность показаний сухого и влажного термометров								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	15	100	90	80	71	61	52	44	36
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35
20	100	91	83	74	66	59	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

Относительная влажность воздуха в помещении, в котором проводилась съемка, равна

- 1) 37 %
- 2) 45 %
- 3) 48 %
- 4) 59 %

131 (Б, ВО). В стеклянную колбу налили немного воды и закрыли её пробкой. Вода постепенно испарялась. В конце процесса на стенках колбы осталось лишь несколько капель воды. На рисунке показан график зависимости от времени концентрации n молекул водяного пара внутри колбы. Какое утверждение можно считать правильным?



- 1) на участке 1 пар насыщенный, а на участке 2 – ненасыщенный
- 2) на обоих участках пар ненасыщенный
- 3) на обоих участках пар насыщенный
- 4) на участке 1 пар ненасыщенный, а на участке 2 – насыщенный

Тематический блок № 6 «Электростатика»

132 (Б, ВО). Когда мы снимаем одежду, особенно изготовленную из синтетических материалов, мы слышим характерный треск. Какое явление объясняет этот треск?

- 1) электризация
- 2) трение
- 3) нагревание
- 4) электромагнитная индукция

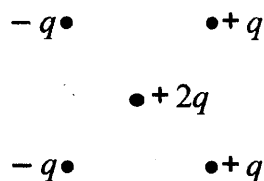
133 (Б, ВО). При трении пластмассовой линейки о шерсть линейка заряжается отрицательно. Это объясняется тем, что

- 1) электроны переходят с линейки на шерсть
- 2) протоны переходят с линейки на шерсть
- 3) электроны переходят с шерсти на линейку
- 4) протоны переходят с шерсти на линейку

134 (Б, ВО). Как изменятся модуль и направления сил взаимодействия двух небольших металлических шаров одинакового диаметра, имеющих заряды $q_1 = +5$ нКл и $q_2 = -3$ нКл, если шарики привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?

- 1) модуль увеличится, направления сохранятся
- 2) модуль уменьшится, направления изменятся на противоположные
- 3) модуль уменьшится, направления сохранятся
- 4) модуль увеличится, направления изменятся на противоположные

135. (Б, ВО). Как направлена кулоновская сила \vec{F} , действующая на положительный точечный заряд $+2q$, помещенный в центр квадрата (см. рисунок), в вершинах которого находятся заряды: $+q, +q, -q, -q$?



- 1) вправо
- 2) влево
- 3) вверх
- 4) вниз

136 (Б, ВО). Два маленьких шарика, обладающих одинаковыми по модулю зарядами q каждый, находятся на расстоянии r друг от друга и притягиваются с силой F . Какова сила электростатического притяжения двух других шариков, если заряд одного $3q$, заряд другого $\frac{q}{3}$, а расстояние между их центрами $3r$?

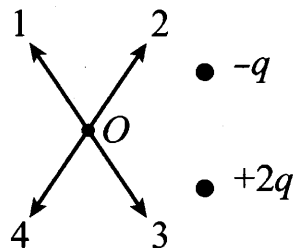
- 1) $\frac{F}{3}$
- 2) $\frac{F}{9}$
- 3) $3F$
- 4) $9F$

137 (Б, ВО). Тело, обладающее электрическим зарядом, вследствие явления электростатической индукции притягивает незаряженное тело. Как изменится сила притяжения, если незаряженное тело окружить заземленной металлической сферой?

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится
- 4) станет равной нулю

138 (Б, КО). По какой из стрелок 1, 2, 3 или 4 направлен вектор напряжённости электрического поля \vec{E} , созданного двумя разноимёнными неподвижными точечными зарядами в точке O (см. рисунок, $q > 0$)?

Точка O равноудалена от зарядов.



Ответ: _____

139 (Б, ВО). Пылинка, заряженная отрицательно, в начальный момент времени покоится в однородном электрическом поле, напряженность которого направлена слева направо. Куда и как начнет двигаться пылинка, если силой тяжести можно пренебречь?

- 1) вправо равномерно
- 2) вправо равноускоренно
- 3) влево равномерно
- 4) влево равноускоренно

140 (Б, ВО). Как изменится модуль напряженности электрического поля, созданного точечным зарядом, при уменьшении расстояния от него до точки измерения в n раз?

- 1) увеличится в n раз
- 2) уменьшится в n раз
- 3) уменьшится в n^2 раз
- 4) увеличится в n^2 раз

141 (П, С). 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?

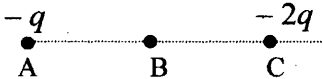
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 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

142 (П, ВО). Точка В находится в середине отрезка АС. Неподвижные точечные заряды $-q$ и $-2q$ расположены в точках А и С соответственно (см. рисунок). Какой заряд надо поместить в точку С взамен заряда $-2q$, чтобы напряженность электрического поля в точке В увеличилась в 2 раза?

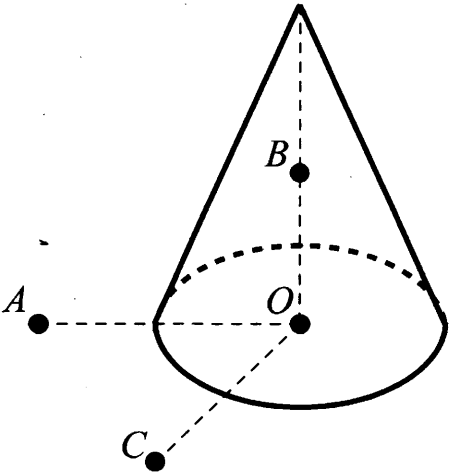


- 1) $-5q$
- 2) $4q$
- 3) $-3q$
- 4) $3q$

143 (П, С). На неподвижном проводящем уединённом конусе высотой H и радиусом основания $R = \frac{H}{2}$ 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 С равен E_C . Чему равен модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке А и точке В?

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

- А) модуль напряжённости электростатического поля конуса в точке А
- Б) модуль напряжённости электростатического поля конуса в точке В

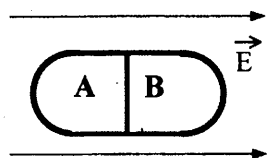
ИХ ЗНАЧЕНИЯ

- 1) 0
- 2) E_C
- 3) $2 E_C$
- 4) $4 E_C$

Ответ:

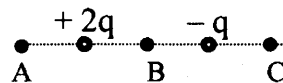
А	Б

144 (Б, ВО). Тело из диэлектрика внесено в однородное электростатическое поле, а затем разделено на части А и В. Какими электрическими зарядами будут обладать эти части после разделения?



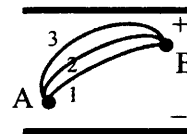
- 1) А – положительным, В – отрицательным
- 2) А – отрицательным, В – положительным
- 3) обе части останутся нейтральными
- 4) ответ неоднозначен

145 (П, ВО). На рисунке показано расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $+2q$ и $-q$. В какой из трех точек – А, В или С – модуль напряженности суммарного электрического поля этих зарядов минимален?



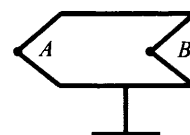
- 1) в точке А
- 2) в точке В
- 3) в точке С
- 4) во всех трех точках модуль напряженности имеет одинаковые значения

146 (Б, ВО). Частица летит из точки А в точку В (см. рисунок) между обкладками заряженного конденсатора по траекториям, показанным на рисунке. В каком из случаев изменение ее кинетической энергии максимально?



- 1) в 1-м случае
- 2) во 2-м случае
- 3) в 3-м случае
- 4) во всех случаях одинаково

147 (Б, ВО). Полуму металлическому телу на изолирующей подставке (см. рисунок) сообщён отрицательный заряд. Каково соотношение между потенциалами точек А и В?

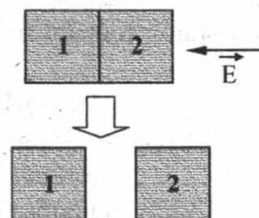


- 1) $\varphi_A < \varphi_B$
- 2) $\varphi_A > \varphi_B$
- 3) $\varphi_A = \varphi_B$
- 4) $\varphi_A = 0$; $\varphi_B > 0$

148 (Б, КО). Потенциал в точке А электрического поля равен 200 В, потенциал в точке В равен 100 В. Какую работу совершают силы электрического поля при перемещении положительного заряда 5 мКл из точки А в точку В?

Ответ: _____ Дж

149 (Б, ВО). Два стеклянных кубика 1 и 2 сблизил вплотную и поместили в электрическое поле, напряженность которого направлена горизонтально влево, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули, и уже потом убрали электрическое поле (нижняя часть рисунка). Какое утверждение о знаках зарядов разделенных кубиков 1 и 2 правильно?



- 1) заряды первого и второго кубиков отрицательны
- 2) заряды первого и второго кубиков равны нулю
- 3) заряды первого и второго кубиков положительны
- 4) заряд первого кубика положителен, заряд второго – отрицателен

150 (П, КО). 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?

Ответ: _____ м/с

151 (П, ВО). Конденсатор подключен к источнику постоянного тока. Как изменится энергия электрического поля внутри конденсатора, если увеличить в 2 раза расстояние между обкладками конденсатора?

- 1) не изменится
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) уменьшится в 2 раза
- 4) правильный ответ не приведен

152 (П, С). 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 ёмкость 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	Ёмкость конденсатора	Энергия электрического поля конденсатора

153 (Б, ВО). Если заряд на конденсаторе постоянной ёмкости увеличить в 2 раза, то энергия электрического поля конденсатора

- 1) не изменится
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) увеличится в 4 раза

154 (Б, ВО). Как изменится ёмкость плоского воздушного конденсатора, если площадь обкладок уменьшить в 4 раза, а расстояние между ними увеличить в 2 раза?

- 1) увеличится в 2 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) уменьшится в 4 раза
- 4) уменьшится в 8 раз

155 (П, ВО). К незаряженному конденсатору ёмкостью C подключили параллельно заряженный до заряда q конденсатор той же ёмкости. Каким выражением определяется энергия системы из двух конденсаторов после их соединения?

- 1) $\frac{q^2}{8C}$
- 2) $\frac{q^2}{4C}$
- 3) $\frac{q^2}{2C}$
- 4) $\frac{q^2}{C}$

156 (П, КО). 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

Тематический блок № 7 «Постоянный ток»

157 (Б, ВО). Участок цепи состоит из двух последовательно соединённых цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно R , а второго – $2R$. Как изменится общее сопротивление этого участка, если удельное сопротивление и площадь поперечного сечения первого проводника увеличить вдвое?

- 1) уменьшится вчетверо
- 2) не изменится
- 3) уменьшится вдвое
- 4) увеличится вдвое

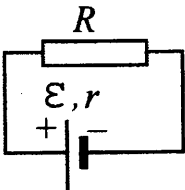
158 (Б, ВО). Результаты измерения силы тока в резисторе при разных напряжениях на его клеммах показаны в таблице:

U, В	0	1	2	3	4	5
I, А	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0

При напряжении 3,5 В показания амперметра

- 1) предсказать невозможно
- 2) равны 6,5 А
- 3) равны 7,0 А
- 4) равны 7,5 А

159 (П, С). 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.

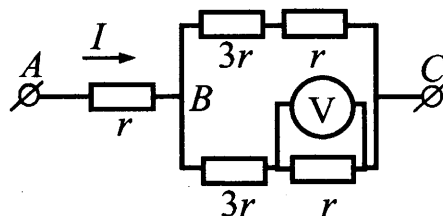
Сила тока	Напряжение на внешнем сопротивлении

160 (Б, ВО). Существенное уменьшение сопротивления полупроводников при нагревании объясняется

- А) увеличением числа свободных носителей заряда
- Б) увеличением скорости дрейфа свободных носителей заряда

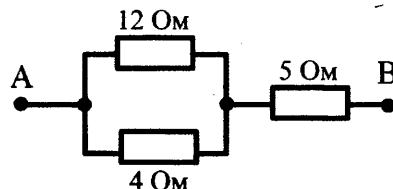
- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б

161 (Б, КО). 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?



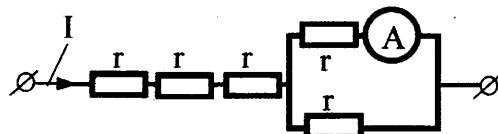
Ответ: _____ В

162 (Б, КО). Сопротивление между точками А и В электрической цепи, представленной на рисунке, равно



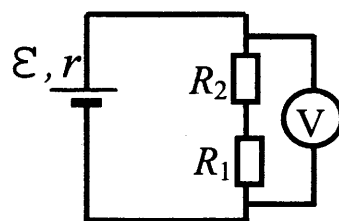
Ответ: _____ Ом

163 (Б, КО). Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 10$ А. Что показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



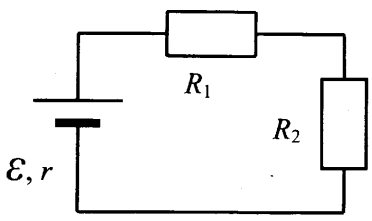
Ответ: _____ А

164 (П, КО). В схеме, изображённой на рисунке, ЭДС источника тока равна 5 В, его внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом, а сопротивления резисторов $R_1 = R_2 = 2$ Ом. Какое напряжение показывает вольтметр?



Ответ: _____ В

165 (Б, С). 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) $R_1 \cdot \frac{U_1}{U_2}$
Б) внутреннее сопротивление источника тока r	2) $R_1 \cdot \frac{U_2}{U_1}$
	3) $R_1 \cdot \frac{-U_1 - U_2}{U_2}$
	4) $R_1 \cdot \frac{-U_1 - U_2}{U_1}$

Ответ:	А	Б

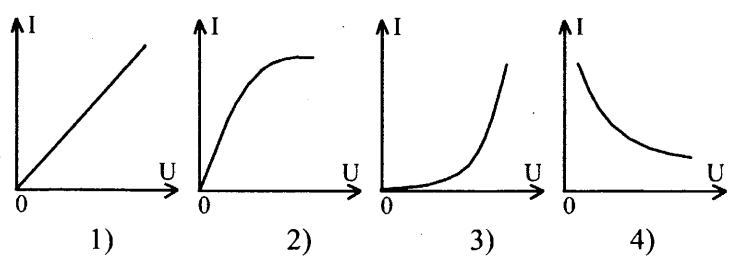
166 (Б, С). Установите соответствие между физическими величинами и единицами измерения этих величин в системе СИ.

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

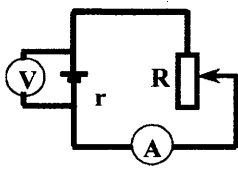
ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЕДИНИЦА ВЕЛИЧИНЫ
А) электрическое напряжение	1) Кулон (1 Кл)
Б) электрический заряд	2) Ампер (1 А)
	3) Вольт (1 В)
	4) Ом (1 Ом)

А	Б

167 (Б, ВО). Какой из графиков, представленных на рисунке, соответствует вольт-амперной характеристике полупроводникового диода, включенного в прямом направлении?

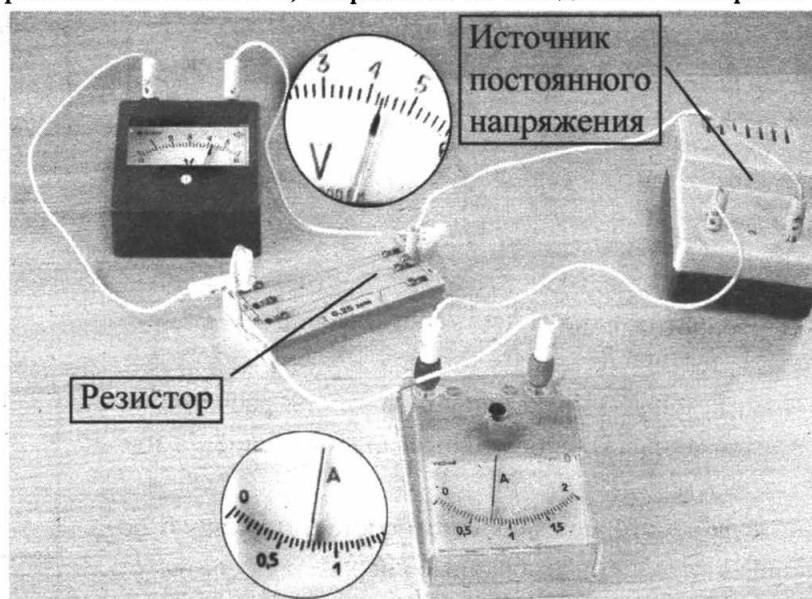


168 (Б, ВО). При одном сопротивлении реостата вольтметр показывает 6 В, амперметр – 1 А (см. рисунок). При другом сопротивлении реостата показания приборов: 4 В и 2 А. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока? Амперметр и вольтметр считать идеальными.



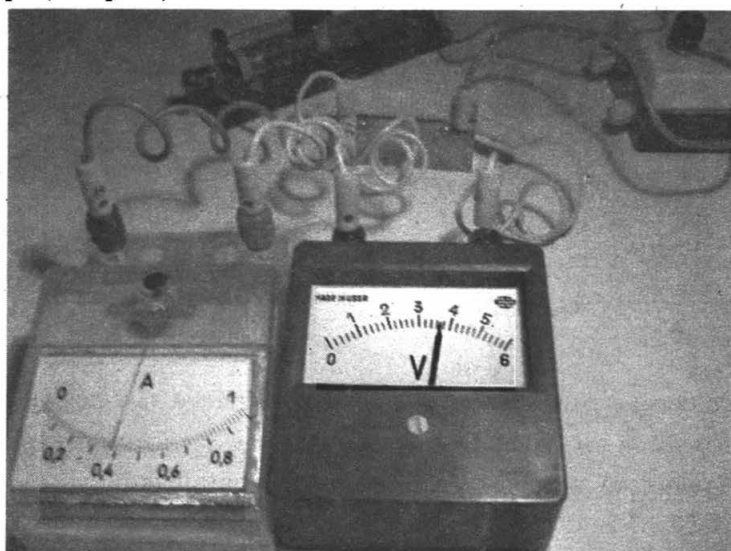
- 1) 0,5 Ом
- 2) 1 Ом
- 3) 1,5 Ом
- 4) 2 Ом

169 (Б, ВО). На рисунке приведена фотография электрической цепи, собранной учеником для исследования зависимости силы тока, проходящего через резистор, от напряжения на нем. Для того чтобы через резистор протекал ток силой 1 А, напряжение на нем должно быть равно



- 1) 0,2 В 2) 3,4 В 3) 5,7 В 4) 7,6 В

170 (П, ВО). Для исследования зависимости силы тока, протекающего через проволочный резистор, от напряжения на нем была собрана электрическая цепь из источника тока, реостата, резистора, вольтметра и амперметра (см. фото).

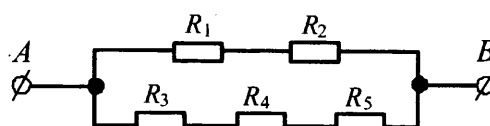


На сколько вольт необходимо увеличить напряжение на резисторе, чтобы сила тока возросла на 0,22 А?

- 1) 1,1 В 2) 2,2 В 3) 3,3 В 4) 4,4 В

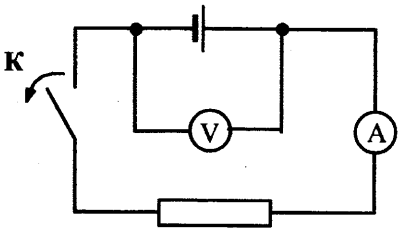
171 (Б, ВО). Сопротивление каждого резистора в схеме участка цепи на рисунке равно 100 Ом. При подключении участка к источнику постоянного напряжения 12 В выводами А и В напряжение на резисторе R_2 равно

- 1) 12 В
2) 2,4 В
3) 4 В
4) 6 В



172 (П, ВО). Для измерения ЭДС источника тока ε и его внутреннего сопротивления r 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?

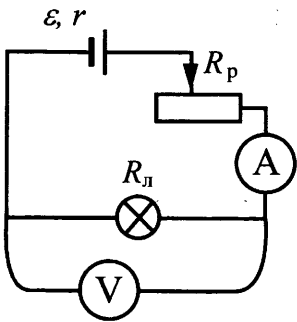
- 1) $\varepsilon = 6 \text{ В}; r = 1 \text{ Ом}$
- 2) $\varepsilon = 1 \text{ В}; r = 5 \text{ Ом}$
- 3) $\varepsilon = 5 \text{ В}; r = 1 \text{ Ом}$
- 4) $\varepsilon = 6 \text{ В}; r = 5 \text{ Ом}$



173 (П, С). 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

- А) показания амперметра
- Б) показания вольтметра

ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЁТОВ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРОВ

- 1) $\frac{\varepsilon R_n}{R_n + R_p + r}$
- 2) $\varepsilon R_n - \varepsilon(R_p + r)$
- 3) $\varepsilon(R_n + R_p + r)$
- 4) $\frac{\varepsilon}{R_n + R_p + r}$

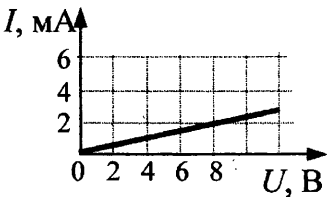
Ответ:

А	Б

174 (Б, ВО). Комната освещается люстрой из четырёх одинаковых параллельно включённых лампочек. Расход электроэнергии за час равен Q . Каким будет расход электроэнергии в час, если в квартире включить ещё четыре таких же параллельно соединённых лампочки?

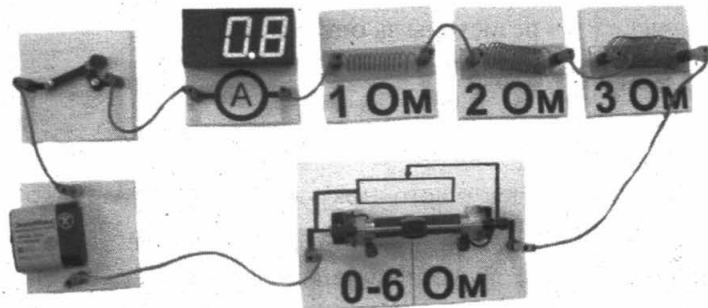
- 1) $4Q$
- 2) Q
- 3) $\frac{1}{2}Q$
- 4) $2Q$

175 (Б, КО). На рисунке изображен график зависимости силы тока в проводнике от напряжения между его концами. Чему равно сопротивление проводника?



Ответ: _____ кОм

176 (Б, КО). На фотографии – электрическая цепь. Показания включенного в цепь амперметра даны в амперах.

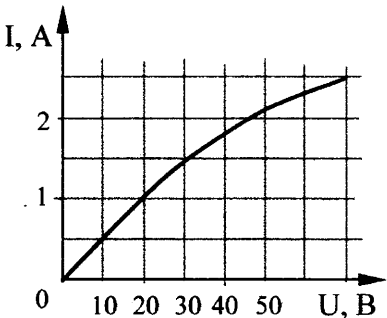


Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, если его подключить параллельно резистору 1 Ом?

Ответ: _____ В

177 (Б, ВО). На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на ее клеммах. При силе тока 1,5 А мощность тока в лампе равна

- 1) 135 Вт
- 2) 67,5 Вт
- 3) 45 Вт
- 4) 20 Вт



178 (П, С). 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 выделяющегося на резисторе тепла, напряжение на нём, его электросопротивление?

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.

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

179 (П, ВО). Ученик исследовал зависимость тепловой мощности P , выделяющейся на реостате R , от силы тока в цепи. При проведении опыта реостат был подключён к источнику постоянного тока.

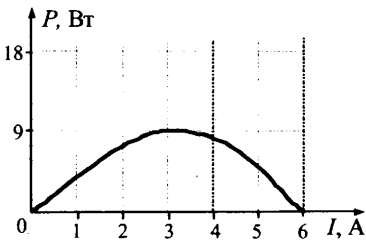
График полученной зависимости приведён на рисунке.

Какое из утверждений соответствует результатам опыта?

А. При коротком замыкании в цепи сила тока будет равна 6 А.

Б. При силе тока в цепи 3 А на реостате выделяется минимальная мощность.

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б

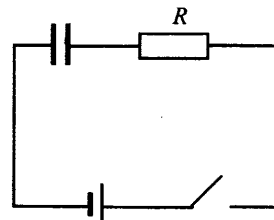


180 (Б, ВО). Три резистора, имеющие сопротивления $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 6 \text{ Ом}$ и $R_3 = 9 \text{ Ом}$, включены параллельно в цепь постоянного тока. Чему равно отношение работ электрического тока, совершенных при прохождении тока через эти резисторы за одинаковое время?

- 1) 2 : 3 : 6 2) 1 : 2 : 3 3) 3 : 2 : 1 4) 6 : 3 : 2

181 (П, КО). 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.

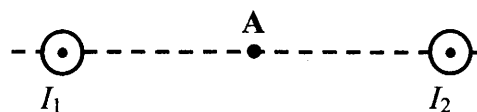
Ответ: _____ мкА

Тематический блок № 8 «Магнитное поле»

182 (Б, ВО). Два параллельных проводника, по которым течет ток в одном направлении, притягиваются. Это объясняется тем, что

- 1) токи непосредственно взаимодействуют друг с другом
- 2) электростатические поля зарядов в проводниках непосредственно взаимодействуют друг с другом
- 3) магнитные поля токов непосредственно взаимодействуют друг с другом
- 4) магнитное поле одного проводника с током действует на движущиеся заряды во втором проводнике

183 (Б, ВО). Магнитное поле $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ создано в точке А двумя параллельными длинными проводниками с токами I_1 и I_2 , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Векторы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 в точке А направлены в плоскости чертежа следующим образом:

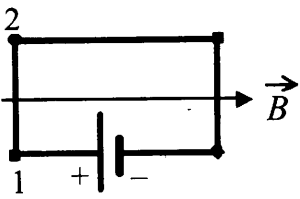


- 1) \vec{B}_1 – вверх, \vec{B}_2 – вниз
- 2) \vec{B}_1 – вниз, \vec{B}_2 – вверх
- 3) \vec{B}_1 – вверх, \vec{B}_2 – вверх
- 4) \vec{B}_1 – вниз, \vec{B}_2 – вниз

184 (Б, ВО). Что наблюдалось в опыте Эрстеда?

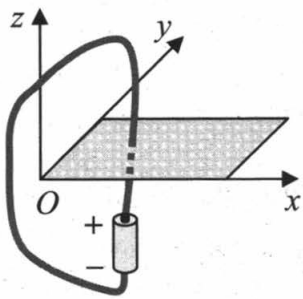
- 1) Взаимодействие двух параллельных проводников с током.
- 2) Взаимодействие двух магнитных стрелок.
- 3) Поворот магнитной стрелки вблизи проводника при пропускании через него тока.
- 4) Возникновение электрического тока в катушке при вдвигании в нее магнита.

185 (Б, ВО). Электрическая цепь, состоящая из прямолинейных горизонтальных проводников и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор индукции которого \vec{B} направлен горизонтально вправо (см. рисунок, вид сверху). Куда направлена вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 1–2?



- 1) вертикально вниз, от читателя \otimes
- 2) горизонтально вправо \rightarrow
- 3) горизонтально влево \leftarrow
- 4) вертикально вверх, к читателю \odot

186 (Б, С). При подключении проводника к полюсам гальванического элемента на поверхности проводника появляются заряды: положительные вблизи положительного полюса, отрицательные вблизи отрицательного полюса – и возникает электрический ток. Заряды на поверхности проводника создают в пространстве электрическое поле, а ток – магнитное поле. Проводник, подключённый к гальваническому элементу, проходит через отверстие в доске. На рисунках 1–4 при помощи силовых линий (линий поля) изображены электрическое и магнитное поля, создаваемые проводником (вид сверху). Установите соответствие между видами поля и рисунками, изображающими силовые линии.



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

ВИДЫ ПОЛЯ
 А) электрическое поле
 Б) магнитное поле

ИЗОБРАЖЕНИЯ СИЛОВЫХ ЛИНИЙ

<p>Рис. 1</p>	<p>Рис. 2</p>	<p>Рис. 3</p>	<p>Рис. 4</p>
1)	2)	3)	4)

Ответ:	А	Б

187 (Б, ВО). Электрон и протон влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями v и $2v$. Отношение модуля силы, действующей на электрон со стороны магнитного поля, к модулю силы, действующей на протон, равно

- 1) 4 : 1 2) 2 : 1 3) 1 : 1 4) 1 : 2

188 (П, КО). Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс $\frac{m_1}{m_2} = 4$ 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 $\frac{T_1}{T_2}$, затраченных частицами на один оборот, если отношение индукций $\frac{B_2}{B_1} = 2$.

Ответ: _____

189 (Б, С). Установите соответствие между определением физической величины и названием величины, к которому оно относится.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

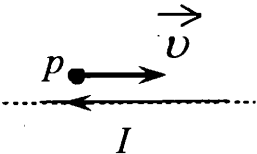
- А) Произведение модуля вектора магнитной индукции на силу тока, длину участка проводника и на синус угла между магнитной индукцией и участком проводника
 Б) Отношение модуля вектора магнитной индукции в однородной среде к модулю вектора магнитной индукции в той же точке пространства в вакууме

А	Б

ФИЗИЧЕСКАЯ
ВЕЛИЧИНА

- 1) Магнитная проницаемость среды
 2) Магнитный поток
 3) Сила Лоренца
 4) Сила Ампера

190 (Б, ВО). Протон p имеет скорость \vec{v} , направленную горизонтально вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена действующая на протон сила Лоренца?



- 1) перпендикулярно плоскости рисунка от нас \otimes
 2) вертикально вверх в плоскости рисунка \uparrow
 3) горизонтально влево в плоскости рисунка \leftarrow
 4) вертикально вниз в плоскости рисунка \downarrow

191 (Б, ВО). Ион Na^+ массой m влетает в магнитное поле со скоростью v перпендикулярно линиям индукции магнитного поля с индукцией B . Радиус орбиты иона можно рассчитать из выражения

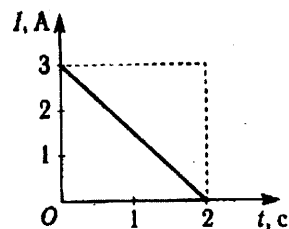
- 1) $\frac{mve}{B}$ 2) $\frac{mvB}{e}$ 3) $\frac{eB}{mv}$ 4) $\frac{mv}{eB}$

192 (Б, КО). 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.

Ответ: _____ А

193 (П, КО). На рисунке представлен график изменения силы тока в катушке с индуктивностью $L = 6$ Гн. Величина ЭДС самоиндукции равна

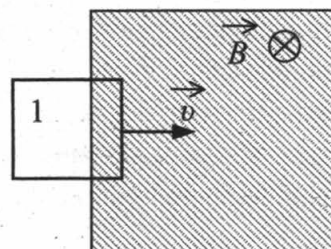
Ответ: _____ В



194 (Б, ВО). Магнитный поток через замкнутый виток, помещенный в однородное магнитное поле, зависит

- 1) только от модуля вектора магнитной индукции
- 2) только от угла между вектором магнитной индукции и плоскостью витка
- 3) только от площади витка
- 4) от всех трех факторов, перечисленных в 1) – 3)

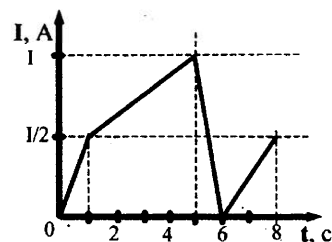
195 (П, КО). В заштрихованной области на рисунке действует однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости рисунка, с индукцией $B = 0,1$ Тл. Квадратную проволочную рамку, сопротивление которой 10 Ом и длина стороны 10 см, перемещают в этом поле в плоскости рисунка поступательно равномерно с некоторой 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

196 (Б, ВО). На рисунке приведен график изменения силы тока в катушке индуктивности от времени. Модуль ЭДС самоиндукции принимает наибольшее значение в промежутке времени

- 1) 0–1 с
- 2) 1–5 с
- 3) 5–6 с
- 4) 6–8 с



197 (П, С). 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

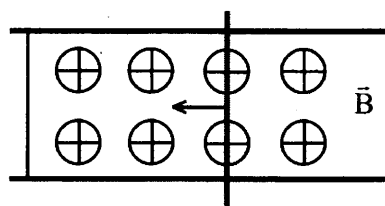
198 (П, ВО). Четыре одинаковых проволоки длиной L каждая, связанные на концах шарнирами, образуют квадрат, помещенный в магнитное поле индукцией B , перпендикулярное плоскости квадрата. Сопротивление каждой проволоки равно R . Какой заряд протечет через гальванометр, соединенный последовательно с одной из проволок, если противоположные вершины квадрата растягивают до тех пор, пока он не превращается в прямой проводник?

- 1) $\frac{BL^2}{R}$ 2) $\frac{BL^2}{4R}$ 3) $\frac{4R}{BL^2}$ 4) $\frac{8R}{BL^2}$

199 (П, КО). Круглый проволочный виток площади $S = 2 \text{ м}^2$ расположен перпендикулярно линиям вектора магнитной индукции однородного магнитного поля. Величина вектора магнитной индукции равна $0,04 \text{ Тл}$. 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.

Ответ: _____ В

200 (Б, ВО). По двум рельсам, соединенным перпендикулярной перекладиной (см. рисунок), начинают тянуть перемычку в направлении, указанном стрелкой. Вся конструкция расположена в магнитном поле, перпендикулярном плоскости, образуемой рельсами. В каком направлении действует сила со стороны магнитного поля на возникающий индукционный ток в перемычке?



- 1) вправо \rightarrow
 2) влево \leftarrow
 3) в плоскость листа \otimes
 4) из плоскости листа \odot

201 (Б, ВО). При пропускании через катушку с сердечником изменяющегося во времени тока у конца сердечника

- 1) возникает только переменное магнитное поле
 2) возникает только переменное вихревое электрическое поле
 3) возникает и переменное магнитное, и переменное вихревое электрическое поле
 4) не возникает ни магнитного, ни электрического полей

202 (Б, ВО). Какой из перечисленных ниже процессов объясняется явлением электромагнитной индукции?

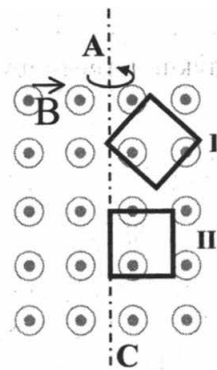
- 1) взаимное отталкивание двух параллельных проводников с током, по которым токи протекают в противоположных направлениях
 2) самопроизвольный распад ядер
 3) отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током
 4) возникновение тока в металлической рамке, находящейся в постоянном магнитном поле, при изменении формы рамки

203 (Б, ВО). Радиусы окружностей, по которым движутся α -частица (R_α) и электрон (R_e) ($m_\alpha = 7360m_e$; $q_\alpha = 2q_e$), влетевшие в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции с одной и той же скоростью, соотносятся как

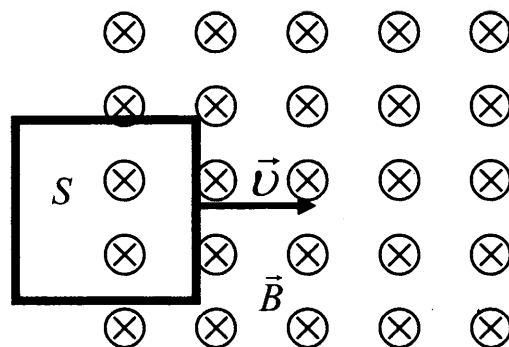
- 1) $R_\alpha = 7360R_e$
- 2) $R_\alpha = 3680R_e$
- 3) $R_\alpha = 4R_e$
- 4) $R_\alpha = 2R_e$

204 (П, ВО). В однородном магнитном поле вокруг оси AC с одинаковой частотой вращаются две одинаковые проводящие рамки (см. рисунок). Отношение амплитудных значений ЭДС индукции I : II, генерируемых в рамках I и II, равно

- 1) 1 : 4
- 2) 1 : 2
- 3) 1 : 1
- 4) 2 : 1



205 (П, ВО) В некоторой области пространства создано однородное магнитное поле (см. рисунок). Квадратная металлическая рамка площади S движется через границу этой области с постоянной скоростью \vec{v} , направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно вектору магнитной индукции \vec{B} . ЭДС индукции, генерируемая при этом в рамке, равна \mathcal{E} . Какой станет ЭДС, если так же будет двигаться квадратная рамка площади $4S$, изготовленная из того же материала?



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

206 (Б, ВО). Период обращения заряженной частицы в циклотроне при увеличении ее скорости в 2 раза...

Рассмотрите нерелятивистский случай ($v \ll c$).

- 1) увеличится в 2 раза
- 2) увеличится в 4 раза
- 3) увеличится в 16 раз
- 4) не изменится

207 (Б, ВО). Катушка индуктивности подключена к источнику постоянного тока. Как изменится энергия магнитного поля катушки при увеличении силы тока через катушку в 3 раза?

- 1) уменьшится в 9 раз
- 2) уменьшится в 3 раза
- 3) увеличится в 9 раз
- 4) увеличится в 3 раза

208 (П, С). Частица массой m , несущая заряд q , движется в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиуса 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

Тематический блок № 9 «Электромагнитные колебания и волны»

209 (Б, ВО). В колебательном контуре после разрядки конденсатора ток исчезает не сразу, а постепенно уменьшается, перезаряжая конденсатор. Это связано с явлением

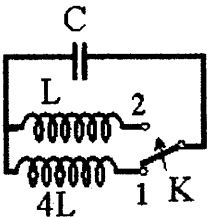
- 1) инерции
- 2) электростатической индукции
- 3) самоиндукции
- 4) термоэлектронной эмиссии

210 (Б, ВО). В колебательном контуре в начальный момент времени напряжение на конденсаторе максимально. Через какую долю периода T электромагнитных колебаний напряжение на конденсаторе станет равным нулю?

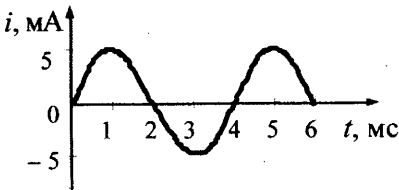
- 1) $\frac{T}{4}$
- 2) $\frac{T}{2}$
- 3) $\frac{3T}{4}$
- 4) T

211 (Б, ВО). Как изменится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ K перевести из положения 1 в положение 2?

- 1) уменьшится в 2 раза
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) уменьшится в 4 раза
- 4) увеличится в 4 раза



212 (П, ВО). 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. Максимальное значение энергии магнитного поля катушки равно



- 1) $2,5 \cdot 10^{-6}$ Дж
- 1) $5 \cdot 10^{-6}$ Дж
- 1) $5 \cdot 10^{-4}$ Дж
- 1) 10^{-3} Дж

213 (П, КО). В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

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

Вычислите индуктивность катушки контура, если емкость конденсатора равна 50 пФ. Ответ округлить до целых.

Ответ: _____ мГн

214 (Б, ВО). В наборе радиодеталей для изготовления простого колебательного контура имеются две катушки с индуктивностями $L_1 = 1 \text{ мкГн}$ и $L_2 = 2 \text{ мкГн}$, а также два конденсатора, емкости которых $C_1 = 30 \text{ пФ}$ и $C_2 = 40 \text{ пФ}$. При каком выборе двух элементов из этого набора частота собственных колебаний контура ν будет наибольшей?

- 1) L_1 и C_1 2) L_1 и C_2 3) L_2 и C_2 4) L_2 и C_1

215 (Б, ВО). Учитель собрал цепь, представленную на рис. 1, соединив катушку с конденсатором. Сначала конденсатор был подключён к источнику напряжения, затем переключатель был переведён в положение 2. Напряжение с катушки индуктивности поступает в компьютерную измерительную систему, и результаты отображаются на мониторе (рис. 2).

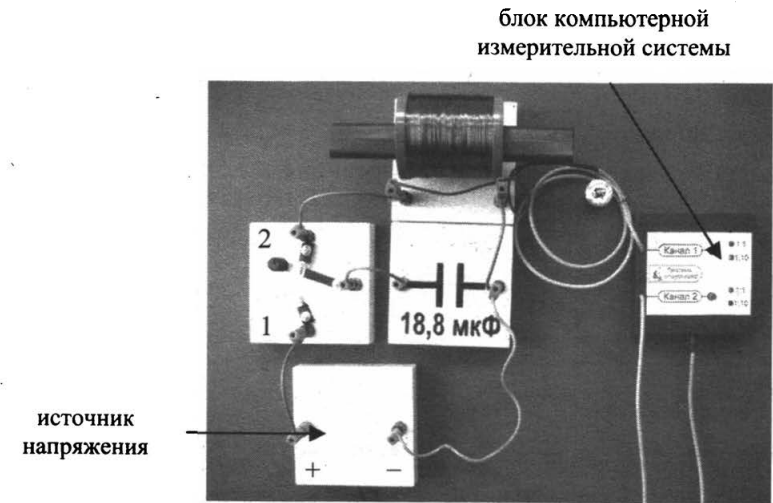


Рис. 1

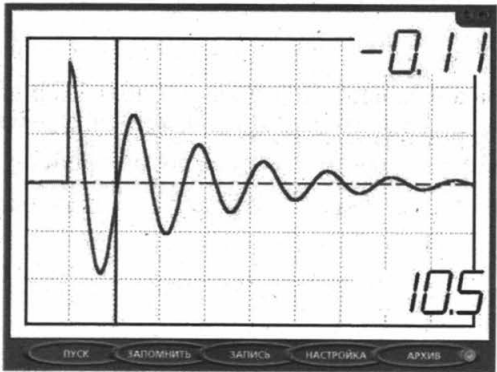


Рис. 2

Что исследовалось в опыте?

- 1) автоколебательный процесс в генераторе
 2) вынужденные электромагнитные колебания
 3) явление электромагнитной индукции
 4) свободные электромагнитные колебания

216 (Б, ВО). Напряжение на выходных клеммах генератора меняется по закону $U(t) = 280 \cos 100t$. Действующее значение напряжения в этом случае равно

- 1) 396 В 2) 280 В 3) 200 В 4) 100 В

217 (Б, ВО). Повышающий трансформатор на электростанциях используется для

- 1) увеличения силы тока в линиях электропередач
- 2) увеличения частоты передаваемого напряжения
- 3) уменьшения частоты передаваемого напряжения
- 4) уменьшения доли потерянной энергии на линиях электропередач

218 (Б, ВО). В каком из приведенных случаев в пространстве вокруг описанного объекта возникает электромагнитная волна?

- 1) По проводнику течет переменный ток.
- 2) По проводнику течет постоянный ток.
- 3) Заряженная частица движется равномерно и прямолинейно.
- 4) Магнит движется прямолинейно и равномерно.

219 (Б, ВО). Выберите правильное(-ые) утверждение(-я):

I. Максвелл, опираясь на эксперименты Фарадея по исследованию электромагнитной индукции, теоретически предсказал существование электромагнитных волн.

II. Герц, опираясь на теоретические предсказания Максвелла, обнаружил электромагнитные волны экспериментально.

III. Максвелл, опираясь на эксперименты Герца по исследованию электромагнитных волн, создал теорию их распространения в вакууме.

- 1) только I
- 2) только II
- 3) только III
- 4) I и II

220 (П, ВО). 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.

- 1) 1,6 А 2) 8,1 А 3) 0,3 А 4) 0,6 А

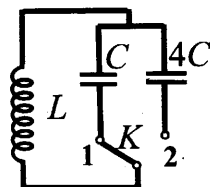
221. (Б, ВО). Выберите среди приведённых примеров электромагнитное излучение с минимальной длиной волны.

- 1) рентгеновское
- 2) ультрафиолетовое
- 3) инфракрасное
- 4) видимое

222 (Б, ВО). 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?

- 1) 0 2) $2 \cdot 10^{-6}$ Кл 3) $4 \cdot 10^{-6}$ Кл 4) $8 \cdot 10^{-6}$ Кл

223 (Б, ВО). Как изменится период собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ K перевести из положения 1 в положение 2?



- 1) увеличится в 4 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) уменьшится в 4 раза

224 (Б, ВО). В электромагнитной волне, распространяющейся со скоростью \vec{v} , происходят колебания векторов напряжённости электрического поля \vec{E} и индукции магнитного поля \vec{B} . При этих колебаниях векторы \vec{E} , \vec{B} , \vec{v} имеют взаимную ориентацию:

- 1) $\vec{B} \parallel \vec{E} \parallel \vec{v}$
- 2) $\vec{B} \perp \vec{E}$, $\vec{v} \perp \vec{B}$, $\vec{E} \parallel \vec{v}$
- 3) $\vec{B} \perp \vec{E}$, $\vec{v} \perp \vec{E}$, $\vec{v} \parallel \vec{B}$
- 4) $\vec{B} \perp \vec{E}$, $\vec{E} \perp \vec{v}$, $\vec{B} \perp \vec{v}$

225. (П, КО). 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

226 (П, С). Конденсатор колебательного контура заряжают от источника постоянного напряжения, а затем замыкают на катушки с различными индуктивностями: L_1 , L_2 , L_3 . Подберите во втором столбце таблицы слова, правильно характеризующие изменения параметров гармонических колебаний в колебательном контуре при уменьшении индуктивности катушек в таких опытах

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

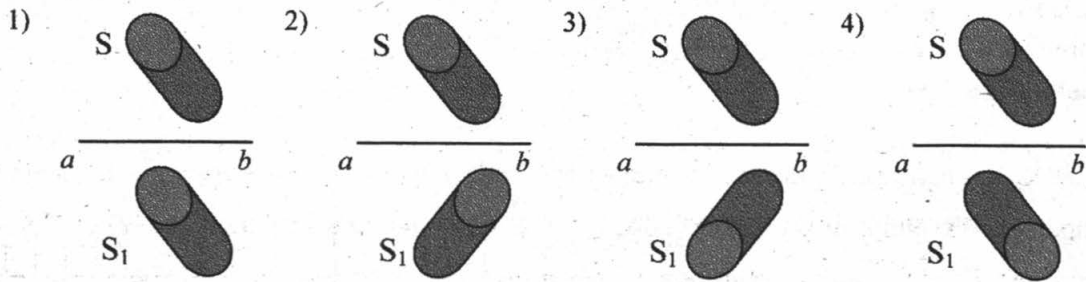
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Амплитуда колебаний заряда конденсатора	Частота колебаний	Амплитуда колебаний силы тока

Тематический блок № 10 «Геометрическая оптика»

227 (Б, ВО). Источник света неправильной формы S отражается в плоском зеркале ab . На каком рисунке верно показано изображение S_1 этого источника в зеркале?



228 (П, КО). 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.

Ответ: _____ м

229 (Б, ВО). Как изменится угол между падающим на плоское зеркало и отраженным лучами при увеличении угла падения на 10° ?

- 1) не изменится
- 2) увеличится на 5°
- 3) увеличится на 10°
- 4) увеличится на 20°

230 (Б, КО). 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

231 (Б, С). Установите соответствие между типом изображения в собирающей линзе с фокусным расстоянием F и расстоянием a от источника света до линзы.

РАССТОЯНИЕ a ОТ ЛИНЗЫ
ДО ИСТОЧНИКА

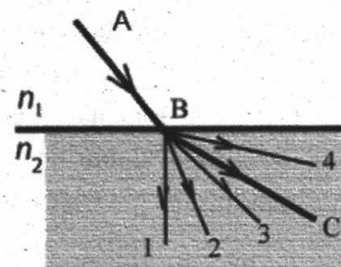
- А) $0,5F$
- Б) $1,5F$

ТИП
ИЗОБРАЖЕНИЯ

- 1) уменьшенное, действительное
- 2) увеличенное, действительное
- 3) увеличенное, мнимое
- 4) уменьшенное, мнимое

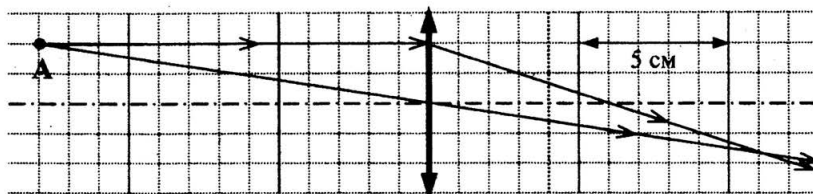
А	Б

232 (Б, КО). Луч АВ преломляется в точке В на границе раздела двух сред с показателями преломления $n_1 > n_2$ и идет по пути ВС (см. рисунок). Если показатель n_2 увеличить, сохранив условие $n_1 > n_2$, то луч АВ после преломления пойдет по пути

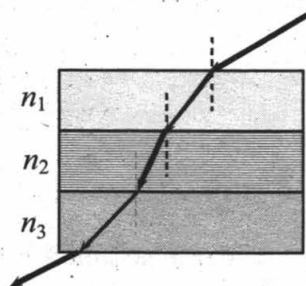


Ответ: _____

233 (Б, КО). На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую линзу. Чему примерно равна оптическая сила линзы? Ответ округлить до целых.



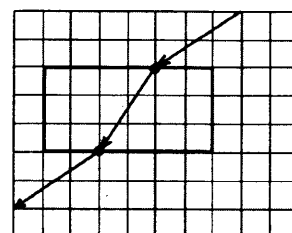
Ответ: _____ дптр



234 (Б, ВО). Луч света падает из воздуха в бензин (показатель преломления n_1), затем проходит через стеклянную пластинку (показатель преломления n_2), а затем через слой воды (показатель преломления n_3). На рисунке показан ход луча света. Показатели преломления сред соотносятся следующим образом:

- 1) $n_1 < n_2$ и $n_2 > n_3$
- 2) $n_1 < n_2 < n_3$
- 3) $n_1 > n_2 > n_3$
- 4) $n_1 > n_2$ и $n_2 < n_3$

235 (П, КО). 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: _____

236 (П, С). 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

- А) свет идёт из воздуха
в стекло

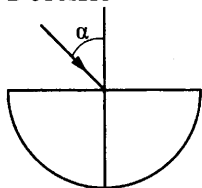


Рис. 1

- Б) свет идёт из стекла
в воздух

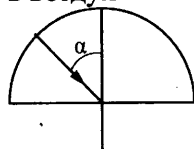


Рис. 2

- 1) наблюдать нельзя ни при каких углах падения
- 2) наблюдается при $\alpha > \alpha_0$, где $\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$
- 3) наблюдается при $\alpha < \alpha_0$, где $\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$
- 4) наблюдается при $\alpha > \alpha_0$, где $\sin \alpha_0 = n$

Ответ:

А	Б

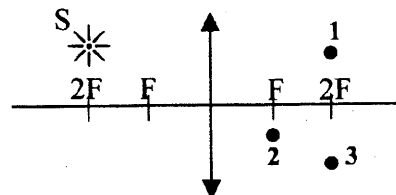
237 (Б, КО). От экрана до мобильного телефона 30 см. Ровно посередине между телефоном и экраном лупа. Когда телефон зазвонил, на экране возникло четкая, но перевернутая фамилия абонента. Каково фокусное расстояние линзы лупы?

Ответ: _____ см

238 (Б, ВО). Предмет расположен от собирающей линзы на расстоянии, большем двойного фокусного расстояния. Изображение предмета

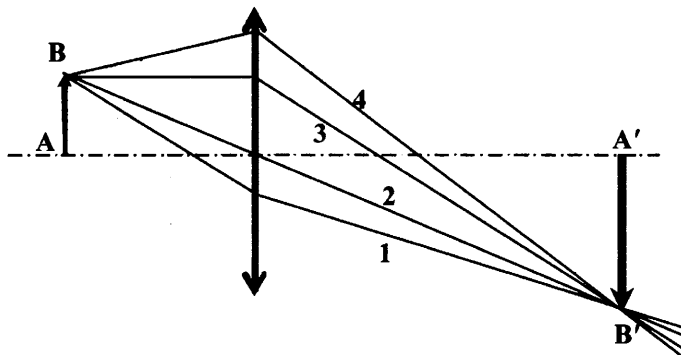
- 1) мнимое и находится между линзой и фокусом
- 2) действительное и находится между линзой и фокусом
- 3) действительное и находится между фокусом и двойным фокусом
- 4) действительное и находится за двойным фокусом

239 (Б, ВО). Где находится изображение светящейся точки S (см. рисунок), создаваемое тонкой собирающей линзой?



- 1) в точке 1
- 2) в точке 2
- 3) в точке 3
- 4) на бесконечно большом расстоянии от линзы

240 (П, КО). Изображение предмета АВ в тонкой собирающей линзе представлено стрелкой А'В' (см. рисунок). Укажите, какой из лучей 1, 2, 3 или 4 проходит через фокус линзы



Ответ: _____

241 (Б, КО). 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

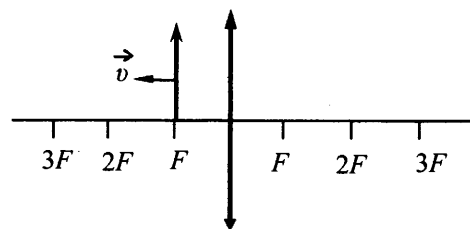
242 (Б, КО). Предмет высотой 6 см расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 30 см от ее оптического центра. Оптическая сила линзы 5 дптр. Найдите высоту изображения предмета.

Ответ: _____ см

243 (Б, КО). Расстояние наилучшего зрения для конкретного человека равно 40 см. На каком расстоянии от зеркала ему нужно находиться, чтобы лучше рассмотреть своё изображение в зеркале?

Ответ: _____ см

244 (П, ВО). Предмет, расположенный на фокусном расстоянии от собирающей линзы, передвигают к тройному фокусному расстоянию (см. рисунок). Его изображение при этом движется

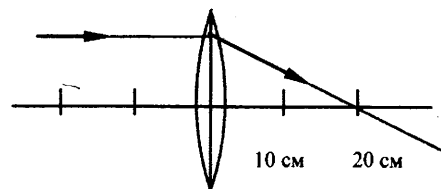


- 1) из бесконечности к положению на расстоянии $2,5F$
- 2) от положения на расстоянии $1,5F$ в бесконечность
- 3) от расстояния, равного $3F$, к фокусу
- 4) из бесконечности к положению на расстоянии $1,5F$

245 (П, ВО). На рисунке показан ход луча через линзу.

Такую линзу надо поставить в очки человеку, у которого

- 1) близорукость и прописаны очки + 10 дптр
- 2) близорукость и прописаны очки – 5 дптр
- 3) дальнозоркость и прописаны очки – 10 дптр
- 4) дальнозоркость и прописаны очки + 5 дптр



246 (Б, С) Установите соответствие между оптическим прибором (устройством) и типом изображения, получаемым с его помощью.

ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ	ТИП ИЗОБРАЖЕНИЯ
А) Мультимедиа проектор	1) уменьшенное, мнимое
Б) Дверной глазок	2) увеличенное, действительное
	3) уменьшенное, действительное
	4) увеличенное, мнимое

А	Б

247 (Б, С). 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	1) действительное, перевёрнутое, уменьшенное
Б) линза рассеивающая	2) мнимое, уменьшенное, прямое
	3) действительное, увеличенное, прямое
	4) мнимое, уменьшенное, перевёрнутое

Ответ:

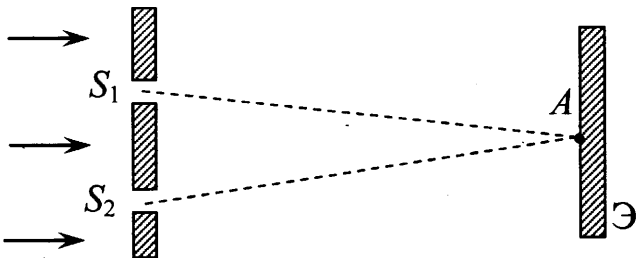
А	Б

Тематический блок № 11 «Волновая оптика»

248 (Б, ВО). Пучок света падает на собирающую линзу параллельно её главной оптической оси на расстоянии h от этой оси. Линза находится в вакууме, её фокусное расстояние равно F . С какой скоростью распространяется свет за линзой? Скорость света от неподвижного источника в вакууме равна c .

- 1) $\frac{c\sqrt{F^2 + h^2}}{F}$
- 2) c
- 3) $\frac{ch}{F}$
- 4) $\frac{Fc}{F + h}$

249. (П, ВО). На две щели в экране слева падает плоская монохроматическая световая волна перпендикулярно экрану. Длина световой волны λ . Свет от щелей S_1 и S_2 , которые можно считать когерентными синфазными источниками, достигает экрана Э. На нём наблюдается интерференционная картина. Тёмная полоса в точке A наблюдается, если

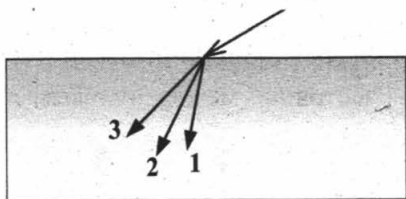


- 1) $S_2A - S_1A = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$, где k – любое целое число
- 2) $S_2A - S_1A = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}$, где k – любое целое число
- 3) $S_2A - S_1A = \frac{\lambda}{2k + 1}$, где k – любое целое число
- 4) $S_2A - S_1A = \frac{\lambda}{3k}$, где k – любое целое число

250 (П, ВО). На дифракционную решетку с периодом $0,004 \text{ мм}$ падает по нормали плоская монохроматическая волна. Количество дифракционных максимумов, наблюдаемых с помощью этой решетки, равно 19. Какова длина волны света?

- 1) 640 нм
- 2) 560 нм
- 3) 440 нм
- 4) 580 нм

251 (Б, ВО). В некотором спектральном диапазоне угол преломления лучей на границе воздух-стекло падает с увеличением частоты излучения. Ход лучей для трех основных цветов при падении белого света из воздуха на границу раздела показан на рисунке. Цифрам соответствуют цвета

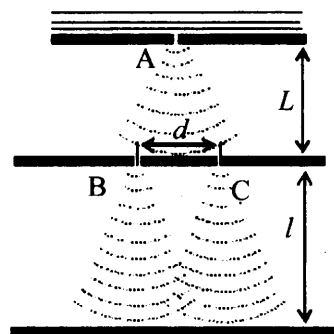


- | | | | |
|----------------|--------------|----------------|--------------|
| 1) 1 – красный | 2) 1 – синий | 3) 1 – красный | 4) 1 – синий |
| 2 – зеленый | 2 – красный | 2 – синий | 2 – зеленый |
| 3 – синий | 3 – зеленый | 3 – зеленый | 3 – красный |

252 (Б, ВО). Какое из перечисленных ниже свойств волн является специфическим для электромагнитных волн, не являясь общим свойством волн любой природы?

- 1) интерференция
- 2) дифракция
- 3) преломление
- 4) поляризация

253 (Б, ВО). В классическом опыте Юнга по дифракции пучок света, прошедший через узкое отверстие А, освещает отверстия В и С, за которыми на экране возникает интерференционная картина (см. рисунок).



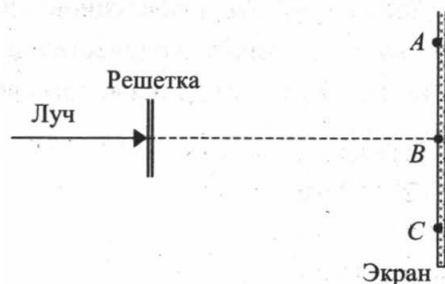
Если увеличить расстояние d вдвое, то

- 1) расстояние между интерференционными полосами увеличится
- 2) расстояние между интерференционными полосами уменьшится
- 3) интерференционная картина не изменится
- 4) интерференционная картина сместится по экрану влево, сохранив свой вид

254 (П, ВО). 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 интерференционная картина. Если использовать монохроматический свет из красной части видимого спектра, то

- 1) расстояние между интерференционными полосами увеличится
- 2) расстояние между интерференционными полосами уменьшится
- 3) расстояние между интерференционными полосами не изменится
- 4) интерференционная картина исчезнет

255 (Б, ВО). Лазерный луч красного цвета падает перпендикулярно на дифракционную решетку. На линии ABC экрана (см. рисунок) наблюдается серия ярких красных пятен. Какие изменения произойдут в расположении пятен на экране при замене лазерного луча красного цвета на лазерный луч зеленого цвета?



- 1) расположение пятен не изменится
- 2) пятно в точке В не сместится, остальные раздвинутся от него
- 3) пятно в точке В не сместится, остальные сдвинутся к нему
- 4) пятно в точке В исчезнет, остальные раздвинутся от точки В

256 (Б, ВО). Луч от лазера направляется перпендикулярно плоскости дифракционной решетки (см. рисунок) в первом случае с периодом d , а во втором – с периодом $2d$. Расстояние между нулевым и первым дифракционным максимумами на удаленном экране



- 1) в обоих случаях одинаково
- 2) во втором случае в 2 раза меньше
- 3) во втором случае в 2 раза больше
- 4) во втором случае в 4 раза больше

257 (Б, ВО). Если за непрозрачным диском, освещенным ярким источником света небольшого размера, поставить фотопленку, исключив попадание на нее отраженных от стен комнаты лучей, то при проявлении ее после большой выдержки в центре тени можно обнаружить светлое пятно. Какое физическое явление при этом наблюдается?

- 1) дифракция
- 2) преломление
- 3) дисперсия
- 4) поляризация

258 (Б, ВО). Дифракционная решетка с периодом d освещается нормально падающим световым пучком с длиной волны λ . Какое из приведенных ниже выражений определяет угол α , под которым наблюдается второй главный максимум?

- 1) $\sin \alpha = \frac{2\lambda}{d}$
- 2) $\sin \alpha = \frac{d}{2\lambda}$
- 3) $\cos \alpha = \frac{2\lambda}{d}$
- 4) $\cos \alpha = \frac{d}{2\lambda}$

259 (П, С). 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

- А) длина волны
Б) импульс фотона

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{h \cdot \nu}{c}$
- 2) $\frac{h \cdot c}{\nu}$
- 3) $\frac{h \cdot c}{E}$
- 4) $\frac{h}{\nu}$

А	Б

260 (Б, ВО). Свет переходит из воздуха в стекло с показателем преломления n . Какое из следующих утверждений справедливо?

- 1) Частота и скорость света уменьшились в n раз.
- 2) Частота и скорость света увеличились в n раз.
- 3) Частота не изменилась, а скорость света уменьшилась в n раз.
- 4) Частота не изменилась, а скорость света увеличилась в n раз.

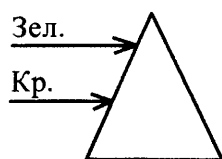
261 (Б, ВО). Поляризация света доказывает, что свет – это

- 1) поток заряженных частиц
- 2) поток электронейтральных частиц
- 3) поперечная волна
- 4) продольная волна

262 (Б, ВО). 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.

- 1) 1,4
- 2) 2
- 3) 2,4
- 4) 1,8

263 (П, ВО). На переднюю грань прозрачной стеклянной призмы падают параллельные друг другу зеленый и красный «лучи» лазеров. После прохождения призмы (см. рисунок)



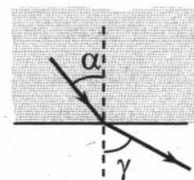
- 1) они останутся параллельными
- 2) они разойдутся так, что не будут пересекаться
- 3) они пересекутся
- 4) ответ зависит от сорта стекла

264 (Б, ВО). Свет переходит из воздуха в стекло с показателем преломления n . Какое из следующих утверждений справедливо?

- 1) длина световой волны и скорость света уменьшились в n раз
- 2) длина световой волны и скорость света увеличились в n раз
- 3) длина световой волны не изменилась, а скорость света уменьшилась в n раз
- 4) длина световой волны не изменилась, а скорость света увеличилась в n раз

265 (Б, С). 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

266 (П, С). Пучок света переходит из воды в воздух (см. рис). 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

1) $\frac{v}{n \cdot \nu}$

Б) длина волны света в воде

2) $\frac{n \cdot v}{\nu}$

3) $\frac{n \cdot v}{\nu}$

4) $\frac{v}{\nu}$

А	Б

Тематический блок № 12 «Специальная теория относительности»

267 (Б, ВО) Какое (-ие) из приведенных ниже утверждений справедливо(-ы) с точки зрения специальной теории относительности?

Законы, которыми описываются физические явления, одинаковы

А. во всех системах отсчета.

Б. во всех инерциальных системах отсчета.

1) только А

2) только Б

3) и А, и Б

4) ни А, ни Б

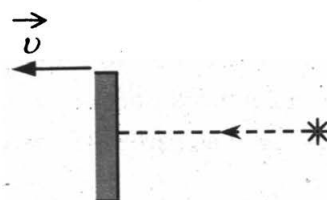
268 (Б, ВО). Свет от неподвижного источника падает перпендикулярно поверхности зеркала, которое удаляется от источника со скоростью v . Какова скорость отраженного света в инерциальной системе отсчета, связанной с зеркалом?

1) $c - v$

2) $c + v$

3) c

4) $c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$



269 (Б, ВО). Какое из приведенных ниже утверждений является постулатом специальной теории относительности?

А. Механические явления во всех инерциальных системах отсчета протекают одинаково (при одинаковых начальных условиях).

Б. Все явления во всех инерциальных системах отсчета протекают одинаково (при одинаковых начальных условиях).

1) только А

2) только Б

3) и А, и Б

4) ни А, ни Б

270 (Б, ВО). 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. Если колебательные контуры одинаковые, то в обеих лабораториях эти закономерности будут

- 1) одинаковыми при любой скорости корабля
- 2) разными, так как на корабле время течет медленнее
- 3) одинаковыми только в том случае, если скорость корабля мала
- 4) одинаковыми или разными в зависимости от модуля и направления скорости корабля

271 (П, ВО). Два электрона, испущенные одновременно радиоактивным веществом, движутся в противоположных направлениях со скоростями $0,7c$ относительно наблюдателя в лаборатории. Чему равно расстояние между электронами в лабораторной системе отсчета через t секунд после их излучения?

- 1) $1,4 ct$
- 2) ct
- 3) $0,94 ct$
- 4) 0

272 (П, ВО). Формулы специальной теории относительности необходимо 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) любых тел, скорости которых близки к скорости света
- 4) любых тел, скорости которых малы по сравнению со скоростью света

273 (Б, ВО). В результате аннигиляции электрона массой m и позитрона массой m образуется квант электромагнитного излучения, максимальная энергия которого может быть равной

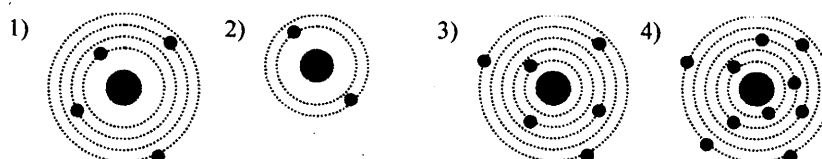
- 1) $\frac{mc^2}{2}$
- 2) mc^2
- 3) $2mc^2$
- 4) 0

274 (П, ВО). При какой скорости релятивистский импульс электрона массой m_0 в 2 раза больше импульса нерелятивистского электрона.

- 1) $\frac{c}{2}$
- 2) $\frac{\sqrt{3}}{2}c$
- 3) c
- 4) $\sqrt{3}c$

Тематический блок № 13 «Квантовая физика. Атом»

275 (Б, ВО). На рисунке изображены схемы планетарной модели четырех атомов. Черными точками обозначены электроны. Атому ${}^6_4\text{Be}$ соответствует схема



276 (Б, ВО). Фотоэффект – это

- 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

277 (Б, ВО). Из перечисленных ниже факторов выберите те, от которых зависит кинетическая энергия электронов, вылетевших с поверхности металлической пластины при ее освещении светом лампы.

- А. Интенсивность падающего света
- Б. Частота падающего света
- В. Работа выхода электрона из металла

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) Б и В
- 4) А, Б, В

278 (П, ВО). Поток фотонов выбивает из металла с работой выхода 5 эВ фотоэлектроны. Энергия фотонов в 1,5 раза больше максимальной кинетической энергии фотоэлектронов. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

- 1) 5 эВ 2) 15 эВ 3) 30 эВ 4) 10 эВ

279 (Б, ВО). В опытах Столетова было обнаружено, что кинетическая энергия электронов, вылетевших с поверхности металлической пластины при ее освещении светом,

- 1) не зависит от частоты падающего света
- 2) линейно зависит от частоты падающего света
- 3) линейно зависит от интенсивности света
- 4) линейно зависит от длины волны падающего света

280 (П, ВО). 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 $v = 1000$ км/с. Какова энергия поглощённого фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь.

- 1) 16,4 эВ 2) 27,2 эВ 3) 13,6 эВ 4) 19,3 эВ

281 (Б, ВО). 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?

- 1) 9,5 эВ 2) 7 эВ 3) 4,5 эВ 4) 2,5 эВ

282 (Б, ВО). Металлическую пластину освещали монохроматическим светом одинаковой интенсивности: сначала красным, потом зеленым, затем синим. Во всех трёх случаях из пластины вылетали электроны. В каком случае максимальная кинетическая энергия вылетающих фотоэлектронов была наибольшей?

- 1) при освещении красным светом
- 2) при освещении зеленым светом
- 3) при освещении синим светом
- 4) во всех случаях одинаковой

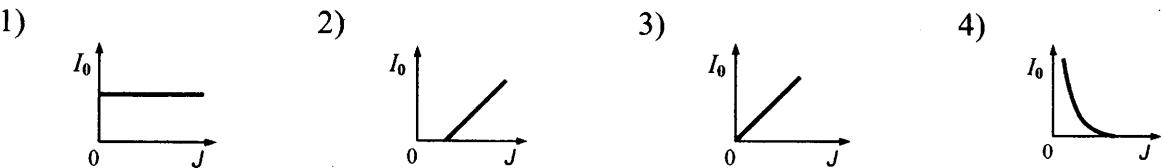
283 (Б, ВО). Энергия фотона в первом пучке света в 2 раза больше энергии фотона во втором пучке. Отношение длины электромагнитной волны в первом пучке света к длине волны во втором пучке равно

- 1) 1
- 2) 2
- 3) $\sqrt{2}$
- 4) $\frac{1}{2}$

284 (П, ВО). Энергия фотона, соответствующая красной границе фотоэффекта для алюминия, равна $4,5 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов, если на металл падает свет, энергия фотонов которого равна 10^{-18} Дж.

- 1) $1,45 \cdot 10^{-18}$ Дж
- 2) $3,5 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 3) $5,5 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 4) 0

285 (П, ВО). Четырёх учеников попросили нарисовать общий вид графика зависимости фототока насыщения I_0 от интенсивности J падающего света. Какой из приведённых рисунков выполнен правильно?



286 (П, КО). В некоторых опытах по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. Напряжение, при котором поле останавливает и возвращает назад все фотоэлектроны, назвали 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.

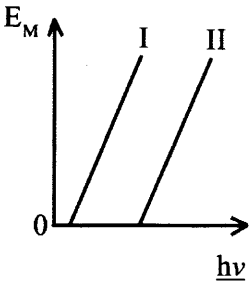
Ответ: _____ В

287 (П, ВО). В таблице представлены результаты измерений запирающего напряжения для фотоэлектронов при двух разных значениях частоты падающего монохроматического света ($\nu_{кр}$ – частота, соответствующая красной границе фотоэффекта).

Частота падающего света ν	$2\nu_{кр}$	$3\nu_{кр}$
Запирающее напряжение $U_{зап}$	U_0	—

Какое значение запирающего напряжения пропущено в таблице?

- 1) $\frac{1}{2} U_0$
- 2) U_0
- 3) $\frac{3}{2} U_0$
- 4) $2U_0$



288 (Б, ВО). На рисунке приведены графики зависимости максимальной энергии фотоэлектронов от энергии падающих на фотокатод фотонов. Работа выхода материала катода фотоэлемента

- 1) в случае I меньше, чем в случае II
- 2) в случае II меньше, чем в случае I
- 3) одинаковая в случаях I и II
- 4) не зависит от материала фотокатода

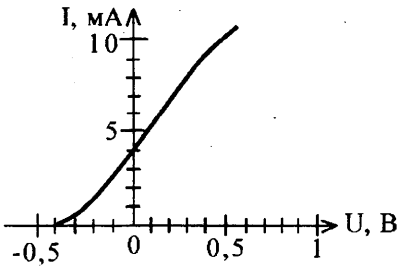
289 (Б, ВО). Работа выхода из материала 1 больше, чем работа выхода из материала 2. Максимальная длина волны, при которой может наблюдаться фотоэффект на материале 1, равна λ_1 ; максимальная длина волны, при которой может наблюдаться фотоэффект на материале 2, равна λ_2 . На основании законов фотоэффекта можно утверждать, что

- 1) $\lambda_1 < \lambda_2$
- 2) $\lambda_1 = \lambda_2$
- 3) $\lambda_1 > \lambda_2$
- 4) λ_1 может быть как больше, так и меньше λ_2

290 (П, ВО). При освещении катода вакуумного фотоэлемента потоком монохроматического света происходит освобождение фотоэлектронов. Как изменится максимальная энергия вылетевших фотоэлектронов при уменьшении частоты падающего света в 2 раза?

- 1) увеличится в 2 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) уменьшится более чем в 2 раза
- 4) уменьшится менее чем в 2 раза

291 (П, КО). Металлическая пластина освещается светом с длиной волны 600 нм. Зависимость силы фототока I от электрического потенциала U пластинки представлена на графике (см. рисунок). Какова работа выхода электронов из металла? Ответ округлить до десятых.



Ответ: _____ эВ

292 (П, ВО). При освещении ультрафиолетовым светом с частотой 10^{15} Гц металлического проводника с работой выхода 3,11 эВ выбиваются электроны. Чему примерно равна максимальная скорость фотоэлектронов?

- 1) $3 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$ 2) $4 \cdot 10^3 \frac{м}{с}$ 3) $6 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$ 4) $3,11 \cdot 10^4 \frac{м}{с}$

293 (Б, С). 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

- А) Ионизация газа
Б) Фотоэффект

ПРИБОР

- 1) Вакуумный фотоэлемент
2) Дифракционная решетка
3) Счетчик Гейгера
4) Лупа

А	Б

294 (Б, ВО). 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.

295 (П, ВО). Энергия ионизации атома водорода равна E_0 . Какую минимальную энергию нужно затратить, чтобы электрон перешел из основного в первое возбужденное состояние?

- 1) $\frac{E_0}{4}$ 2) $\frac{E_0}{2}$ 3) $\frac{3E_0}{4}$ 4) $\frac{7E_0}{8}$

296 (Б, ВО). 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

297 (Б, ВО). Длина волны де Бройля для электрона больше, чем для α -частицы. При этом

- 1) импульс электрона больше импульса α -частицы
2) импульс α -частицы больше импульса электрона
3) импульсы частиц одинаковы
4) величина импульса не связана с длиной волны

298 (П, ЧО). 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

299 (Б, ВО). 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?

- 1) $4,09 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 2) $6,81 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 3) $5,45 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 4) $1,36 \cdot 10^{-19}$ Дж

300 (П, С). 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

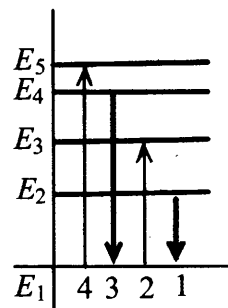
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны	Модуль напряжения запираения	Кинетическая энергия фотоэлектронов

301 (Б, ВО). При переходе атома из одного стационарного состояния с энергией E_m в другое стационарное состояние с энергией E_n испускается фотон с частотой

- 1) $\frac{E_m}{h}$
- 2) $\frac{E_n}{h}$
- 3) $\frac{E_m + E_n}{h}$
- 4) $\frac{E_m - E_n}{h}$

302 (Б, КО). На рисунке изображена диаграмма энергетических уровней атома. Какой цифрой обозначен переход, который соответствует излучению фотона с наименьшей энергией?



Ответ: _____

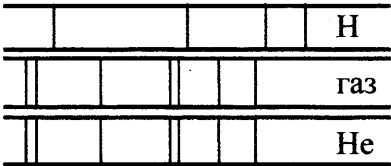
303 (П, ВО). В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13,6$ эВ) поглощает фотон частотой $3,7 \cdot 10^{15}$ Гц. С какой скоростью v движется вдали от ядра электрон, вылетевший из атома в результате ионизации? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь.

- 1) 380 км/с 2) 760 км/с 3) 80 км/с 4) 1530 км/с

304 (Б, ВО). Какое представление о строении атома верно? Большая часть массы атома сосредоточена

- 1) в ядре, заряд ядра отрицателен
 2) в электронах, заряд электронов отрицателен
 3) в ядре, заряд электронов положителен
 4) в ядре, заряд электронов отрицателен

305 (Б, ВО). На рисунке приведены фрагмент спектра поглощения неизвестного разреженного атомарного газа (в середине), спектры поглощения атомов водорода (вверху) и гелия (внизу). В химический состав газа входят атомы



- 1) только водорода
 2) только гелия
 3) водорода и гелия
 4) водорода, гелия и еще какого-то вещества

306 (П, ВО). 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

Постоянная Планка по результатам этого эксперимента равна

- 1) $6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
 2) $5,7 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
 3) $6,3 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
 4) $6,0 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

Тематический блок № 14 «Ядерная физика»

307 (Б, ВО). Нагретый газ углерод $^{15}_6\text{C}$ излучает свет. Этот изотоп испытывает β -распад с периодом полураспада 2,5 с. 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, и добавятся линии азота $^{15}_7\text{N}$

308 (Б, ВО). В конце XIX – начале XX века было открыто явление радиоактивного распада, в ходе которого из ядра вылетают α -частицы. Эти экспериментальные факты позволяют выдвинуть гипотезу о

А) сложном строении ядра
 Б) возможности превращения одних элементов в другие

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б

309 (Б, ВО). γ -излучение – это поток

1) электронов
 2) ядер атомов гелия
 3) квантов электромагнитного излучения, испускаемых атомными ядрами
 4) квантов электромагнитного излучения, испускаемых при торможении быстрых электронов в веществе

310 (Б, ВО). Имеется 10^8 атомов радиоактивного изотопа йода $^{128}_{53}\text{I}$, период полураспада которого 25 мин. Какое количество ядер изотопа распадается за 50 мин?

- 1) $\sim 2,5 \cdot 10^7$
- 2) $\sim 5 \cdot 10^7$
- 3) $\sim 7,5 \cdot 10^7$
- 4) $\sim 10^8$

311 (Б, С). 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	1) А. Беккерель
Б) естественной радиоактивности урана	2) М. Склодовская-Кюри
	3) Э. Резерфорд
	4) Дж. Дж. Томпсон

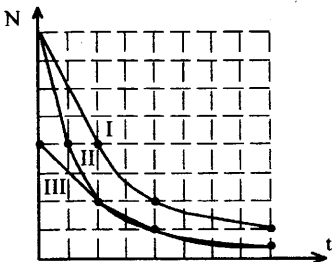
А	Б

312 (Б, КО). Чему равен период полураспада изотопа, если за одни сутки распадается в среднем 7500 атомов из 10000?

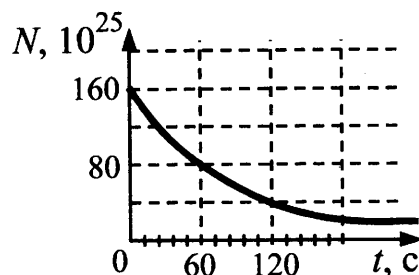
Ответ: _____ час

313 (П, ВО). На рисунке приведена зависимость числа нераспавшихся ядер N в процессе радиоактивного распада для трех изотопов. Для какого из них период полураспада минимален?

- 1) I
- 2) II
- 3) III
- 4) у всех одинаков



314 (Б, КО). На рисунке приведён график зависимости числа нераспавшихся ядер эрбия $^{173}_{68}\text{Er}$ от времени. Каков период полураспада этого изотопа?



Ответ: _____ с

315 (Б, ВО). Какое уравнение противоречит 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) $^9_4\text{Be} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{10}_7\text{N} + ^1_0\text{n}$

316 (Б, ВО). Какая из строчек таблицы правильно отражает структуру ядра $^{48}_{20}\text{Ca}$?

	р – число протонов	п – число нейтронов
1)	48	68
2)	48	20
3)	20	48
4)	20	28

317 (Б, ВО). Два протона удерживаются в ядре атома гелия за счет

- 1) гравитационного взаимодействия
- 2) электромагнитного взаимодействия
- 3) сильного взаимодействия
- 4) слабого взаимодействия

318 (Б, С). Как изменятся заряд и массовое число радиоактивного ядра в результате его β -распада?

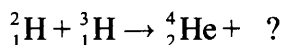
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Заряд	Массовое число

319 (Б, ВО). Какая вторая частица образуется в ходе реакции термоядерного синтеза

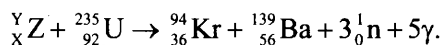


- 1) нейтрон
- 2) нейтрино
- 3) протон
- 4) электрон

320 (Б, ВО). Ядро урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ после α -распада и двух электронных β -распадов превращается в ядро

- 1) кюрия ${}_{96}^{247}\text{Cm}$
- 2) урана ${}_{92}^{234}\text{U}$
- 3) плутония ${}_{94}^{244}\text{Pu}$
- 4) тория ${}_{90}^{232}\text{Th}$

321 (Б, ВО). В результате столкновения ядра урана с частицей произошло деление ядра урана, сопровождающееся излучением γ -кванта в соответствии с уравнением



Ядро урана столкнулось с

- 1) протоном
- 2) электроном
- 3) нейтроном
- 4) α -частицей

322 (Б, ВО). Какие из перечисленных ниже веществ используются в качестве топлива атомных электростанций?

А. Уран Б. Каменный уголь В. Кадмий Г. Графит

- 1) А, Б, Г
- 2) А, Б
- 3) только А
- 4) А, Б, В, Г

323 (Б, ВО). При облучении нейтронами ядра урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ делятся на

- 1) 2 сравнимых по массе осколка деления и нейтроны
- 2) альфа- и бета-частицы
- 3) нейтроны и протоны
- 4) нейтроны, протоны и электроны

324 (П, С). Большое число N радиоактивных ядер ${}_{80}^{203}\text{Hg}$ распадается, образуя стабильные дочерние ядра ${}_{81}^{203}\text{Tl}$. 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.

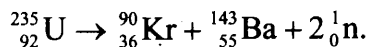
К каждой позиции из первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВЕЛИЧИНЫ		ИХ ЗНАЧЕНИЕ	
А) количество ядер ${}_{80}^{203}\text{Hg}$ через 139,8 суток		1)	$\frac{N}{8}$
		2)	$\frac{N}{4}$
Б) количество ядер ${}_{81}^{203}\text{Tl}$ через 93,2 суток		3)	$\frac{3N}{4}$
		4)	$\frac{7N}{8}$

Ответ:

А	Б

325 (Б, ВО). Ниже приведена одна из возможных реакций радиоактивного распада урана



При этом осколки имеют кинетическую энергию около 190 МэВ. Какое из нижеприведенных утверждений верно?

- А. Сумма зарядов ядер осколков точно равна сумме заряда ядра урана
Б. Масса осколков точно равна массе исходного атома

- 1) только А 2) только Б 3) и А, и Б 4) ни А, ни Б

326 (П, ВО). Какие заряд Z и массовое число A будет иметь ядро элемента, получившегося из ядра изотопа ${}_{92}^{238}\text{U}$ после одного α -распада и двух β -распадов?

- | | | | |
|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 1) $Z = 234$ | 2) $Z = 92$ | 3) $Z = 88$ | 4) $Z = 234$ |
| $A = 92$ | $A = 234$ | $A = 234$ | $A = 94$ |

327 (Б, ВО). Атом бериллия ${}_4^9\text{Be}$ содержит

- 1) 9 протонов, 4 нейтрона и 9 электронов
2) 4 протона, 5 нейтронов и 4 электрона
3) 4 протона, 9 нейтронов и 4 электрона
4) 9 протонов, 13 нейтронов и 4 электрона

328 (Б, ВО). Какое соотношение из приведенных ниже справедливо для полных энергий свободных протонов E_p , нейтронов E_n и атомного ядра E_α , составленного из них?

- 1) $E_\alpha = E_p + E_n$.
2) $E_\alpha > E_p + E_n$.
3) $E_\alpha < E_p + E_n$.
4) Для стабильного ядра правильный ответ 3, для радиоактивного 2.

329 (Б, ВО). В каком из перечисленных ниже приборов для регистрации ядерных излучений прохождение быстрой заряженной частицы вызывает появление следа из капель жидкости в газе?

- 1) Счетчик Гейгера
2) Камера Вильсона
3) Пузырьковая камера
3) Толстослойная фотоэмульсия

330 (Б, ВО). В недрах Солнца температура достигает десятков миллионов градусов. Это объясняют

- 1) быстрым вращением Солнца вокруг своей оси
2) делением тяжелых ядер
3) термоядерным синтезом легких ядер
4) реакцией горения водорода в кислороде

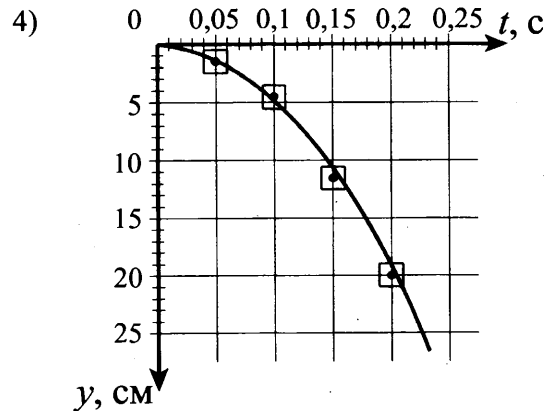
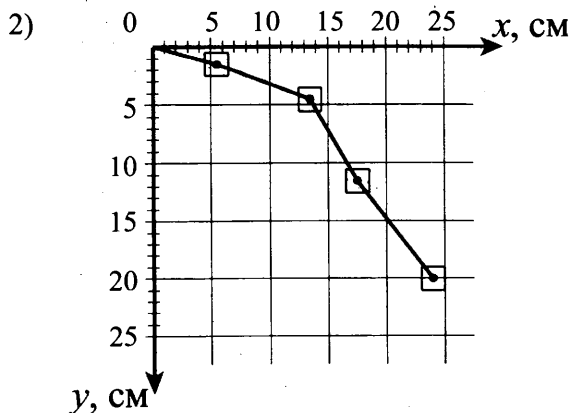
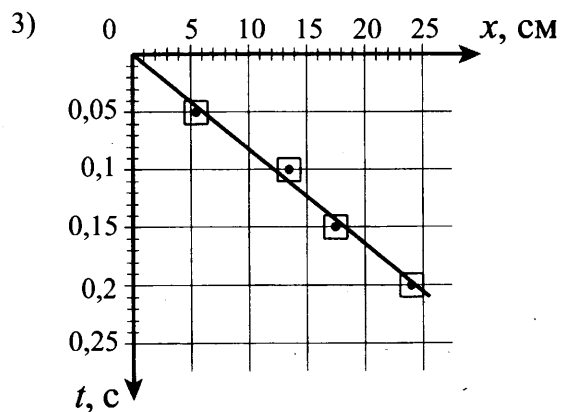
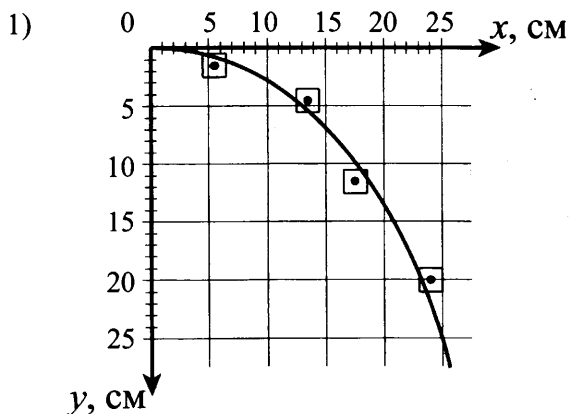
331 (Б, ВО). Маятник совершает $N = 20$ колебаний за $t = (24,0 \pm 0,2)$ с. Согласно этим данным, период колебаний маятника T равен

- 1) $(2,40 \pm 0,02)$ с
- 2) $(2,4 \pm 0,2)$ с
- 3) $(1,20 \pm 0,01)$ с
- 4) $(1,2 \pm 0,2)$ с

332 (П, ВО). 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?



333 (Б, ВО). В таблице представлены результаты измерений запирающего напряжения для фото-электронов при двух разных значениях частоты падающего монохроматического света ($\nu_{кр}$ – частота, соответствующая красной границе фотоэффекта).

Частота падающего света ν	$2\nu_{кр}$	$3\nu_{кр}$
Запирающее напряжение $U_{зап}$	–	$2U_0$

Какое значение запирающего напряжения пропущено в таблице?

- 1) $\frac{1}{2} U_0$ 2) U_0 3) $\frac{3}{2} U_0$ 4) $2U_0$

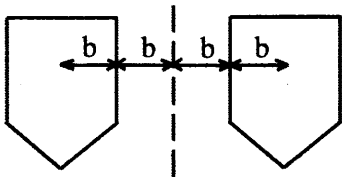
334 (П, ВО). Резиновый шарик на берегу озера во время летнего отдыха надули воздухом и опустили в озеро на глубину 1 м. Через некоторое время обнаружилось, что объем шарика уменьшился в 5 раз. Выберите верное объяснение наблюдаемого явления.

- 1) Температура среды уменьшилась в 5 раз и воздуха внутри оболочки сжался
 2) Шарик сжался за счет роста снаружи оболочки давления в 5 раз
 3) За счет снижения температуры жесткость оболочки возросла в 5 раз
 4) Была потеряна герметичность оболочки

335 (Б, ВО). Законы геометрической оптики применимы для описания следующих явлений:

- 1) образование тени от дома
 2) образование светлого пятна в центре тени шарика
 3) образование радужных цветных пленок
 4) прохождение света через два поляризатора, только при определенной их ориентации

336 (П, ВО). По какой из приведенных формул можно рассчитать силу гравитационного притяжения между двумя кораблями одинаковой массы m (см. рисунок)?



- 1) $F = Gm^2/b^2$
 2) $F = Gm^2/4b^2$
 3) $F = Gm^2/16b^2$
 4) ни по одной из указанных формул

337 (Б, С). 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

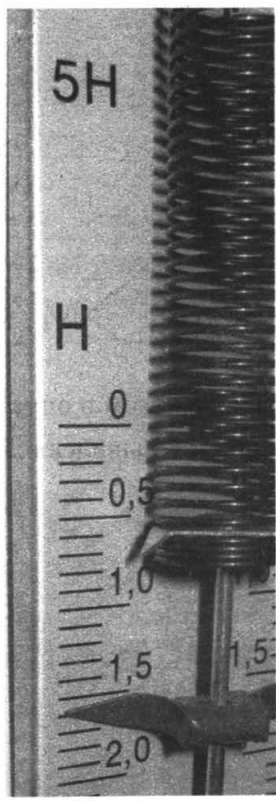
- А) закон, определяющий тепловое действие электрического тока
 Б) закон магнитного взаимодействия проводников с током

ИМЕНА УЧЕНЫХ

- 1) А. Ампер
 2) Э.Х. Ленц
 3) Ш. Кулон
 4) М. Фарадей

А	Б

338 (Б, ВО). Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность изменения равна цене деления динамометра.



В каком случае показания динамометра записаны верно?

- 1) $(1,6 \pm 0,2) \text{ Н}$
- 2) $(1,4 \pm 0,2) \text{ Н}$
- 3) $(2,4 \pm 0,1) \text{ Н}$
- 4) $(1,6 \pm 0,1) \text{ Н}$

339 (П, С). 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

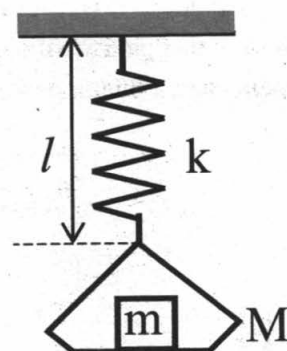
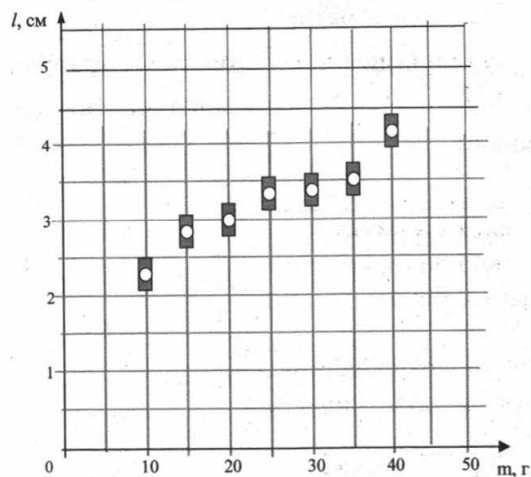
ИМЕНА УЧЕНЫХ

- А) открытие явления непрерывного беспорядочного движения частиц, взвешенных в жидкости или газе
- Б) открытие закона о передаче давления жидкостями и газами

- 1) Архимед
- 2) Э. Торричелли
- 3) Б. Паскаль
- 4) Р. Броун

А	Б

340 (В, ВО). На графике представлены результаты измерения длины пружины при различных значениях массы грузов, лежащих в чашке пружинных весов (рисунок справа).



С учетом погрешностей измерений ($\Delta m = \pm 1$ г, $\Delta l = \pm 0,2$ см) жесткость пружины k приблизительно равна

- 1) 7 Н/м 2) 10 Н/м 3) 20 Н/м 4) 30 Н/м

341 (П, ВО). 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 эксперимента укажите формулу, позволяющую предсказать значение S_t при известной деформации x .

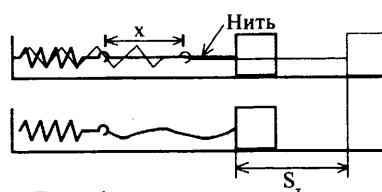


Рис. 1

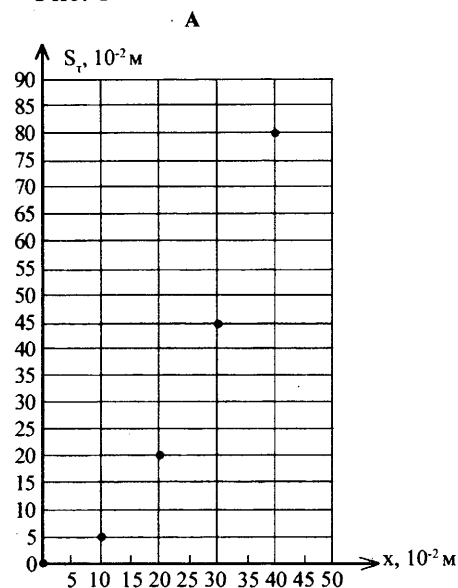


Рис. 2

342 (П, С). Идеальный газ сжимают таким образом, что выполняется соотношение $pV^2 = const$. 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

А	Б	В

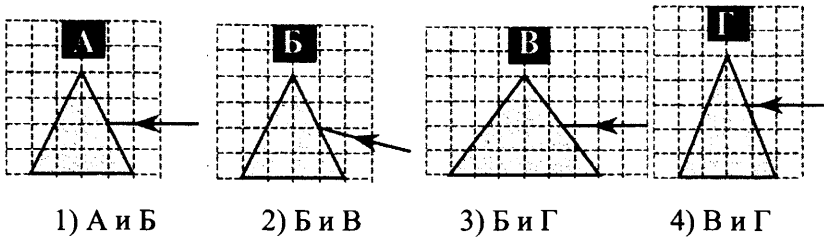
343 (Б, С). Установите соответствие между именами ученых XIX века и их вкладом в развитие электродинамики.

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).

Ученые	Вклад ученого в науку
А) Майкл Фарадей	1) Экспериментально обнаружил распространение электромагнитных волн в воздухе
Б) Джеймс Максвелл	2) Ввел представления о существовании электрического и магнитного полей
В) Генрих Герц	3) Создал теорию распространения электромагнитных волн

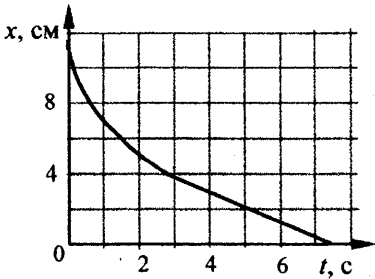
А	Б	В

344 (П, ВО). Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Была выдвинута гипотеза, что ширина спектра, получаемого на стоящем за призмой экране, зависит от угла падения пучка на грань призмы. Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие два опыта нужно провести для такого исследования?



345 (П, ВО). Шарик уронили в воду с некоторой высоты. На рисунке показан график изменения координаты шарика с течением времени. 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) после 3 с шарик двигался с постоянной скоростью

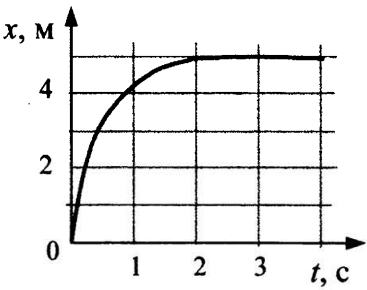


346 (Б, ВО). Ученик изучал в школьной лаборатории колебания нитяного маятника. Результаты измерений каких величин дадут ему возможность рассчитать период колебаний маятника?

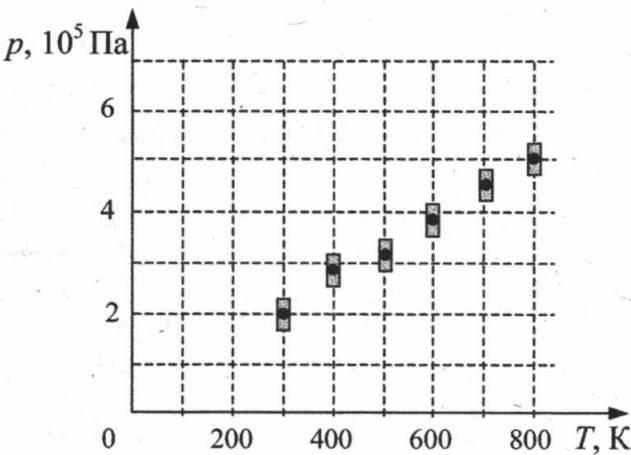
- 1) массы маятника m и знание табличного значения ускорения свободного падения g
- 2) длины нити маятника l и знание табличного значения ускорения свободного падения g
- 3) амплитуды колебаний маятника A и его массы m
- 4) амплитуды колебаний маятника A и знание табличного значения ускорения свободного падения g

347 (Б, ВО). 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) первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной
- 3) первые 2 с шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился
- 4) на шарик действовала все увеличивающаяся сила



348 (П, КО). На рисунке показаны результаты измерения давления постоянной массы разреженного газа при повышении его температуры. Погрешность измерения температуры $\Delta T = \pm 10\text{ К}$, давления $\Delta p = \pm 2 \cdot 10^4\text{ Па}$. Газ занимает сосуд объемом 5 л. Чему равно число молей газа?



Ответ округлить до десятых.

Ответ: _____ моль

349 (Б, С). 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

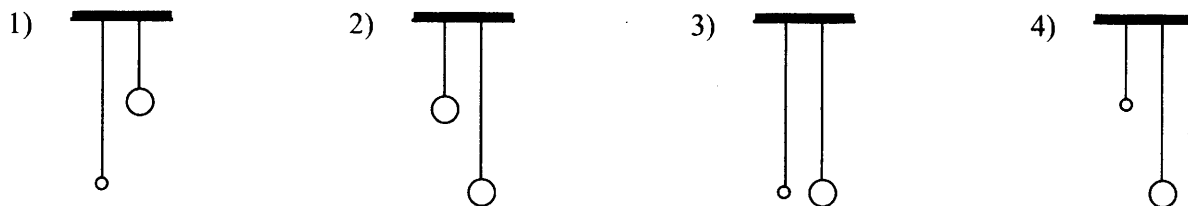
- А) экспериментальное открытие магнитного действия электрического тока
- Б) экспериментальное открытие явления электромагнитной индукции

ИМЕНА УЧЕНЫХ

- 1) М. Фарадей
- 2) Х.К. Эрстед
- 3) Г. Герц
- 4) Дж. Максвелл

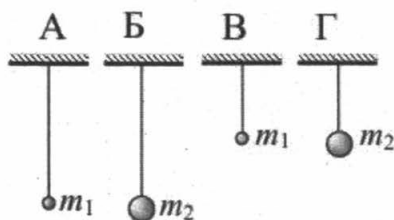
А	Б

350 (Б, ВО). Ученик изучает свойства математического маятника. Какую пару маятников (см. рисунок) он должен выбрать, чтобы на опыте обнаружить зависимость периода колебаний маятника от его длины? Шарики сплошные, из одинакового материала.



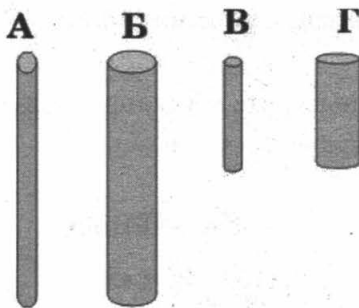
351 (П, ВО). Необходимо экспериментально установить, зависит ли период колебаний математического маятника от длины нити. Какую из указанных пар маятников можно использовать для этой цели?

- 1) А и Г
- 2) Б и В
- 3) Б и Г
- 4) В и Г



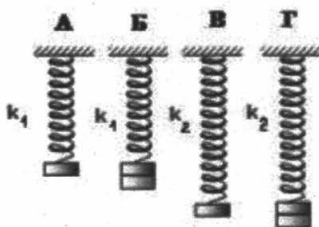
352 (П, ВО). Необходимо экспериментально обнаружить зависимость электрического сопротивления круглого угольного стержня от его длины. Какую из указанных пар стержней можно использовать для этой цели?

- 1) А и Б
- 2) А и В
- 3) В и Г
- 4) В и Б

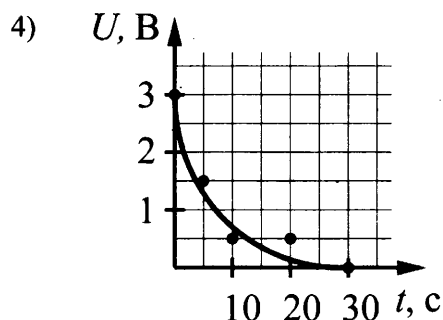
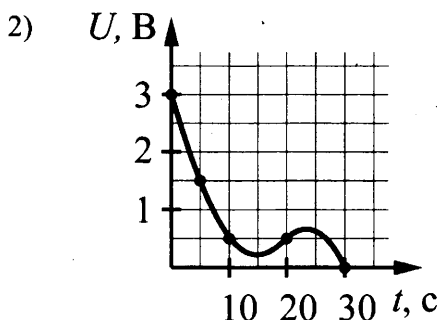
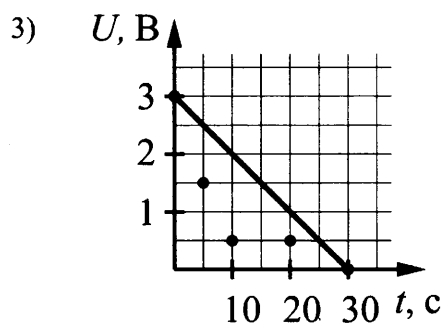
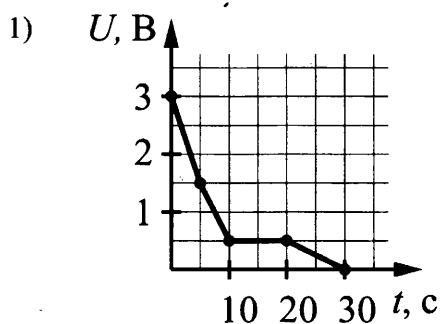


353 (П, ВО). Необходимо экспериментально установить, зависит ли период колебаний пружинного маятника от массы груза. Какую из указанных пар маятников можно использовать для этой цели?

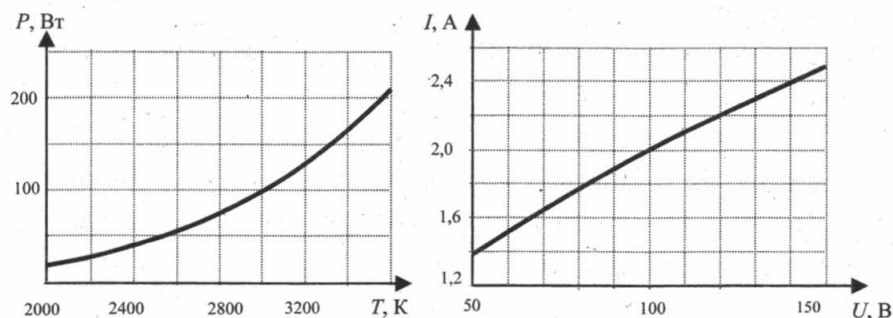
- 1) А и Г
- 2) Б и В
- 3) Б и Г
- 4) А и Б



354 (П, ВО). 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?



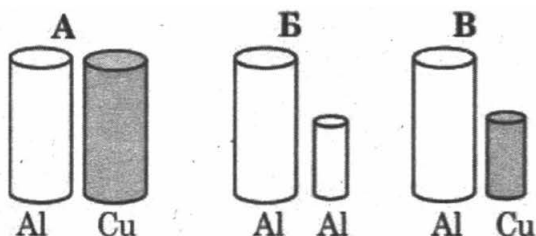
355 (Б, ВО). При нагревании спирали лампы накаливания протекающим по ней электрическим током основная часть подводимой энергии теряется в виде теплового излучения. На рисунке изображены графики зависимости мощности тепловых потерь лампы от температуры спирали $P = P(T)$ и силы тока от приложенного напряжения $I = I(U)$. При помощи этих графиков определите примерную температуру спирали лампы при силе тока $I = 2\text{ A}$.



- 1) 2600 К 2) 3600 К 3) 2000 К 4) 3200 К

356 (П, ВО). Необходимо экспериментально установить, зависит ли выталкивающая сила от объема погруженного в жидкость тела. Какой набор металлических цилиндров из алюминия и меди можно использовать для этой цели?

- 1) только А
2) только Б
3) А или Б
4) А или В

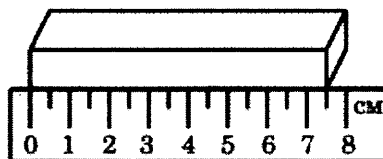


357. (Б, ВО) При определении плотности вещества ученик измерил массу образца на очень точных электронных весах: $m = 90,00$ г. Объём был измерен с использованием мерного цилиндра: $V = (30 \pm 1)$ см³. На основе этих измерений можно сказать, что плотность, скорее всего,

- 1) $\rho > 3,1$ г/см³
- 2) $\rho < 2,9$ г/см³
- 3) $2,9 \text{ г/см}^3 \leq \rho \leq 3,1 \text{ г/см}^3$
- 4) $\rho = 3,0$ г/см³

358 (Б, ВО). Длину бруска измеряют с помощью линейки. Запишите результат измерения, учитывая, что погрешность измерения равна половине цены деления.

- 1) 7,5 см
- 2) $(7,0 \pm 0,5)$ см
- 3) $(7,50 \pm 0,25)$ см
- 4) $(7,5 \pm 0,5)$ см



359 (П, ВО). 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

Проанализировав полученные значения, он высказал предположения:

А. Прямая пропорциональная зависимость между силой трения скольжения и силой нормального давления наблюдается для первых трех измерений.

Б. Прямая пропорциональная зависимость между силой трения скольжения и силой нормального давления наблюдается для последних трех измерений.

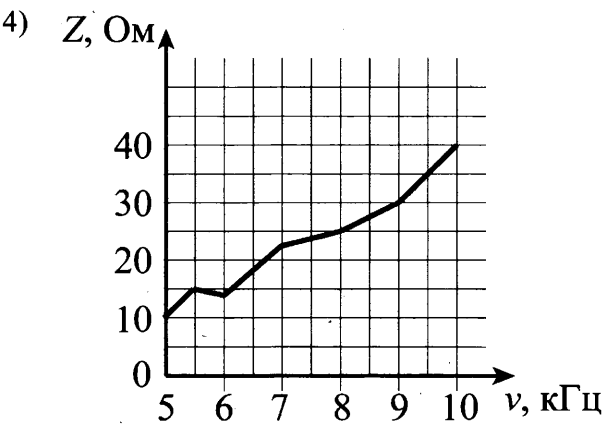
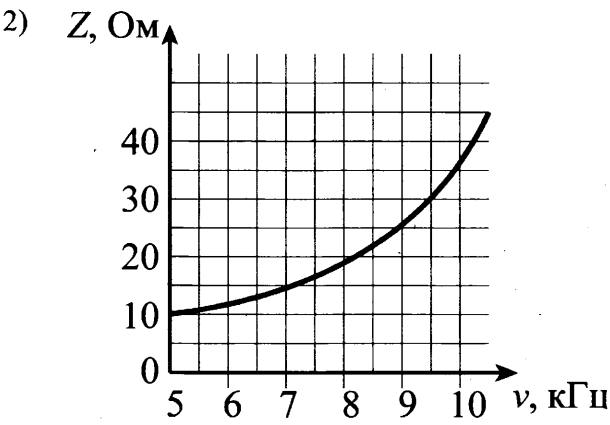
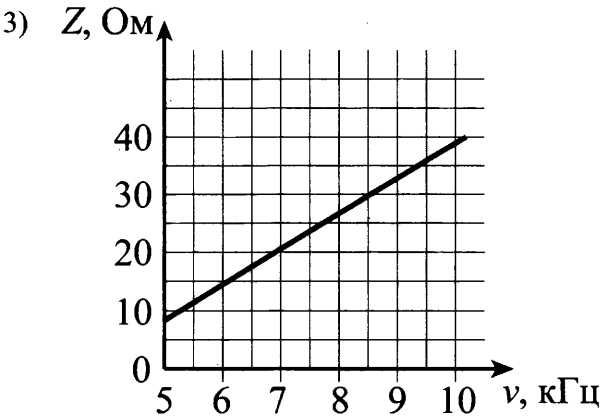
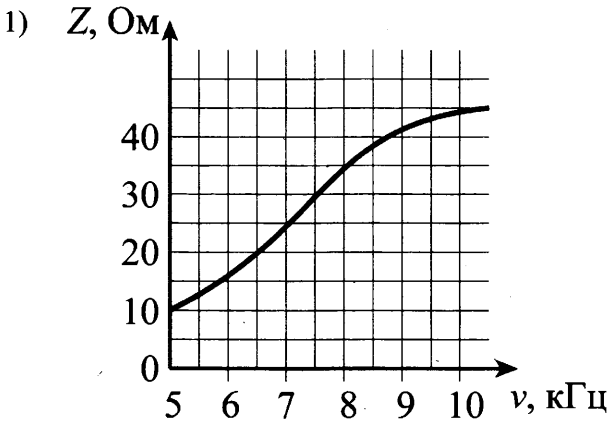
Какая(-ие) из высказанных учеником гипотез верна(-ы)?

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б

360 (П, ВО). 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.

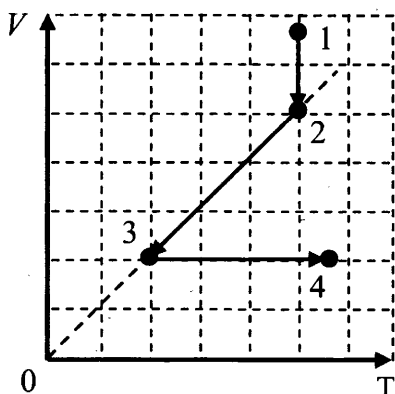
ν , кГц	5	5,5	6	7	8	9	10
Z , Ом	10	15	14	22	25	30	40

Какой из графиков построен правильно с учётом всех результатов измерений и их погрешностей?



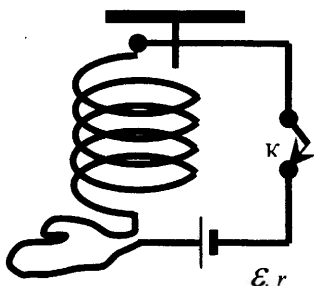
2. Задания, проверяющие умение дать развернутый ответ на качественный вопрос (задание № 28 в варианте ЕГЭ)

1



На V - T -диаграмме показано, как изменялись объём и температура некоторого постоянного количества разреженного газа при его переходе из начального состояния 1 в состояние 4. Как изменялось давление газа p на каждом из трёх участков 1–2, 2–3, 3–4: увеличивалось, уменьшалось или же оставалось неизменным? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.

2



Мягкая пружина из нескольких крупных витков провода подвешена к потолку. Верхний конец пружины подключается к источнику тока через ключ K , а нижний – с помощью достаточно длинного мягкого провода (см. рисунок). Как изменится длина пружины через достаточно большое время после замыкания ключа K ? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.

3

Тонкая линза L даёт чёткое действительное изображение предмета AB на экране \mathcal{E} (см. рис. 1). Что произойдёт с изображением предмета на экране, если верхнюю половину линзы закрыть куском чёрного картона K (см. рис. 2)? Постройте изображение предмета в обоих случаях. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения

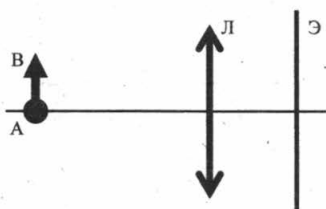


Рис. 1

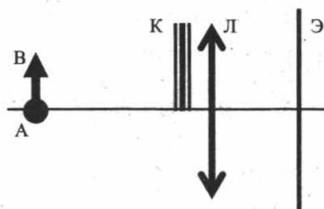


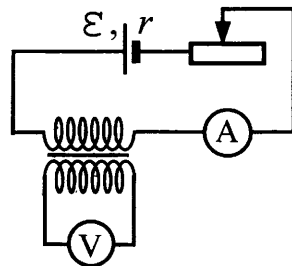
Рис. 2

4

В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают выдвигать из сосуда. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

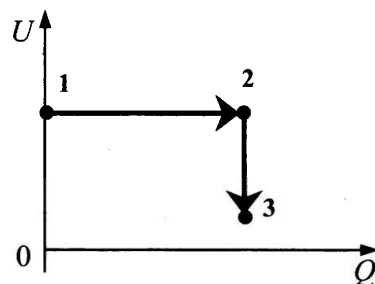
5

На рисунке приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата влево. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с \mathcal{E} .



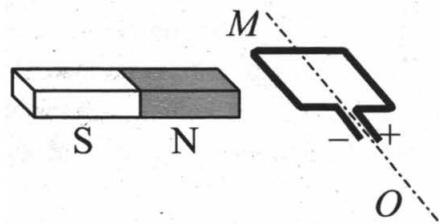
6

В цилиндре, закрытом подвижным поршнем, находится идеальный газ. На рисунке показана диаграмма, иллюстрирующая изменение внутренней энергии U газа и передаваемое ему количество теплоты Q . Опишите изменение объема газа при его переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Свой ответ обоснуйте, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



7

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



8

Три одинаковых сосуда, содержащих разреженный газ, соединены друг с другом трубками малого диаметра: первый сосуд – со вторым, второй – с третьим. Первоначально давление газа в сосудах было равно соответственно p , $3p$ и p . В ходе опыта сначала открыли и закрыли кран, соединяющий второй и третий сосуды, а затем открыли и закрыли кран, соединяющий первый сосуд со вторым. Как изменилось в итоге (уменьшилось, увеличилось или осталось неизменным) количество газа в первом сосуде? (Температура газа оставалась в течение всего опыта неизменной.)

9

В опыте, иллюстрирующем зависимость температуры кипения от давления воздуха (рис. 1), кипение воды под колоколом воздушного насоса происходит уже при комнатной температуре, если давление достаточно мало.

Используя график зависимости давления насыщенного пара от температуры (рис. 2), укажите, какое давление воздуха нужно создать под колоколом насоса, чтобы вода закипела при 40°C . Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

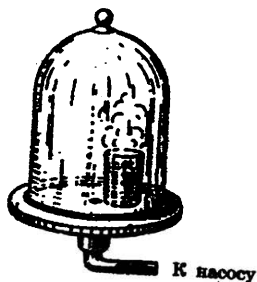


Рис. 1

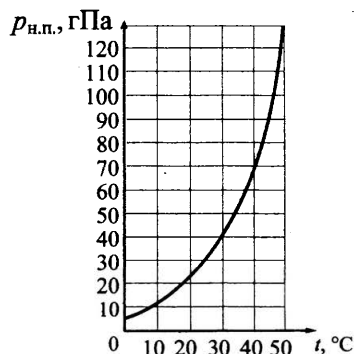
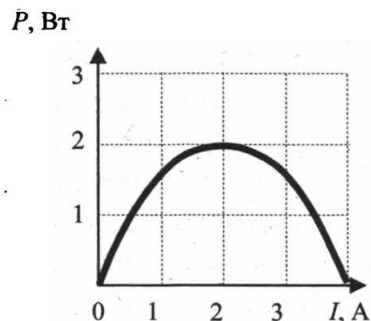


Рис. 2

10

Электрическая цепь состоит из батареи с ЭДС ε и внутренним сопротивлением $r = 0,5$ Ом и подключённого к ней резистора нагрузки с сопротивлением R . При изменении сопротивления нагрузки изменяется сила тока в цепи и мощность в нагрузке. На рисунке представлен график изменения мощности, выделяющейся на нагрузке, в зависимости от силы тока в цепи. Используя известные физические законы, объясните, почему данный график зависимости мощности от силы тока является параболой. Чему равно ЭДС батареи?



11

Намагниченный стальной стержень начинает свободное падение с нулевой начальной скоростью из положения, изображённого на рис. 1. Пролетая сквозь закреплённое проводочное кольцо, стержень создаёт в нём электрический ток, сила которого изменяется со временем так, как показано на рис. 2.

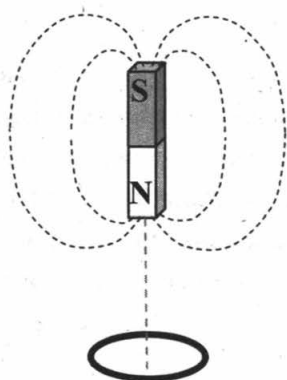


Рис. 1

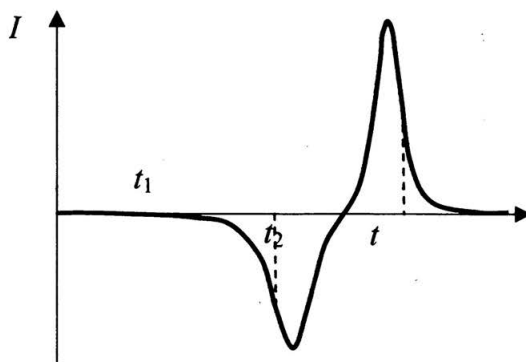
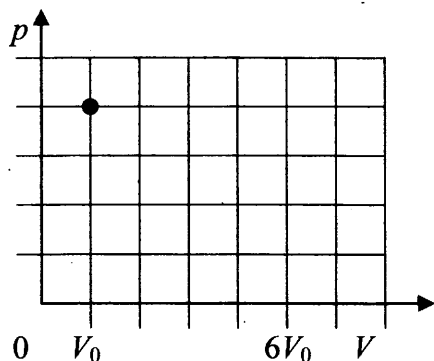


Рис. 2

Почему в моменты времени t_1 и t_2 ток в кольце имеет различные направления? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения. Влиянием тока в кольце на движение магнита пренебречь.

12

В цилиндре под поршнем при комнатной температуре t_0 долгое время находится только вода и её пар. Масса жидкости в два раза больше массы пара. Первоначальное состояние системы показано точкой на pV -



диаграмме. Медленно перемещая поршень, объём V под поршнем изотермически увеличивают от V_0 до $6V_0$.

Постройте график зависимости давления p в цилиндре от объёма V на отрезке от V_0 до $6V_0$. Укажите, какими закономерностями Вы при этом воспользовались.

13

Человек в очках вошел с улицы в теплую комнату и обнаружил, что его очки запотели. Какой должна быть температура на улице, чтобы наблюдалось это явление? В комнате температура воздуха 22°C , а относительная влажность воздуха 50%. Поясните, как вы получили ответ. (Для ответа на это вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды).

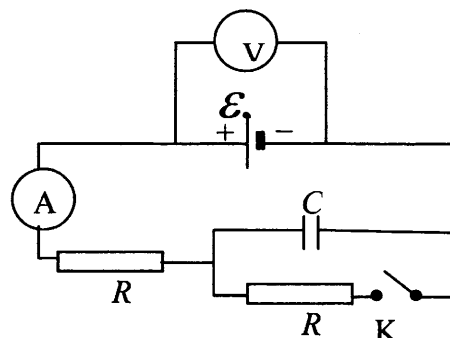
Давление насыщенных паров воды при различных температурах

$t, ^\circ\text{C}$	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

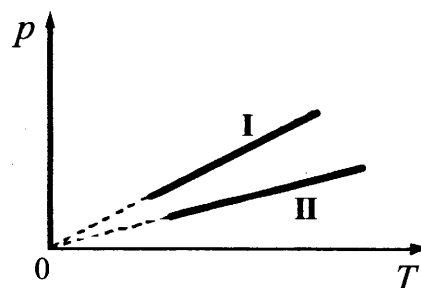
14

На рисунке показана электрическая цепь, содержащая источник тока (с внутренним сопротивлением), два резистора, конденсатор, ключ K , а также амперметр и идеальный вольтметр. Как изменятся показания амперметра и вольтметра в результате замыкания ключа K ? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



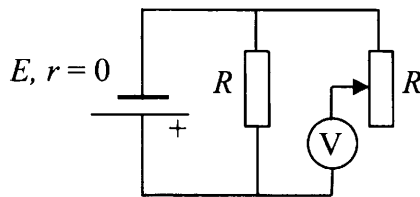
15

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



16

В схеме на рисунке сопротивление резистора и полное сопротивление реостата равны R , ЭДС батареи равна E , её внутреннее сопротивление ничтожно ($r = 0$). Как ведут себя (увеличиваются, уменьшаются, остаются постоянными) показания идеального вольтметра при перемещении движка реостата из крайнего верхнего в крайнее нижнее положение? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



17

К колебательному контуру подсоединили источник тока, на клеммах которого напряжение гармонически меняется с частотой ν .

Индуктивность L катушки колебательного контура можно плавно менять от максимального значения L_{\max} до минимального L_{\min} , а ёмкость его конденсатора постоянна.

Ученик постепенно уменьшал индуктивность катушки от максимального значения до минимального и обнаружил, что амплитуда силы тока в контуре всё время возрастала. Опираясь на свои знания по электродинамике, объясните наблюдения ученика.

18

В схеме на рисунке сопротивление резистора и полное сопротивление реостата равны R , ЭДС бака показано на рисунках а и б. Конденсаторы имеют одинаковую площадь пластин, но различаются расстоянием между пластинами. В некоторый момент времени ключи K в обеих схемах переводят из положения 1 в положение 2. Опираясь на законы электродинамики, объясните, в каком из приведённых опытов при переключении ключа лампа вспыхнет ярче. Сопротивлением соединяющих проводов пренебречь.

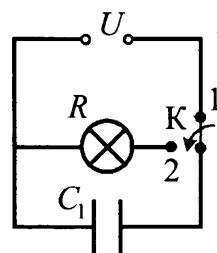


Рис. а

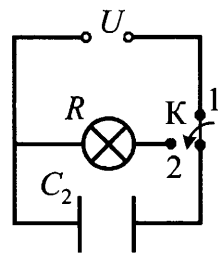


Рис. б

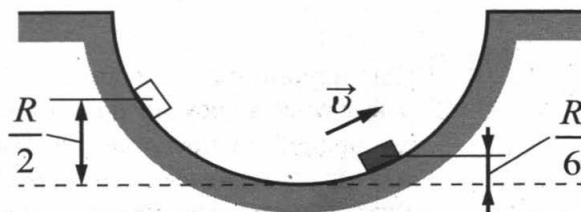
19

При изучении давления света проведены два опыта с одним и тем же лазером. В первом опыте свет лазера направляется на пластинку, покрытую сажой, 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.

20

Маленькая шайба движется из состояния покоя по неподвижной гладкой сферической поверхности радиусом R . Начальное положение шайбы находится на высоте $\frac{R}{2}$ относительно нижней точки поверхности.

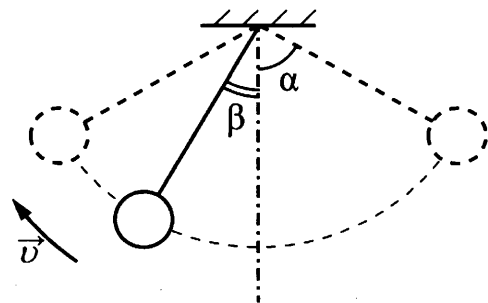


Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шайбу в момент, когда она движется вправо-вверх, находясь на высоте $\frac{R}{2}$ над нижней точкой поверхности (см. рисунок).

Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шайбы (по радиусу поверхности, по касательной к поверхности, внутрь поверхности, наружу от поверхности). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.

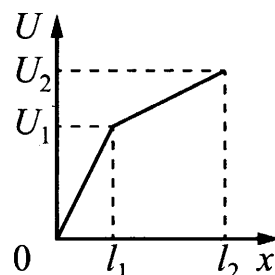
21

Маленький шарик, подвешенный к потолку на лёгкой нерастяжимой нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальное отклонение нити от вертикали составляет угол $\alpha = 60^\circ$. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда шарик движется влево-вверх, а нить образует угол $\beta = 30^\circ$ с вертикалью (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шарика (по нити, перпендикулярно нити, внутрь траектории, наружу от траектории). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.



22

Нихромовый проводник длиной $l = l_2$ включён в цепь постоянного тока. К нему подключают вольтметр таким образом, что одна из клемм вольтметра всё время подключена к началу проводника, а вторая может перемещаться вдоль проводника. На рисунке приведена зависимость показаний вольтметра U от расстояния x до начала проводника. Как зависит от x площадь поперечного сечения проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали.

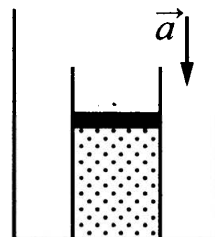


23

Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещён 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.

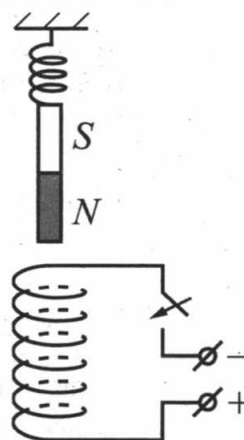
24

На полу неподвижного лифта стоит теплоизолированный сосуд, открытый сверху. В сосуде под тяжёлым подвижным поршнем находится одноатомный идеальный газ. Поршень находится в равновесии. Лифт начинает равноускоренно опускаться вниз. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, объясните, куда сдвинется поршень относительно сосуда после начала движения лифта и как при этом изменится температура газа в сосуде. Трением между поршнем и стенками сосуда, а также утечкой газа из сосуда пренебречь.



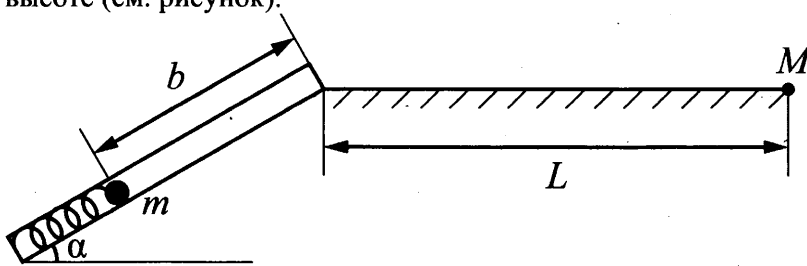
25

Непосредственно над неподвижно закреплённой проволоочной катушкой вдоль её оси на пружине подвешен полосовой магнит (см. рисунок). Куда начнёт двигаться магнит сразу после замыкания ключа? Ответ поясните, указав, какие физические явления и законы Вы использовали для объяснения.



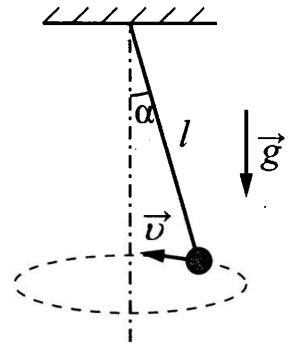
3. Задания, проверяющие умение дать развернутое решение расчетной задачи (задания № 29-32 в варианте ЕГЭ)

- 1 Пружинное ружьё наклонено под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Энергия сжатой пружины равна 0,41 Дж. При выстреле шарик массой $m = 50$ г проходит по стволу ружья расстояние b , вылетает и падает на расстоянии $L = 1$ м от дула ружья в точку M , находящуюся с ним на одной высоте (см. рисунок).

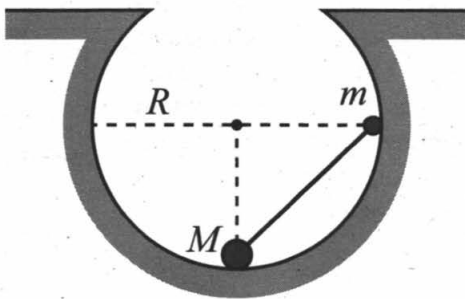


Найдите расстояние b . Трением в стволе и сопротивлением воздуха пренебречь.

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



- 3 Небольшие шарики, массы которых $m = 30$ г и $M = 60$ г, соединены лёгким стержнем и помещены в гладкую сферическую выемку. В начальный момент шарики удерживаются в положении, изображённом на рисунке.



Когда их отпустили без толчка, шарики стали скользить по поверхности выемки. Максимальная высота подъёма шарика массой M относительно нижней точки выемки оказалась равной 12 см. Каков радиус выемки R ?

- 4 В камере, заполненной азотом, при температуре $T_0 = 300$ К находится открытый цилиндрический сосуд (см. рис. 1). Высота сосуда $L = 50$ см. Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры T_1 . В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится равным $h = 40$ см (см. рис. 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры T_0 . Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится равным $H = 46$ см (см. рис. 3). Чему равно T_1 ? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движении пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.

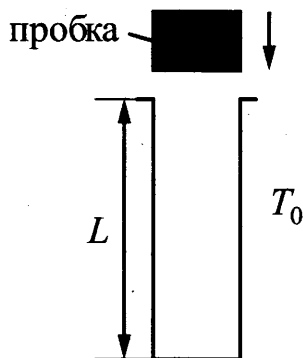


Рис. 1

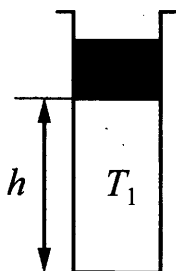


Рис. 2

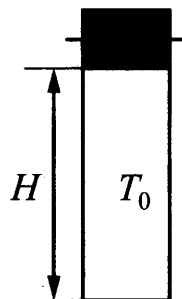
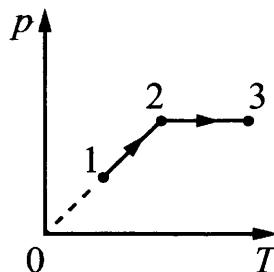


Рис. 3

5

Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3, график которого показан на рисунке в координатах p – T . Известно, что давление газа p в процессе 1–2 увеличилось в 2 раза. Какое количество теплоты было сообщено газу в процессе 1–2–3, если его температура T в состоянии 1 равна 300 К, а в состоянии 3 равна 900 К?

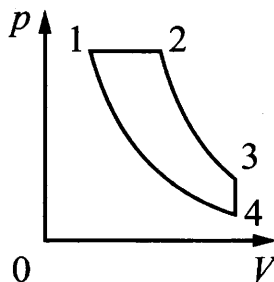


6

Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является один моль идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на ΔT , а работа, совершённая газом в изотермическом процессе, равна A . Определите КПД тепловой машины.

7

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

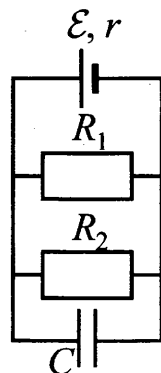


8

В сосуде под поршнем находился воздух с относительной влажностью $\phi = 40\%$. Объём воздуха изотермически уменьшили в 5 раз. Какая часть α водяных паров сконденсировалась после сжатия?

9

Источник постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E} = 10$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,4$ Ом подсоединён к параллельно соединённым резисторам $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 6$ Ом и конденсатору. Определите ёмкость конденсатора C , если энергия электрического поля конденсатора равна $W = 60$ мкДж.

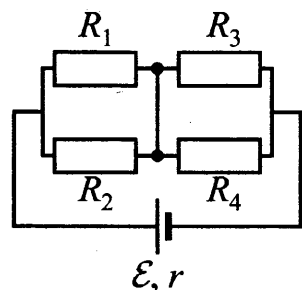


10

По однородному цилиндрическому алюминиевому проводнику сечением $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ пропустили ток 10 А. Определите изменение его температуры за 15 с. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление алюминия $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.)

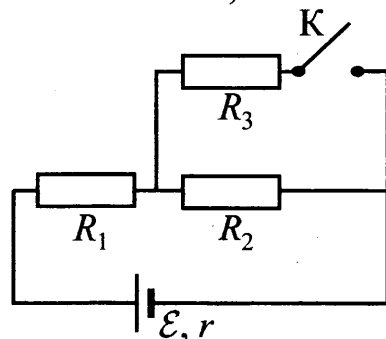
11

Какая тепловая мощность будет выделяться на резисторе R_1 в схеме, изображённой на рисунке, если резистор R_2 перегорит (превратится в разрыв цепи)? Все резисторы, включённые в схему, имеют одинаковое сопротивление $R = 20$ Ом. Внутреннее сопротивление источника 2 Ом; его ЭДС $\mathcal{E} = 110$ В.



12

Во сколько раз увеличится мощность, выделяемая на резисторе R_1 , при замыкании ключа K (см. рисунок), если $R_1 = R_2 = R_3 = 1$ Ом, $r = 0,5$ Ом?

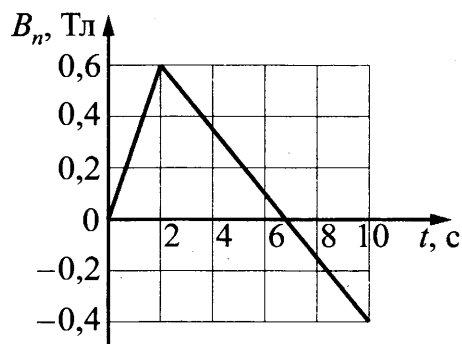


13

Точечный отрицательный заряд $q = -1,5 \cdot 10^{-12}$ Кл движется в однородном электрическом и магнитном полях. Напряжённость электрического поля $E = 1200$ В/м; индукция магнитного поля $B = 0,03$ Тл. В некоторый момент времени скорость заряда равна по величине $v = 10$ м/с и 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 $\alpha = 45^\circ$. Найдите величину результирующей силы, действующей на заряд со стороны электромагнитного поля в этот момент времени

14

Квадратная проволочная рамка со стороной $l = 10$ см находится в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} . На рисунке изображено изменение проекции вектора \vec{B} на перпендикуляр к плоскости рамки с течением времени. За время $t = 10$ с в рамке выделяется количество теплоты $Q = 0,1$ мДж. Каково сопротивление проволоки, из которой сделана рамка?



15

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

16

Колебательный контур радиоприёмника настроен на длину волны $\lambda = 500$ м. Индуктивность катушки контура $L = 3$ мкГн. В контуре используется плоский воздушный конденсатор, расстояние между пластинами которого $d = 1$ мм. Максимальная напряжённость электрического поля конденсатора в ходе колебаний $E_{\max} = 3$ В/м. Каков максимальный ток в катушке индуктивности?

17

Мощность излучения лазерной указки с длиной волны $\lambda = 600$ нм равна $P = 2$ мВт. Определите число фотонов, излучаемых указкой за 1 с.

18

Излучением лазера с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7}$ м за время $1,25 \cdot 10^4$ с был расплавлен лёд массой 1 кг, взятый при температуре 0°C , и полученная вода была нагрета на 100°C . Сколько фотонов излучает лазер за 1 с? Считать, что 50% излучения поглощается веществом.

19

Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}$,

$n = 1, 2, 3, \dots$. При переходе с верхнего уровня энергии на нижний атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с $n = 1$ образуют серию Лаймана; на уровень с $n = 2$ – серию Бальмера; на уровень с $n = 3$ – серию Пашена и т.д. Найдите отношение β минимальной частоты фотона в серии Бальмера к максимальной частоте фотона в серии Пашена.

20

В открытый контейнер поместили 1,5 г изотопа полония-210 $^{210}_{84}\text{Po}$. Затем контейнер герметично закрыли. Изотоп полония радиоактивен и претерпевает альфа-распад с периодом полураспада примерно 140 дней, превращаясь в стабильный изотоп свинца. Через 5 недель давление внутри контейнера составило $1,4 \cdot 10^5$ Па. Определите объём контейнера. Температура внутри контейнера поддерживается постоянной и равна 45°C . Атмосферное давление равно 10^5 Па.

21

Определите коэффициент полезного действия атомной электростанции, расходующей за неделю уран-235 $^{235}_{92}\text{U}$ массой 1,4 кг, если её мощность равна 38 МВт. При делении одного ядра урана-235 выделяется энергия 200 МэВ.

Раздел III. ОТВЕТЫ К ТРЕНИРОВОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ-2015

1. Ответы на тренировочные задания типа № 1–27

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	1	26	3	51	15	76	4
2	4	27	1	52	0,15	77	4
3	6	28	4	53	2	78	5
4	3	29	280	54	332	79	3
5	35	30	10	55	4	80	4
6	13	31	1	56	3	81	1
7	4	32	2	57	223	82	2
8	10	33	1	58	3	83	123
9	23	34	4	59	313	84	123
10	3	35	14	60	233	85	3
11	323	36	4	61	3	86	2
12	500	37	16	62	121	87	4
13	9,2	38	3400	63	1	88	2
14	12,5	39	3	64	2	89	4
15	13	40	2	65	121	90	2
16	1	41	2	66	211	91	2
17	1	42	4	67	1	92	2500
18	131	43	14	68	323	93	4
19	2	44	3	69	2	94	3
20	4	45	82500	70	212	95	4
21	3	46	2	71	1	96	1
22	3	47	1	72	41	97	2
23	1	48	2	73	4	98	1
24	3	49	3	74	2	99	0
25	121	50	1	75	332	100	13

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
101	4	126	43	151	3	176	0,8
102	3	127	1	152	321	177	3
103	132	128	31	153	4	178	132
104	2	129	3	154	4	179	1
105	1	130	3	155	2	180	4
106	14	131	4	156	4	181	80
107	14	132	1	157	2	182	4
108	321	133	3	158	3	183	1
109	42	134	2	159	21	184	3
110	50 000	135	2	160	1	185	1
111	2,5	136	2	161	2	186	14
112	4	137	4	162	8	187	4
113	90	138	1	163	5	188	8
114	3	139	4	164	4	189	41
115	4	140	4	165	24	190	2
116	4	141	223	166	31	191	4
117	2	142	3	167	3	192	10
118	232	143	21	168	4	193	9
119	12	144	3	169	3	194	4
120	2	145	3	170	2	195	1
121	1	146	4	171	4	196	3
122	25	147	3	172	1	197	121
123	212	148	0,5	173	41	198	2
124	100	149	2	174	4	199	8
125	1	150	2	175	4	200	1

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
201	3	226	311	251	4	276	4
202	4	227	3	252	4	277	3
203	2	228	1,5	253	2	278	4
204	3	229	4	254	1	279	2
205	3	230	70	255	3	280	4
206	4	231	32	256	2	281	3
207	3	232	3	257	1	282	3
208	131	233	17	258	1	283	4
209	3	234	1	259	31	284	3
210	1	235	1,5	260	3	285	3
211	2	236	12	261	3	286	0,4
212	1	237	7,5	262	2	287	4
213	32	238	3	263	3	288	1
214	1	239	3	264	1	289	1
215	4	240	3	265	311	290	3
216	3	241	0,14	266	34	291	1,6
217	4	242	12	267	2	292	3
218	1	243	20	268	3	293	31
219	4	244	4	269	2	294	1
220	3	245	4	270	1	295	3
221	1	246	21	271	1	296	3
222	3	247	12	272	3	297	2
223	3	248	2	273	3	298	3
224	4	249	1	274	2	299	1
225	1	250	3	275	1	300	211

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
301	4	326	2	351	3
302	1	327	2	352	2
303	2	328	3	353	4
304	4	329	2	354	4
305	2	330	3	355	2
306	2	331	3	356	2
307	4	332	1	357	3
308	3	333	2	358	3
309	3	334	4	359	1
310	3	335	1	360	3
311	31	336	4		
312	12	337	21		
313	2	338	4		
314	60	339	43		
315	4	340	3		
316	4	341	1		
317	3	342	111		
318	13	343	231		
319	1	344	1		
320	2	345	4		
321	3	346	2		
322	3	347	3		
323	1	348	0,4		
324	13	349	21		
325	1	350	2		

2. Возможные решения тренировочных заданий типа № 28

1.

На участке 1–2 процесс изотермический. Поэтому согласно уравнению состояния газа ($\frac{pV}{T} = \nu R = const$) $pV = const$, и при уменьшении объёма давление увеличивается. На участке 2–3 процесс изобарный; значит, давление остаётся неизменным. На участке 3–4 процесс изохорного нагревания, поскольку из уравнения состояния, для $V = const$ получаем $\frac{p}{T} = const$, то при увеличении температуры давление также должно увеличиваться. Таким образом, давление газа на участке 1–2 увеличилось, на участке 2–3 не изменялось, на участке 3–4 увеличивалось.

2.

До замыкания ключа пружина находится в состоянии равновесия, в котором упругие силы, действующие на каждый виток пружины со стороны соседних витков, уравнивают силу тяжести, действующую на виток.

При замыкании ключа К по цепи пойдет ток. В соседних витках пружины токи потекут сонаправлено. Проводники с сонаправленными токами притягиваются друг к другу. В результате будет достигнуто новое состояние равновесия (пружина станет короче), в котором упругие силы, действующие на каждый виток пружины со стороны соседних витков, будут уравнивать силу тяжести и силу Ампера, действующие на виток.

Таким образом, пружина сожмется, её длина уменьшится.

3.

Изображением точки в тонкой линзе служит точка. В данной задаче это значит, что все лучи от любой точки предмета, давая действительное изображение, пересекаются за линзой в одной точке.

Пока картон не мешает, построим изображение в линзе предмета АВ, используя лучи, исходящие из точки В (см. рисунок 1). Проведя луч 1 через центр линзы, находим точку В' – изображение точки В. Проводим луч 2, попутно находя задний фокус линзы. Затем проводим лучи 3 и 4.

Кусок картона К перехватывает лучи 1 и 2, но никак не влияет на ход лучей 3 и 4 (см. рисунок 2). Благодаря этим и аналогичным им лучам изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы, но становится темнее, т.к. часть лучей (например, лучи 1 и 2) больше не участвуют в построении изображения.

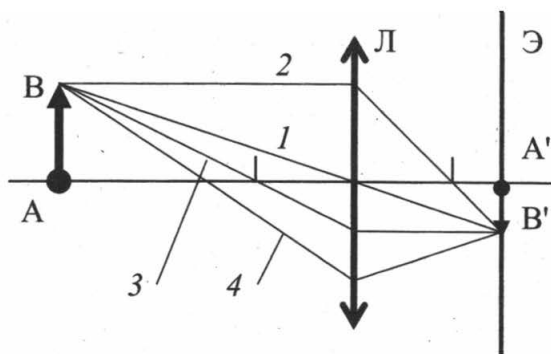


Рис. 1

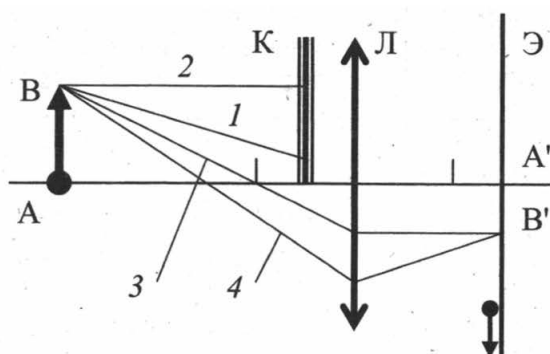


Рис. 2

4.

Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным.

При выдвигании поршня происходит изотермическое расширение пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить испарение жидкости. Значит, масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.

Ответ: масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.

5.

Во время перемещения движка влево реостата показания амперметра будут плавно увеличиваться, а вольтметр будет регистрировать напряжение на концах вторичной обмотки. Примечание: Для полного ответа не требуется объяснения показаний приборов в крайнем левом положении. (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).

При перемещении ползунка влево сопротивление цепи уменьшается, а сила тока увеличивается в соответствии с законом Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$, где R – сопротивление внешней цепи.

Изменение тока, текущего по первичной обмотке трансформатора, вызывает изменение индукции магнитного поля, создаваемого этой обмоткой. Это приводит к изменению магнитного потока через вторичную обмотку трансформатора.

В соответствии с законом индукции Фарадея возникает ЭДС индукции $\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ во вторичной обмотке, а следовательно, напряжение U на ее концах, регистрируемое вольтметром.

6.

В процессе $1 \rightarrow 2$ газ получает некоторое количество теплоты, но его внутренняя энергия не меняется. Следовательно, согласно первому началу термодинамики, газ отдает получаемую энергию, совершая работу, т.е. в данном процессе его объем увеличивается.

В процессе $2 \rightarrow 3$ теплообмена газа с внешней средой нет, но его внутренняя энергия уменьшается. Следовательно, и этот процесс связан с расширением газа, поскольку он совершает работу.

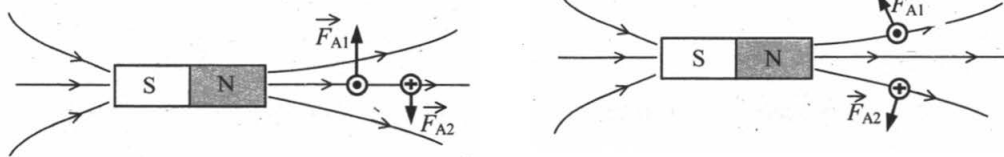
Ответ: переход газа из состояния 1 в состояние 3 все время сопровождается увеличением его объема.

7.

Рассмотрим сечение рамки плоскостью рисунка в условии задачи.

В исходном положении в левом звене рамки ток направлен к нам, а в правом – от нас.

Ответ: Рамка повернется по часовой стрелке и встанет перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» окажется внизу.



На левое звено рамки действует сила Ампера \vec{F}_{A1} , направленная вверх, а на правое звено – сила Ампера \vec{F}_{A2} , направленная вниз. Эти силы разворачивают рамку на неподвижной оси MO по часовой стрелке (см. рисунок).

Рамка устанавливается перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» оказывается внизу. При этом силы Ампера \vec{F}_{A1} и \vec{F}_{A2} обеспечивают равновесие рамки на оси MO (см. рисунок).

Ответ: Рамка повернется по часовой стрелке и встанет перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» окажется внизу.

8.

В соответствии с законами Дальтона и Бойля–Мариотта (применёнными к парциальным давлениям газов во втором и третьем сосудах), суммарное давление этих газов после закрывания второго крана равно $3p/2 + p/2 = 2p$.

Аналогично этому давление в первом и втором сосудах после закрывания первого крана равно $p/2 + 2p/2 = 1,5p$. Это означает, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева, что количество газа в первом сосуде в итоге увеличилось.

В итоге количество газа в первом сосуде увеличилось

9.

Кипением называется парообразование, которое происходит не только с поверхности жидкости, граничащей с воздухом, но и с поверхности пузырьков насыщенного пара, образующихся в толще жидкости, что резко увеличивает количество испарившейся жидкости. Всплывающие пузырьки вызывают интенсивное перемешивание жидкости.

Образование пузырьков пара в жидкости возможно только в том случае, когда давление этого пара p равно давлению столба жидкости: $p = p_{\text{атм}} + pgh$. В сосуде $pgh \ll p_{\text{атм}}$, 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.

10.

Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, имеющем сопротивление R , определяется законом Джоуля–Ленца

$$P = UI,$$

где I – сила тока в цепи, а U – напряжение на резисторе.

Сила тока определяется законом Ома для полной цепи $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$, а напряжение на резисторе – законом Ома для участка цепи $U = IR$.

На графике мощность в нагрузке зависит от силы тока I , поэтому сопротивление нагрузки $R = R(I) = \frac{\varepsilon}{I} - r$ и напряжение на резисторе $U(I) = IR = \varepsilon - Ir$ необходимо рассматривать как величины, зависящие от силы тока I и параметров батареи ε и r , которые не меняются. Мощность в нагрузке

$$P(I) = U(I)I = I(\varepsilon - Ir) \quad (1)$$

– квадратичная функция силы тока.

График этой функции – парабола, проходящая через точки $I_1 = 0$, $I_2 = I_{\text{max}} = \varepsilon / r$. Следовательно, $\varepsilon = 2 \text{ В}$.

11.

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 поля \vec{B} практически не пересекают проводник. По мере приближения к кольцу поле растёт, и его линии начинают пересекать проводник, вызывая ЭДС индукции. Скорость магнита также растёт с течением времени, поэтому ЭДС быстро возрастает по мере приближения северного полюса магнита к плоскости кольца, поскольку густота линий увеличивается, т.е. растёт магнитный поток Φ , что приводит к росту модуля ЭДС (согласно за-

кона индукции Фарадея $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$) и модуля силы тока (согласно закону Ома для замкнутой цепи

$I = \frac{\varepsilon}{R}$) ЭДС пропорциональна скорости изменения магнитного потока Φ и тем выше, чем больше

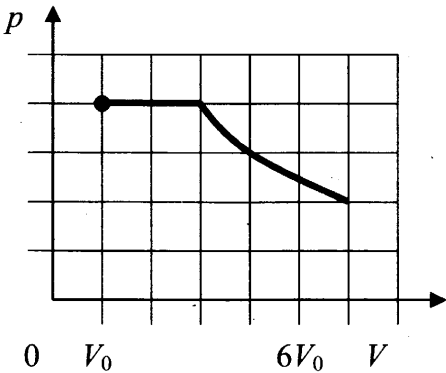
скорость движения магнита.

В тот момент, когда через плоскость кольца проходит середина магнита, линии поля перпендикулярны плоскости. Проводник в этот момент «скользит» по линиям поля, не пересекая их. 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, то 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, возникает индукционный ток, направленный в противоположную сторону, увеличивающийся по мере приближения южного полюса к плоскости кольца. Поскольку скорость магнита теперь гораздо больше, чем при прохождении северного полюса, 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.

12.

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.

13.

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.

14.

До замыкания ключа амперметр и вольтметр показывают, соответственно, нулевой ток и ЭДС источника.

Замыкание ключа вызовет появление тока в цепи, поэтому показания вольтметра уменьшатся на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника. По закону Ома для полной цепи $U = \mathcal{E} - Ir$.

Таким образом, показания амперметра станут отличными от нуля, а показания вольтметра уменьшатся.

15. Количество вещества в первой порции газа больше, чем во второй.

Для описания изохорного нагревания идеального газа используем уравнение Менделеева – Клапейрона: $p = \nu RT/V$, где ν – число молей газа. Отсюда следует, что при одинаковых температуре и объёме $p_1/p_2 = \nu_1/\nu_2$. Как следует из рисунка, $p_1 > p_2$ (при одинаковых температуре и объёме). Поэтому $\nu_1 > \nu_2$.

16. Показания идеального вольтметра при перемещении движка реостата остаются неизменными.

Сопротивление идеального вольтметра считается бесконечно большим. (Иными словами, идеальный вольтметр рассматривается как разрыв электрической цепи.) 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 .

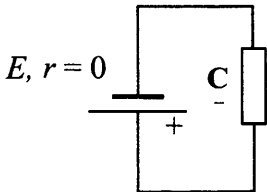
Эквивалентная схема для расчёта напряжения на резисторе R представлена справа. Здесь учтено, что идеальный вольтметр рассматривается как разрыв электрической цепи.

Ток через резистор R определяется законом Ома для полной цепи:

$$I = \frac{E}{r + R}, \text{ а напряжение на резисторе – законом Ома для участка цепи:}$$

$$U_R = IR. \text{ Учитывая, что } r = 0, \text{ получаем: } I = \frac{E}{R}, U_R = E.$$

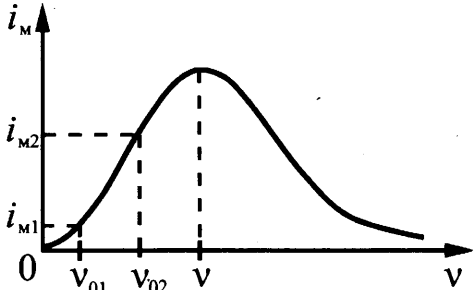
Таким образом, при любом положении движка реостата показания вольтметра равны ЭДС источника E



17. В описанном опыте колебания в контуре являются вынужденными, они совершаются с частотой ν , 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 $\nu > \nu_{01}$



18.

Конденсатор, подключённый к источнику постоянного напряжения, будет заряжаться. В результате этого он накапливает энергию $W = \frac{CU^2}{2}$. Электроёмкость плоского воздушного конденсатора определяется формулой $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$. У конденсатора на рис. б расстояние между пластинами d больше, чем

у конденсатора на рис. а, следовательно, его электроёмкость меньше: $C_2 < C_1$, а значит, и энергия, накопленная в нём, будет меньше: $W_2 < W_1$. При переводе ключей из положения 1 в положение 2 конденсаторы отключают от источников и соединяют с лампами, в результате чего через лампы кратковременно будет протекать электрический ток. Энергия электрического поля, накопленная конденсатором, выделится в лампе в виде световой энергии, что приведёт к кратковременной вспышке лампы. Энергия, накопленная конденсатором C_1 , больше, следовательно, при переключении ключа лампа в схеме на рис. а вспыхнет ярче.

Лампа в схеме на рис. а вспыхнет ярче

19.

Сила давления света во втором опыте больше, чем в первом.

В обоих опытах 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 $p_\phi = \frac{h\nu}{c}$, поэтому пластинка получает импульс, равный сумме импульсов поглощённых фотонов:

$$p_\Sigma = N p_\phi = N \frac{h\nu}{c}.$$

В результате поглощения света пластинкой, покрытой сажой, 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:

$$F_1 = \frac{p_\Sigma}{t} = \frac{N}{t} \frac{h\nu}{c}.$$

В результате отражения света от зеркальной пластины отражённый квант имеет импульс, противоположный по знаку импульсу кванта падающей волны: $p'_\phi = -p_\phi$, поэтому отражённая волна имеет импульс $p'_\Sigma = -N' p'_\phi = -N' \frac{h\nu}{c}$. В итоге за время t импульс волны под действием зеркальной пластины изменился. Это изменение

$$\Delta p_\Sigma = (-p'_\Sigma) - p_\Sigma = -(N + N') p_\phi.$$

Импульс системы световая волна + зеркальная пластинка сохраняется: $\Delta(p_\Sigma + p_{\text{пл}}) = 0$, поэтому $\Delta p_{\text{пл}} = -\Delta p_\Sigma$. Но изменение импульса тела в инерциальной системе отсчёта происходит только под действием других тел или полей и характеризуется силой

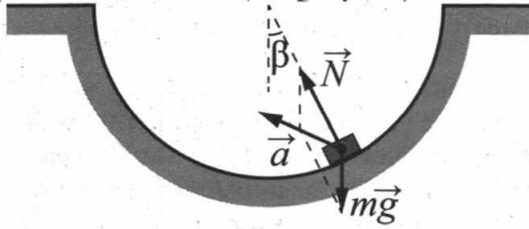
$$F_2 = \frac{p_{\text{пл}}}{t} = \frac{N + N'}{t} \frac{h\nu}{c}.$$

Для хорошего зеркала $N \approx N'$, поэтому $F_2 \approx 2F_1$.

Сравнивая выражения для силы F_1 , действующей на пластинку, покрытую сажой, и силы F_2 , действующей на зеркало, приходим к выводу, что $F_1 < F_2$

20.

К шайбе приложены сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз, и сила реакции поверхности \vec{N} , направленная по радиусу вверх. Ускорение шайбы \vec{a} направлено внутрь траектории левее направления силы \vec{N} (см. рисунок).



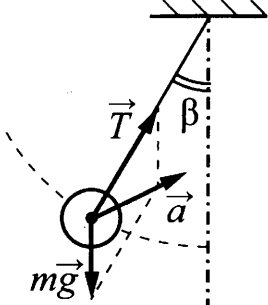
В промежуточной точке скорость шайбы $\vec{v} \neq 0$, поэтому у шайбы есть центростремительное ускорение $\vec{a}_{\text{цс}} \neq 0$, направленное к центру окружности, по которой движется шайба.

Проекция ускорения шайбы на касательную к окружности равна по модулю $g \sin \beta$. Поэтому у шайбы есть касательная составляющая ускорения $\vec{a}_{\text{т}} \neq 0$, направленная в сторону нижней точки сферы.

Ускорение шарика $\vec{a} = \vec{a}_{\text{цс}} + \vec{a}_{\text{т}}$ направлено внутрь сферической поверхности левее направления силы \vec{N}

21.

К шарiku приложены сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз, и сила натяжения нити \vec{T} , направленная по нити вверх. Ускорение шарика \vec{a} направлено внутрь траектории правее направления силы \vec{T} (см. рисунок).



В промежуточной точке скорость шарика $\vec{v} \neq 0$, поэтому у шарика есть центростремительное ускорение $\vec{a}_{\text{цс}} \neq 0$, направленное к центру окружности, по которой движется шарик.

Проекция ускорения шарика на касательную к окружности равна по модулю $g \sin \beta$. Поэтому у шарика есть касательная составляющая ускорения $\vec{a}_{\text{т}} \neq 0$, направленная в сторону положения равновесия.

Ускорение шарика $\vec{a} = \vec{a}_{\text{цс}} + \vec{a}_{\text{т}}$ направлено внутрь траектории правее направления силы \vec{T} .

22.

По проводнику течёт постоянный ток, поэтому по закону Ома для участка цепи $U = IR$.

Сопротивление любой части проводника R определяется соотношением $R = \rho \frac{x}{S}$, 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.

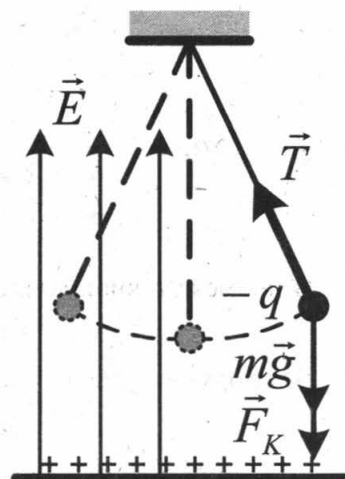
При $l_1 < x < l_2$ напряжение также линейно зависит от длины участка; значит, площадь поперечного сечения проводника на этом участке тоже постоянна. Однако показания вольтметра на этом участке проводника увеличиваются медленнее, чем на первом, поэтому площадь поперечного сечения проводника на втором участке больше, чем на первом

23.

Колеблющийся шарик на нити можно считать математическим маятником. Первоначально, когда шарик не заряжен, электрическое поле пластины не оказывает влияния на колебательное движение, колебания происходят только за счёт периодически изменяющейся касательной составляющей силы тяжести. Поэтому частота свободных колебаний зависит только от длины нити l и ускорения свободного падения g

$$(v_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}).$$

Протяжённая равномерно заряженная пластина создаёт однородное электрическое поле \vec{E} . Если шарiku сообщить отрицательный заряд, то со стороны электрического поля пластины на него начнёт действовать постоянная сила Кулона, равная по величине $F_K = Eq$ и направленная вертикально вниз (см. рисунок).



В этом случае равнодействующая сил тяжести и Кулона, которая будет определять частоту свободных колебаний маятника, сообщит шарiku ускорение $a = g + F_K / m = g + Eq / m$, которое больше ускорения свободного падения ($a > g$). Возвращающая сила, действующая на шарик, увеличится, шарик быстрее будет возвращаться к положению равновесия, а значит, частота свободных колебаний маятника увеличится ($v_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{l}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g + Eq / m}{l}}$, т.е. $v_2 > v_1$)

24.

Поршень сдвинется вверх. Температура газа в сосуде понизится.

Пусть масса поршня M , а площадь его основания S . Атмосферное давление над поршнем равно $p_{\text{атм}}$, первоначальное давление газа в сосуде равно p_1 . Поскольку поршень первоначально находится

в равновесии, $p_1 = p_{\text{атм}} + \frac{Mg}{S}$.

При движении лифта с ускорением \vec{a} , направленным вниз, поршень сдвинется и займёт относительно сосуда новое положение равновесия, в котором давление газа в сосуде станет равным

$$p_2 = p_{\text{атм}} + \frac{M(g - a)}{S} < p_1. \text{ Поскольку сосуд теплоизолирован и изменения числа частиц нет, уменьшение давления возможно только за счёт расширения газа. При этом газ совершает работу } A > 0.$$

Поскольку сосуд теплоизолированный, газ, находящийся под поршнем, участвует в адиабатическом процессе. В этом случае, по первому закону термодинамики, газ совершает работу за счёт уменьшения внутренней энергии.

Уменьшение внутренней энергии газа повлечёт за собой понижение его температуры

$$(\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T)$$

25.

Когда ключ разомкнут, тока в катушке нет, магнит висит неподвижно и пружина растянута.

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. Значит, магнит будет притягиваться к катушке и опускаться вниз

3. Возможные решения тренировочных заданий типа № 29–32

1. По закону сохранения энергии

$$E_0 = \frac{mv_0^2}{2} + mgb \sin \alpha, \quad (1)$$

где E_0 – энергия сжатой пружины, а v_0 – скорость шарика в момент вылета из дула ружья.

Согласно формулам кинематики тела, брошенного под углом к горизонту, $L = v_0 t \cos \alpha$;

$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$, где t – время полёта. Следовательно, расстояние

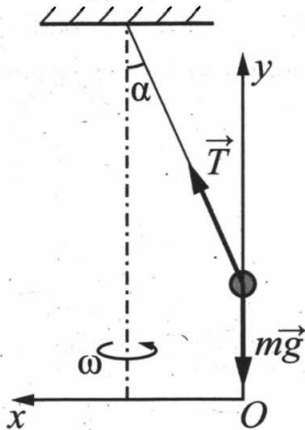
$$L = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha. \quad (2)$$

Из формулы (2) находим, что $v_0^2 = \frac{gL}{\sin 2\alpha}$, и, подставляя в (1), получаем:

$$b = \frac{1}{mg \sin \alpha} \left(E_0 - \frac{mgL}{2 \sin 2\alpha} \right) = \frac{1}{5 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \sin 30^\circ} \left(0,41 - \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 1}{2 \cdot \sin 60^\circ} \right) \approx 0,5 \text{ м.}$$

Ответ: $b \approx 0,5$ м

2. На груз действуют сила натяжения нити \vec{T} и сила тяжести $m\vec{g}$, как указано на рисунке.



В инерциальной системе отсчёта, связанной с Землёй, ускорение тела определяется вторым законом Ньютона, что приводит к уравнениям для проекций сил и ускорений на оси Oxy :

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

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

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

получим: $\frac{v^2}{l \sin \alpha} = 2g \sin \alpha$, следовательно, $v = \sqrt{2gl \sin^2 \alpha} = \sqrt{\frac{3}{2}gl}$. Подставляя значения физических

величин, получим $v = 1,5$ м/с.

Ответ: $v = 1,5$ м/с

3. Полная механическая энергия системы, равная сумме кинетической и потенциальной энергии, сохраняется, так как выемка гладкая и работа сил реакции стенок, в любой момент времени перпендикулярных скоростям шариков, равна нулю:

$$E = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = \text{const}.$$

В начальный момент и момент подъёма на максимальную высоту H кинетическая энергия системы равна нулю, поэтому её потенциальная энергия в эти моменты времени одинакова:

$$E_{\text{пот}}^{\text{нач}} = E_{\text{пот}}^{\text{конечн}}.$$

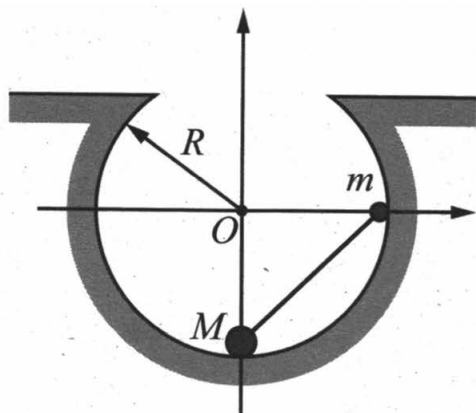


Рис. 1

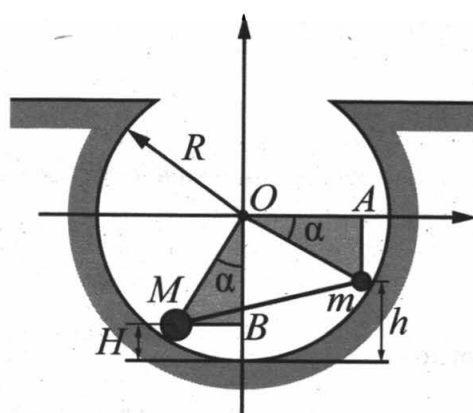


Рис. 2

Начальное положение системы изображено на рис. 1, а конечное – на рис. 2.

Если отсчитывать потенциальную энергию от нижней точки выемки, то начальная потенциальная энергия системы $E_{\text{пот}}^{\text{нач}} = mgR$, а её конечная потенциальная энергия $E_{\text{пот}}^{\text{конечн}} = mgh + MgH$. Закон сохранения энергии приводит к уравнению

$$mgR = mgh + MgH,$$

из которого следует, что $(R - h) = \frac{M}{m} H$.

При движении гантели по поверхности выемки высота подъёма большого и малого грузов связаны. Заметим, что в прямоугольных треугольниках OmA и OMB $MB = mA = R - h$, $OA = OB = R - H$, $OM = Om = R$, и воспользуемся теоремой Пифагора:

$$(R - h)^2 = R^2 - (OA)^2 = R^2 - (R - H)^2.$$

Отсюда следует: $(R - h)^2 = H(2R - H)$.

Подставим сюда выражение $(R - h) = \frac{M}{m} H$, полученное из закона сохранения энергии, и полу-

чим:
$$R = \frac{H}{2} \left(1 + \frac{M^2}{m^2} \right).$$

Подставляя сюда значения физических величин, получим:

$$R = 6(1 + 4) = 30 \text{ см.}$$

Ответ: $R = 30 \text{ см}$

4. Пусть p_0 – давление азота в камере;

p_1 – давление в сосуде в ситуации на рис. 2;

p_2 – давление в сосуде при температуре T_0 в конце опыта;

S – площадь горизонтального сечения сосуда.

Параметры воздуха в сосуде в первоначальном состоянии и при температуре T_1 связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона-Менделеева:

$$\frac{p_1 h S}{T_1} = \frac{p_0 L S}{T_0},$$

$$\text{откуда } p_1 = p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

Условие равновесия пробки при температуре T_1 :

$$p_0 S - F_{\text{тр}} - p_1 S = 0,$$

откуда $F_{\text{тр}} = (p_0 - p_1)S$.

Параметры воздуха в сосуде в первоначальном и конечном состояниях тоже связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона-Менделеева:

$$\frac{p_2 HS}{T_0} = \frac{p_0 LS}{T_0},$$

$$\text{откуда } p_2 = p_0 \cdot \frac{L}{H}.$$

Условие равновесия пробки в конечном состоянии:

$$p_2 S - p_0 S - F_{\text{тр}} = 0,$$

откуда

$$p_2 = p_0 + \frac{F_{\text{тр}}}{S} = p_0 + p_0 - p_1 = 2p_0 - p_1 = 2p_0 - p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

Приравнявая друг другу два выражения для p_2 , получаем равенство

$$\frac{L}{H} = 2 - \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

$$\text{Отсюда: } T_1 = T_0 \cdot \frac{h}{L} \cdot \left(2 - \frac{L}{H}\right) \approx 219 \text{ К.}$$

Ответ: $T_1 \approx 219 \text{ К}$

5. Для определения количества теплоты Q_{123} необходимо сложить количества теплоты, сообщённые газу на участках 1–2 и 2–3: $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}$.

Исходя из приведённого графика, можно сделать вывод, что процесс 1–2 является изохорным. Для него, как следует из уравнения Клапейрона-Менделеева, $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$, откуда $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 2$. Следовательно,

но, $T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = 2T_1 = 300 \cdot 2 = 600 \text{ К}$. Работа газа в процессе 1–2 равна нулю, и для него первый закон термодинамики с учётом выражения для внутренней энергии одноатомного идеального газа принимает вид:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1 \approx 3,74 \text{ кДж.}$$

Процесс 2–3 является изобарным с давлением $p = p_2 = \text{const}$, для него первый закон термодинамики принимает вид: $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$, где $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$ – изменение внутренней энергии газа, $A_{23} = p_2 (V_3 - V_2)$ – совершённая газом работа. Из уравнения Клапейрона – Менделеева $pV = \nu RT$ следует, что

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2).$$

$$\text{Таким образом, } Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) \approx 6,23 \text{ кДж.}$$

$$\text{В результате } Q_{123} = \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) \approx 10 \text{ кДж.}$$

Ответ: $Q \approx 10 \text{ кДж}$

6. Коэффициент полезного действия тепловой машины

$$\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q^+} = 1 - \frac{|Q^-|}{Q^+},$$

где $A_{\text{ц}}$ – работа, совершённая за цикл; Q^+ – количество теплоты, полученное за цикл рабочим веществом тепловой машины от нагревателя; $|Q^-|$ – количество теплоты, отданное за цикл холодильнику.

В рассматриваемом цикле газ получает количество теплоты в изотермическом процессе и отдаёт в изохорном.

В изотермическом процессе внутренняя энергия идеального газа не изменяется, следовательно, в соответствии с первым законом термодинамики количество теплоты, полученное газом, равно работе газа:

$$Q^+ = A.$$

Поскольку в изохорном процессе газ работу не совершает, количество теплоты, отданное газом (в соответствии с первым законом термодинамики), равно изменению его внутренней энергии:

$$|Q^-| = \frac{3}{2} \nu R |\Delta T|.$$

Подставляя второе и третье соотношения в первое, получаем значение КПД тепловой машины.

$$\text{Ответ: } \eta = 1 - \frac{3\nu R |\Delta T|}{2A}$$

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

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

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

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

В итоге получим:

$$Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta} = \frac{3}{2} \frac{R(t_{\text{max}} - t_{\text{min}})}{1 - \eta},$$

Подставляя значения физических величин, получим:

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,31 \cdot 265}{0,85} \approx 3886 \text{ Дж.}$$

Ответ: $Q_{12} \approx 3886 \text{ Дж}$

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

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

После сжатия пар стал насыщенным, а его масса уменьшилась до m_1 . Поэтому

$$p_2 = p_{\text{нп}} = \frac{m_1}{M(V/5)} RT.$$

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

Ответ: $\alpha = 0,5$

9. Конденсатор заряжен, поэтому ток через него не течёт. Согласно закону Ома для замкнутой цепи через источник течёт ток силы $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_0}$, где $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ – сопротивление внешней цепи (параллельно соединённых резисторов R_1 и R_2).

Так как конденсатор подключён параллельно с резисторами R_1 и R_2 , то напряжение на конденсаторе $U = IR_0 = \frac{\mathcal{E}R_0}{r + R_0} = \frac{\mathcal{E}R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$.

Определим энергию электрического поля конденсатора:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C}{2} \left(\frac{\mathcal{E}R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2} \right)^2, \text{ откуда найдём ёмкость конденсатора } C:$$

$$C = 2W \left(\frac{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}{\mathcal{E}R_1 R_2} \right)^2 = 120 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{0,4 \cdot 10 + 24}{24 \cdot 10} \right)^2 \approx 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

Ответ: $C \approx 1,6 \text{ мкФ}$

10. Количество теплоты согласно закону Джоуля – Ленца:

$$Q = I^2 R t. \quad (1)$$

Это количество теплоты затратится на нагревание проводника:

$$Q = cm\Delta T, \quad (2)$$

где масса проводника

$$m = \rho l S; \quad (3)$$

c – удельная теплоёмкость алюминия; S – площадь поперечного сечения; l – длина проводника.

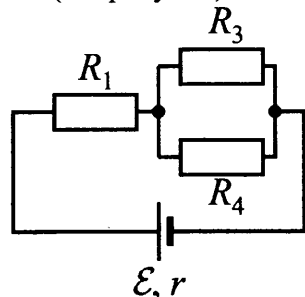
Сопротивление проводника

$$R = \frac{\rho_{\text{эл}} l}{S}. \quad (4)$$

$$\text{Из (1)–(4) получаем: } \Delta T = \frac{I^2 t \rho_{\text{эл}}}{c \rho S^2} = \frac{100 \cdot 15 \cdot 2,5 \cdot 10^{-8}}{900 \cdot 2700 \cdot 4 \cdot 10^{-12}} \approx 4 \text{ К.}$$

Ответ: $\Delta T \approx 4 \text{ К}$

11. После перегорания резистора R_2 данную электрическую схему можно заменить эквивалентной схемой (см. рисунок).



Тогда сопротивление внешней цепи $R_0 = R + \frac{R}{2} = 1,5R$.

По закону Ома для полной цепи сила тока, текущего через источник в схеме, $I = \frac{\mathcal{E}}{1,5R + r}$.

Сила тока, текущего через резистор R_1 , равна силе тока, текущего через источник. По закону Джоуля – Ленца мощность, выделяющаяся на нём,

$$P = I^2 R = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(1,5R + r)^2} = \frac{12100 \cdot 20}{1024} \approx 236 \text{ Вт.}$$

Ответ: $P \approx 236 \text{ Вт}$

12. Мощность $P = I^2 R$.

Ключ разомкнут. Из закона Ома для замкнутой цепи:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{\mathcal{E}}{2R + r}. \quad P_1 = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(2R + r)^2}.$$

Ключ замкнут.

$$R_{23} = \frac{R}{2}; \quad I_{II} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_{23} + r} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{3}{2}R + r}. \quad P_{II} = \frac{\mathcal{E}^2 R}{\left(\frac{3}{2}R + r\right)^2}.$$

Отношение мощностей

$$\frac{P_{II}}{P_I} = \frac{(2R + r)^2}{\left(\frac{3}{2}R + r\right)^2} = \frac{(2 \cdot 1 + 0,5)^2}{\left(\frac{3}{2} \cdot 1 + 0,5\right)^2} \approx 1,56.$$

Ответ: мощность увеличится в $\frac{25}{16} \approx 1,56$ раза

13. Сила, действующая на заряд со стороны электрического поля, направлена противоположно вектору \vec{E} . Величина силы определяется формулой

$$F_1 = |q|E.$$

Сила Лоренца, действующая на заряд со стороны магнитного поля, направлена по правилу левой руки перпендикулярно плоскости чертежа «от нас». Величина силы определяется формулой

$$F_2 = |q|vB \sin \alpha.$$

Величина результирующей силы

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}.$$

$$F = |q| \sqrt{E^2 + (vB \sin \alpha)^2} = 1,5 \cdot 10^{-12} \cdot \sqrt{1200^2 + \left(10^5 \cdot 0,03 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2} \approx 3,7 \cdot 10^{-9} \text{ Н.}$$

Ответ: $F \approx 3,7 \cdot 10^{-9} \text{ Н}$

14. При изменении магнитного поля поток вектора магнитной индукции $\Phi(t) = B(t)S$ через рамку площадью $S = l^2$ изменяется, что создаёт в ней ЭДС индукции \mathcal{E} . В соответствии с законом индукции Фарадея $\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} S$.

Эта ЭДС вызывает в рамке ток, сила которого определяется законом Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} \frac{S}{R}.$$

За время Δt по рамке пройдёт заряд $q = I \Delta t$ и ЭДС индукции совершит работу

$$A = \mathcal{E}q = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} I \Delta t = -I \Delta \Phi, \text{ которая перейдёт в тепло.}$$

Подставляя сюда выражения для силы тока и изменения потока: $\Delta \Phi = S \Delta B$, получим работу ЭДС индукции:

$$A = \frac{S^2 (\Delta B_n)^2}{R \Delta t} = \frac{l^4 (\Delta B_n)^2}{R \Delta t}.$$

За время $\Delta t_1 = t_1 = 2$ с на первом участке $\Delta B_1 = B_1 - B_0 = 0,6$ Тл, а на втором участке $\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 8$ с и $\Delta B_2 = B_2 - B_1 = -1,0$ Тл, поэтому суммарное количество выделившейся теплоты

$$Q = A = A_1 + A_2 = \frac{l^4}{R} \left[\frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right].$$

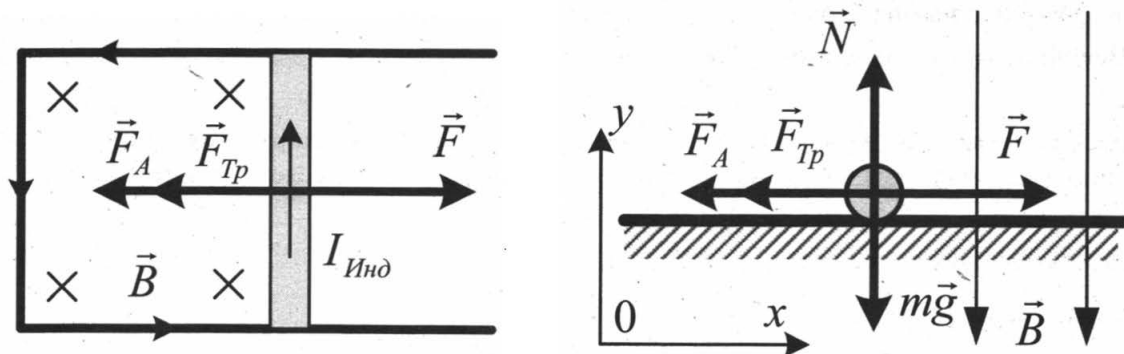
$$\text{Отсюда находим сопротивление рамки: } R = \frac{l^4}{Q} \left[\frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right].$$

Подставляя значения физических величин, получим:

$$R = \frac{(0,1)^4}{10^{-4}} \left[\frac{0,36}{2} + \frac{1}{8} \right] = 0,18 + 0,125 \approx 0,3 \text{ Ом}$$

Ответ: $R \approx 0,3$ Ом

15. При движении перемычки в однородном магнитном поле на её концах возникает ЭДС электромагнитной индукции: $\mathcal{E} = Bvl$, где B – индукция магнитного поля; v и l – соответственно скорость и длина перемычки. Согласно закону Ома для полной цепи в замкнутом контуре возникает индукционный ток: $I_{\text{инд}} = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{Bvl}{R}$, где R – сопротивление перемычки. Поскольку скорость перемычки постоянна, то ЭДС и индукционный ток также будут постоянными. Согласно правилу Ленца индукционный ток, возникающий в контуре, будет направлен так, чтобы своим магнитным полем препятствовать увеличению магнитного потока при движении перемычки, т.е. против часовой стрелки (см. рисунок).



Благодаря появлению индукционного тока на перемычку со стороны магнитного поля начнёт действовать сила Ампера, направленная согласно правилу левой руки в противоположную движению сторону: $F_A = BI_{\text{инд}}l = \frac{B^2 l^2 v}{R}$.

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

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

Ответ: $v = 4$ м/с

16. Согласно закону сохранения энергии:

$$\frac{CU_{\text{max}}^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} \quad (1)$$

(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).

Максимальная напряжённость поля конденсатора:

$$E_{\max} = \frac{U_{\max}}{d}. \quad (4)$$

Решив систему уравнений (1)–(4), получим:

$$I_{\max} = \frac{\lambda d}{2\pi c L} E_{\max} = \frac{5 \cdot 10^2 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 3 \cdot 10^{-6}} \cdot 3 \approx 0,27 \text{ мА}.$$

Ответ: $I_{\max} \approx 0,27 \text{ мА}$

17. Для энергии одного фотона запишем:

$$E_{\text{фот}} = h\nu = h \frac{c}{\lambda},$$

где c – скорость света в вакууме.

Мощность излучения указки:

$$P = \frac{N \cdot E_{\text{фот}}}{t}, \text{ где } \frac{N}{t} - \text{число фотонов в единицу времени.}$$

Число излученных фотонов в единицу времени:

$$\frac{N}{t} = \frac{P}{E_{\text{фот}}} = \frac{P \cdot \lambda}{h \cdot c} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 600 \cdot 10^{-9}}{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \approx 6 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}.$$

Ответ: $\frac{N}{t} \approx 6 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$

18. Запишем выражение для энергии фотона:

$$E_1 = \frac{hc}{\lambda}.$$

Найдём энергию всех фотонов, излучаемых за время t :

$$E = \frac{hc}{\lambda} \cdot N \cdot \frac{t}{\tau},$$

где N – число фотонов, излучаемых за $\tau = 1 \text{ с}$.

Найдём количество теплоты, которое требуется для плавления льда и нагревания воды:

$$Q = mL + c_{\text{уд}} m \Delta t.$$

Используем закон сохранения энергии с учетом коэффициента поглощения η :

$$\eta \cdot \frac{hc}{\lambda} \cdot N \cdot \frac{t}{\tau} = c_{\text{уд}} m \Delta t + Lm.$$

Отсюда получим ответ:

$$N = \frac{m(L + c_{\text{уд}} \Delta t) \lambda \tau}{\eta h c t} = \frac{1 \cdot (3,3 \cdot 10^5 + 4200 \cdot 100) \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 1}{0,5 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1,25 \cdot 10^4} = 2 \cdot 10^{20}.$$

Ответ: $N = 2 \cdot 10^{20}$

19. В серии Бальмера энергия фотона равна $E_n - E_2$, где $n = 3, 4, \dots$. Аналогично в серии Паше: энергия фотона равна $E_n - E_3$, где $n = 4, 5, \dots$.

Частота фотона связана с его энергией равенством $h\nu = E$, где h – постоянная Планка. Поэтому

$$\beta = \frac{E_3 - E_2}{E_\infty - E_3} = \frac{\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}}{\frac{1}{3^2} - 0} = 1,25.$$

Ответ: $\beta = 1,25$

20. 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 определённому 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:

$$V = \frac{mRT_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right)}{(p - p_0)\mu} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{7,5}{140}} \right)}{(1,4 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 0,21} =$$

$$= \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{1}{4}} \right)}{(1,4 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 0,21} \approx 75 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \approx 75 \text{ см}^3.$$

Ответ: $V \approx 75 \text{ см}^3$

21. Коэффициент полезного действия электростанции

$$\eta = \frac{E_1}{E_2},$$

где E_1 – энергия, вырабатываемая электростанцией, E_2 – энергия, выделяющаяся в результате ядерных реакций деления урана. В свою очередь,

$$E_1 = Pt,$$

где P – мощность электростанции, t – время её работы.

$$E_2 = NE_0,$$

где E_0 – энергия, выделяющаяся в результате деления одного ядра урана, N – количество распавшихся ядер урана. Молярная масса урана-235 равна $\mu = 0,235$ кг/моль, следовательно, число распавшихся атомов можно связать с массой урана соотношением: $N = \frac{m}{\mu} N_A$. В итоге, получаем:

$$\eta = \frac{Pt\mu}{mN_A E_0} = \frac{38 \cdot 10^6 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,235}{1,4 \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}} \approx 0,2 = 20\%.$$

Ответ: $\eta = 20\%$

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Список формул курса физики средней школы

I. МЕХАНИКА

1. Кинематика равномерного прямолинейного движения ($\vec{v} = \text{const}$)

Ускорение $(\vec{a} = 0)$

Скорость $v = \frac{s}{t}$

Перемещение $s = vt$

Координата $x = x_0 + v_x t$

Классический закон сложения скоростей $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_0$

2. Кинематика равноускоренного движения

Ускорение $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$

Скорость $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$

Перемещение $\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$

Координата $x = x_0 + v_{0x}t + a_x \frac{t^2}{2}$

3. Кинематика равномерного движения по окружности

Линейная скорость $v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{t} = \omega R$

Частота вращения $\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$

Период вращения $T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi R}{v}$

Центростремительное ускорение $a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = 4\pi^2 \nu^2 R = \frac{4\pi^2}{T^2}$

4. Основы динамики

Второй закон Ньютона $\vec{F}_{\text{равн}} = m\vec{a}$

Третий закон Ньютона $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$

Закон всемирного тяготения $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

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

Первая космическая скорость $\vec{F}_{\text{тяж}} = m\vec{g}$

Закон Гука $v_I = \sqrt{gR_s} = \sqrt{G \frac{M_s}{R_s}}$

Сила трения скольжения $F_x = -kx$

Момент силы $F_{\text{тр}} = \mu N$

Условие равновесия твердого тела $M = \pm Fd$

$\Sigma \vec{F}_i = 0$

$\Sigma M_i = 0$

5. Законы сохранения в механике

Импульс тела

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Закон сохранения импульса

$$\Sigma \vec{p}_i = \text{const}$$

Работа постоянной силы

$$A = F s \cos \alpha$$

Мощность

$$P = \frac{A}{t} \quad P = F v \cos \alpha$$

Кинетическая энергия

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

Теорема об изменении кинетической энергии

$$A = \Delta E_k$$

Потенциальная энергия тела в однородном поле сил тяжести

$$E_p = mgh$$

Потенциальная энергия пружины

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

Закон сохранения механической энергии

$$E_k + E_p = \text{const}$$

6. Жидкости и газы

Давление

$$p = \frac{F_d}{S}$$

Давление жидкости на глубине h

$$p = \rho gh$$

$$p = p_{\text{атм}} + \rho gh$$

Закон Архимеда

$$F_A = \rho_{\text{ж}} V_{\text{т}} g$$

Условие плавания тел

$$F_A = mg$$

II. Молекулярная физики и термодинамика

Масса молекулы

$$m_0 = \frac{M}{N_A}$$

Число молекул в газе

$$N = \frac{m}{M} N_A$$

Количество вещества

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$

Концентрация молекул

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

Основное уравнение МКТ идеального газа

$$p = \frac{1}{3} n m_0 v_{\text{кв}}^2$$

Средняя кинетическая энергия молекул

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

Средняя квадратичная скорость молекулы газа

$$v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

Давление идеального газа

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k = nkT = \frac{1}{3} \rho v_{\text{кв}}^2$$

Закон Дальтона для смеси газов

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

Уравнение Клапейрона-Менделеева

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$$

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$$

Работа газа при изобарном процессе

$$A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T$$

Первый закон термодинамики

$$\Delta U = A_{\text{вн}} + Q$$

а) для изотермического процесса

$$0 = A_{\text{вн}} + Q$$

б) для изобарного процесса

$$\Delta U = -p\Delta V + Q$$

в) для изохорного процесса

$$\Delta U = Q$$

г) для адиабатного процесса

$$\Delta U = A_{\text{вн}}$$

Количество теплоты необходимое:

а) для нагревания

$$Q = cm(t_2 - t_1)$$

б) для плавления

$$Q = \lambda m$$

в) для парообразования

$$Q = rm$$

Количество теплоты,
выделяющееся при сгорании топлива

$$Q = qm$$

КПД теплового двигателя

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

КПД идеального теплового двигателя
(работающего по циклу Карно)

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Относительная влажность воздуха

$$\varphi = \frac{n}{n_{\text{нас}}} \cdot 100\% = \frac{P}{P_{\text{нас}}} \cdot 100\%$$

III. Основы электродинамики

лектростатика

Закон сохранения заряда

$$\Sigma q_i = \text{const}$$

Закон Кулона

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

Напряженность электрического поля
точечного заряда

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

Электрическая сила

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

Принцип суперпозиции электрических полей

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 \dots$$

Потенциал электрического поля
точечного заряда

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} = \frac{kq}{r}$$

Диэлектрическая проницаемость среды

$$\epsilon = \frac{E}{E_0}$$

Работа электрического поля

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

Связь напряженности и разности потенциалов

$$E_x = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$$

Емкость конденсатора

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

Електроёмкость плоского конденсатора

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

Электрическая энергия заряженного конденсатора

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

Законы постоянного тока

Сила тока

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Сопротивление проводника

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

Закон Ома для участка цепи

$$I = \frac{U}{R}$$

Закон Ома для полной цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \rightarrow U = \mathcal{E} - Ir$$

$$I = \text{const}$$

Законы последовательного соединения проводников

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

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

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

$$U = \text{const}$$

Законы параллельного соединения проводников

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

Закон Джоуля-Ленца

$$Q = I^2 R t$$

Работа тока

$$A = qU = IUt = Pt$$

Мощность тока

$$P = \frac{A}{t} = IU = \frac{U^2}{R}$$

Магнитное поле. Электромагнитная индукция

Сила Ампера

$$F_A = BIl \sin \alpha$$

Сила Лоренца

$$F_L = qvB \sin \alpha$$

Магнитный поток

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

Закон электромагнитной индукции

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

ЭДС индукции в движущемся проводнике

$$\mathcal{E}_i = Blv \sin \alpha$$

Индуктивность

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

ЭДС самоиндукции

$$\mathcal{E}_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Энергия магнитного поля

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

Колебания и волны

Уравнение гармонических колебаний

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

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Циклическая частота колебаний

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$$

Период и частота колебаний

$$T = \frac{1}{\nu} \rightarrow \nu = \frac{1}{T}$$

Фаза колебаний

$$\varphi = \omega t + \varphi_0$$

Скорость при гармонических колебаниях

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

Ускорение при гармонических колебаниях

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

Период колебаний пружинного маятника

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

Период колебаний
математического
маятника

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

Длина волны

$$\lambda = vT$$

Электромагнитные колебания и волны

Период колебаний колебательного контура
(Формула Томсона)

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

Зависимость заряда и силы тока в
колебательном контуре

$$q = q_m \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$i = q' = -\omega q_m \sin(\omega t + \varphi_0) = -I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Закон сохранения энергии для колебательного
контура

$$W = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \frac{LI_{\max}^2}{2} = \frac{q_{\max}^2}{2C}$$

Действующее значение силы переменного
тока

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$$

Действующее значение напряжения
переменного тока

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$$

Коэффициент трансформации

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Связь скорости света с длиной волны

$$c = \lambda_0 \nu$$

Абсолютный показатель преломления

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

Закон преломления

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_\gamma}{n_\alpha}$$

Оптическая сила линзы

$$D = \frac{1}{F}$$

Формула для тонкой линзы

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Линейное увеличение линзы

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{b}{a} = \frac{f}{d}$$

Условие максимума интерференции

$$\Delta d = n\lambda$$

Условие минимума интерференции

$$\Delta d = (2n-1) \frac{\lambda}{2}$$

Формула дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = k\lambda$$

Элементы теории относительности

Закон взаимосвязи массы и энергии

$$E_0 = mc^2$$

Квантовая физика

Энергия фотона

$$E_\phi = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Импульс фотона

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2} \rightarrow \frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$$

Красная граница фотоэффекта

$$\nu_0 = \frac{A_{\text{вых}}}{h} \rightarrow \lambda_0 = \frac{c}{\nu_0} = \frac{ch}{A_{\text{вых}}}$$

Связь между максимальной кинетической энергией выбиваемых светом фотоэлектронов и задерживающим напряжением

$$\frac{mv^2}{2} = eU_{\text{зад}}$$

том и атомное ядро

Энергия атома водорода в стационарном состоянии

$$E_n = -\frac{R_p}{n^2}, \rightarrow \text{где } R_p = 13,6 \text{ эВ}$$

Энергия фотона, излучаемого или поглощаемого при переходе из одного стационарного состояния атома в другое

$$h\nu = E_{n2} - E_{n1}$$

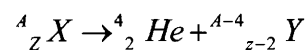
Дефект массы ядра

$$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M_{\text{ядра}}$$

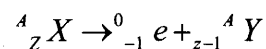
Энергия связи ядра

$$E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2$$

Альфа-распад ядра



Бета-распад



Закон радиоактивного распада

$$N = N_0 \cdot 2^{-t/T}$$

Энергетический выход ядерной реакции (A+B=C+D)

$$Q = (m_A + m_B)c^2 - (m_C + m_D)c^2$$

Приложение 2. Справочные данные

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}

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		подсолнечного масла	900 кг/м^3
воды	1000 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

Удельная теплоёмкость			
воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

Удельная теплота		
парообразования воды		$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца		$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда		$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

Нормальные условия:	давление – 10^5 Па , температура – $0 \text{ }^\circ\text{С}$
----------------------------	---

Молярная масса			
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воды	$18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Приложение 3. Дополнительные источники информации для подготовки к ЕГЭ по физике

Полиграфические издания разных издательств Краткий список публикаций по ЕГЭ (2009–2013)

ЕГЭ 2013. Оптимальный банк заданий для подготовки учащихся. Орлов В.А., Демидова М.Ю. Никифоров, Ханнанов Н.К.

ЕГЭ 2011. Физика. Тематические тестовые задания ФИПИ. Николаев В.И., Шипилин А.М.

ЕГЭ 2011. Физика. Универсальные материалы для подготовки учащихся. Орлов В.А., Демидова М.Ю., Никифоров, Ханнанов Н.К.

ЕГЭ 2010. Физика. Самые новые реальные задания. Берков А.В., Грибов В.А.

ЕГЭ 2010. Физика: Репетитор – Грибов В.А., Ханнанов Н.К.

ЕГЭ 2010. Физика: Сборник заданий – Ханнанов Н.К., Никифоров Г.Г., Орлов В.А.

ЕГЭ 2010. Физика: Самое полное издание типовых вариантов реальных заданий ЕГЭ – Берков А.В., Грибов В.А.

ЕГЭ 2009. Физика – Тренировочные задания: Фадеева А.А.

ЕГЭ 2009. Физика – Сборник экзаменационных заданий: Демидова М.Ю., Нурминский И.И.

**Электронные издания (анализ электронных изданий для подготовки к ЕГЭ
опубликован на портале «Школьная физика» www.school-physics.ru
и в журнале «Физика в школе», 2013, №2 (электронное приложение)**

1. «ЕГЭ 2011. Физика. Подготовка к экзамену», ООО «КОМПЕТЕНТУМ».

В курсе использованы материалы из учебника «Открытая Физика 2.6» и других электронных пособий ООО «КОМПЕТЕНТУМ». Авторы заданий: докт. физ. мат. наук С.М. Козел, канд. пед. наук В.А. Орлов, канд. пед. наук Н.Н. Гомулина, канд. физ.-мат. наук А.Ф. Кавтрев, канд. физ.-мат. наук В.Е. Фрадкин, канд. техн. наук Д.И. Мамонтов и другие. Составители: А.И. Сеитов, А.В. Сидоров, канд. пед. наук М.Н. Перунова.

2. «1С: Школа. Физика, 10–11 кл. Подготовка к ЕГЭ» под ред. Ханнанова Н.К., фирма "1С", 2005.

Содержит справочные блоки с мультимедиа иллюстрациями, систематизированный открытый банк заданий ЕГЭ 2001-2004 года и дополнительные авторские задания для повторения 28 тем физики. Авторы теоретических блоков и заданий – члены методической комиссии по подготовки ЕГЭ по физике разных лет. Прошел экспертизу Федерального экспертного совета и рекомендован к присвоению грифа «Допущено Министерством образования и науки РФ в качестве учебного пособия».

Приложение 4. Перспективные модели практико-ориентированных заданий экспериментального характера

Как известно, в настоящее время при проведении Государственной итоговой аттестации выпускников основной школы используются экспериментальные задания с использованием лабораторного оборудования. К сожалению, ряд нерешенных проблем не позволяют в настоящее время внедрить такую диагностику при проведении ЕГЭ, хотя соответствующая технология и оборудование разработаны, оборудование выпускается серийно.

Важнейшая из нерешенных проблем – финансовая. Действительно, в среднем физику в школе сдают 200000 учащихся. Для этого необходимо иметь 12000 пунктов приёма экзаменов, если в каждом из них экзамен сдают 16 человек. Стоимость класс-комплекта, состоящего из 16-ти «ЕГЭ-лабораторий», составляет 130000 рублей. Следовательно, необходимы одноразовые бюджетные расходы в размере, превышающем 1,5 млрд рублей.

Отсутствие в настоящее время в ЕГЭ заданий с лабораторным оборудованием привело к разработке системы так называемых **практико-ориентированных заданий экспериментального характера**. К ним относятся: качественные задания типа 28 на объяснение явлений, фотографии которых приведены в тексте заданий; задания на расчеты физических величин по приведённым результатам измерений; задания на построение графиков по результатам измерений, которые чаще всего используются при конструировании методологических заданий типа 23 и 24; задания по фотографиям измерительных установок и приборов и некоторые другие. Такая линия заданий совершенствуется. Рассмотрим подробнее некоторые перспективные модели заданий этого типа.

1. Качественные задания высокого уровня (28), с одной стороны, считаются трудными для выполнения, но вместе с тем, учителя физики обоснованно считают, что этот тип заданий способствует повышению качества освоения физики.

Одно из перспективных моделей заданий этого типа – **задания на разработку способов наблюдения явлений**.

Приведем пример такого задания.

Пример 1. На фотографии приведено лабораторное оборудование, с которым ученик планирует исследовать явление электромагнитной индукции: источник постоянного тока, реостат, проводники, магниты и электромагнит с двумя катушками и сердечником, выключатель, миллиамперметр, катушка. Разработайте и опишите возможные способы наблюдения явления электромагнитной индукции с предложенным оборудованием. При выполнении задания имейте в виду, что максимальное число баллов (три балла) за его выполнение вы получите при верном и подробном описании трех опытов.



Образец возможного решения

- 1) Наиболее простой способ наблюдения явления электромагнитной индукции с предложенным оборудованием – перемещение магнита относительно катушки, присоединенной к миллиамперметру (рис. 1).

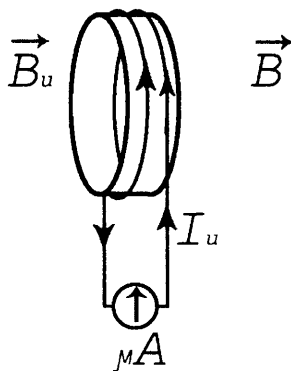
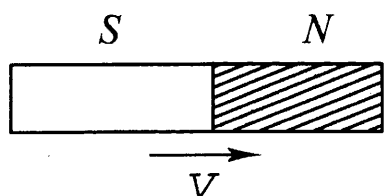


Рис. 1

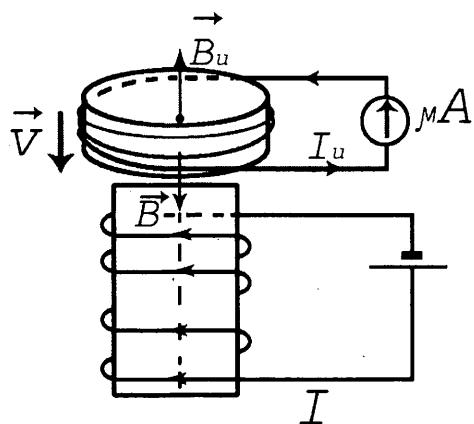


Рис. 2

При проведении этого опыта по отклонению стрелки миллиамперметра в одну и другую сторону относительно нулевого деления можно пронаблюдать зависимость направления индукционного тока от направления относительного перемещения магнита и катушки (сближение и удаление магнита). Можно еще обнаружить, что направление индукционного тока зависит от направления магнитного поля: при приближении магнита к катушке северным и южными полюсами стрелка отклоняется в разную сторону. Можно показать, что направление тока соответствует правилу Ленца.

- 2) Второй способ наблюдения явления ЭМИ – это замена постоянного магнита электромагнитом. Катушку электромагнита подключаем к батарейке и перемещая катушку, подключенную к миллиамперметру, относительно катушки электромагнита, наблюдается индукционный ток (рис. 2). Можно пронаблюдать все особенности явления, что и в опытах с магнитом.
- 3) Можно пронаблюдать возникновение индукционного тока и без относительного перемещения электромагнита относительно катушки, присоединенной к миллиамперметру, так как магнитное поле электромагнита можно изменять, изменяя ток в нем. Это можно сделать с помощью реостата (рис. 3) или с использованием выключателя – просто замыкая или размыкая цепи электромагнита.

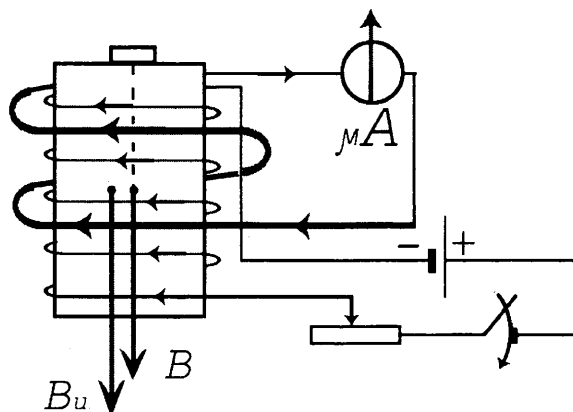


Рис. 3

Если перемещать движок реостата влево, то сила тока в электромагните уменьшится, так как сопротивление цепи увеличится. Магнитный поток, пронизывающий катушку, подключенную к миллиамперметру, уменьшится. При перемещении движка вправо поток будет увеличиваться. Соответственно индукционный ток будет течь в разные стороны и стрелка миллиамперметра будет отклоняться в разные стороны.

На рисунках показано направление индукционного тока в катушке, направление магнитного поля постоянного (или электро-) магнита, создающего магнитный поток через катушку и направление магнитного поля, порождаемого индукционным током, возникающим в ходе явления ЭМИ. Эти стрелки иллюстрируют применение правила Ленца для определения направления индукционного тока.

Поскольку в задании требуется только описать наблюдение явления ЭМИ, а не демонстрацию его закономерностей, то рассуждения о правиле Ленца в ответе можно и не приводить и направление индукционного тока и магнитного поля, порожденного им можно не указывать.

2. Значительное место в КИМах занимают графические задания. Одной из тенденций развития этого типа стали задания, которые используются при конструировании методологических заданий повышенного уровня типа А20 и А21, при выполнении которых необходимо построить графики по результатам измерений. Эти задания позволяют проверить уровень освоения важнейшего метапредметного умения, включенного в стандарт.

В качестве примера рассмотрим следующее задание.

Пример 2.

Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из последовательно соединенных резистора R и реостата, подключенных к источнику с регулируемым напряжением (см. фото). При исследовании изменялось напряжение на концах цепи U , а затем движок реостата перемещался так, сила тока поддерживалась постоянной. По положению движка реостата фиксировалось его сопротивление R_p . На графике представлены результаты измерения напряжения на концах этого участка при различных значениях сопротивления реостата.



С учётом погрешностей измерений ($\Delta R = \pm 1 \text{ Ом}$, $\Delta U = \pm 0,2 \text{ В}$) найдите ожидаемое напряжение на концах участка цепи при сопротивлении реостата 50 Ом .

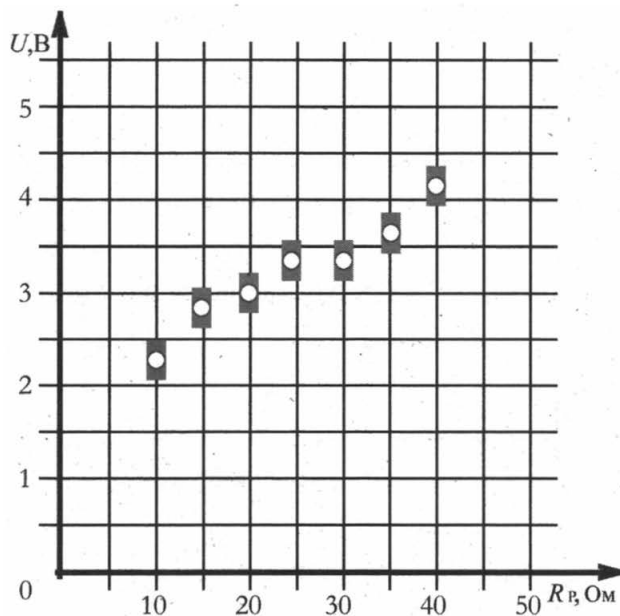
- 1) $3,5 \text{ В}$ 2) $3,7 \text{ В}$ 3) $4,5 \text{ В}$ 4) $5,5 \text{ В}$

Метод определения величины вне диапазона проведенных измерений называется экстраполяцией. Для определения такого значения необходимо знать вид функции, которой описывается экспериментальная зависимость (линейная, квадратичная, синусоидальная, экспонента) и коэффициенты, определяющие ход графика такой зависимости.

Поскольку согласно законам цепей постоянного тока при последовательном соединении $U = IR + IR_p$, а по условиям задачи сила тока и сопротивление R неизменны, можно сделать вывод, что зависимость U от R_p линейная

$$U = U_0 + IR_p$$

График такой функции при наличии ошибок измерений строится так, что прямая должна проходить через все экспериментальные «прямоугольники», показывающие в каком диапазоне лежат измеренные значения с учетом погрешностей измерений. Если погрешности определены правильно и измерения проведены корректно, то прямая должна коснуться каждого треугольника. Если какая-то одна точка выпадает из линейной зависимости, скорее всего, это следствие неверно проведенного эксперимента. При проведении реального эксперимента обычно измерение, соответствующей «выпадающей» точки подвергают сомнению, а при обработке «чужого» эксперимента, ее не учитывают при построении графика.



Для обработки приведенной зависимости надо воспользоваться прозрачной линейкой, чтобы были видны все экспериментальные точки, и было удобно подбирать «оптимальную» прямую. Варианты прямых, приведенные на рис. 1, 2, 3 явно неверны, поскольку прямая линия касается не всех экспериментальных «прямоугольников».

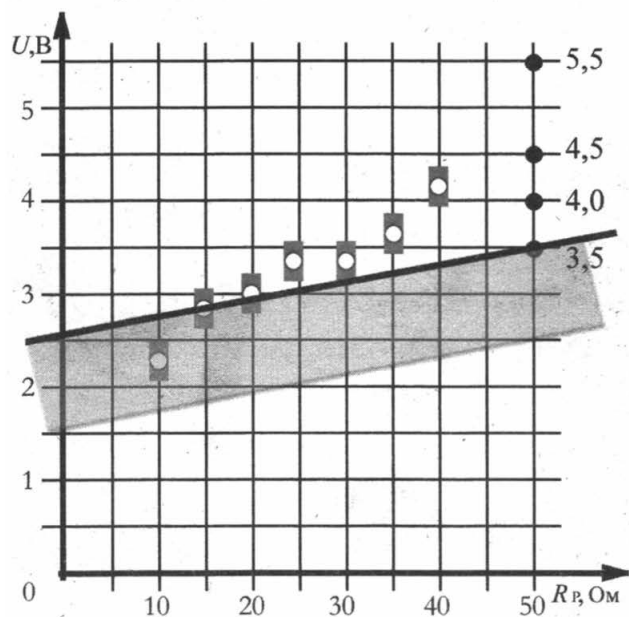


Рис. 1

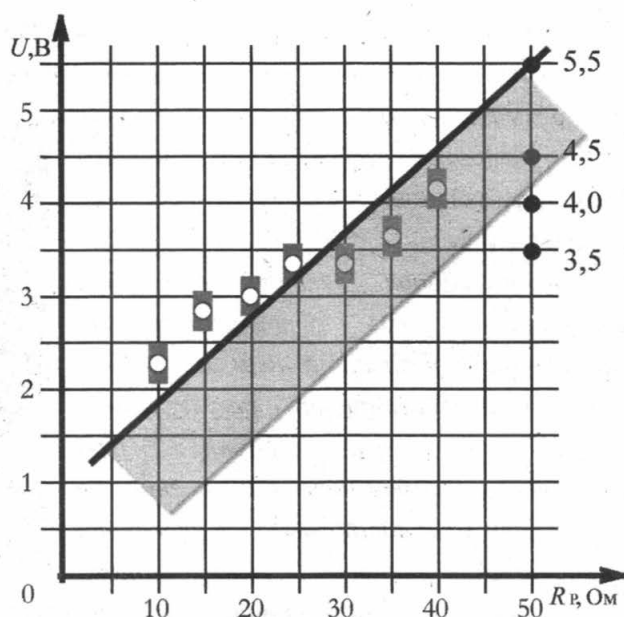


Рис. 2

«Правильной» является прямая, получаемая на рис. 4. На ней при $R_p = 50 \text{ Ом}$ напряжение $U = 4,5 \text{ В}$, что соответствует варианту ответа 3) в задании.

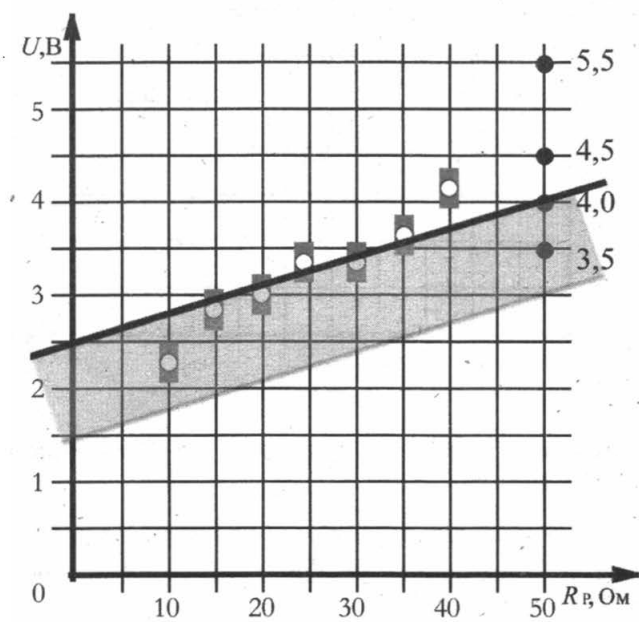


Рис. 3

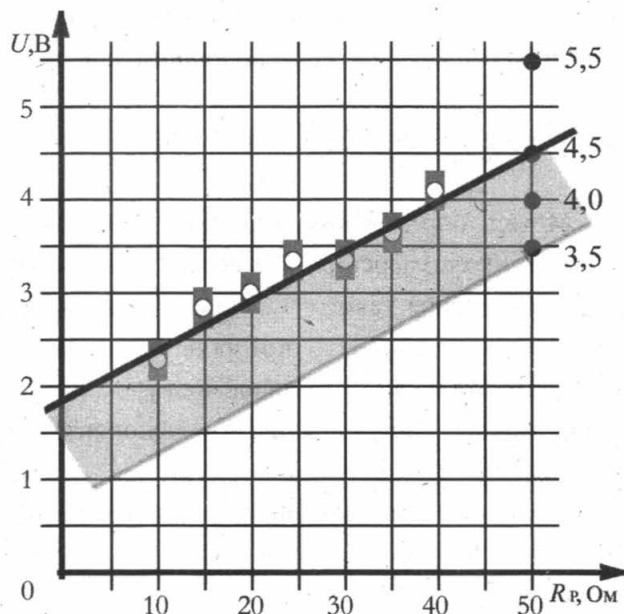
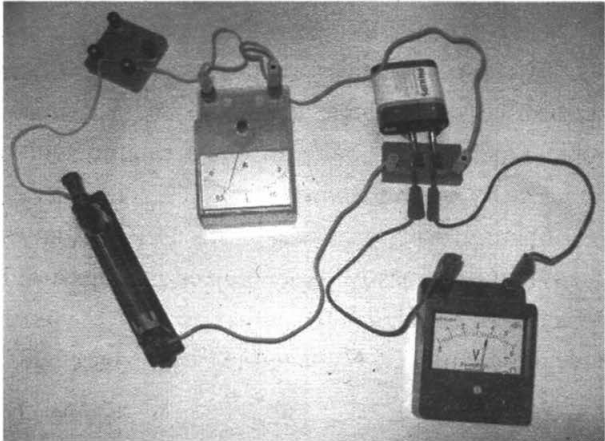


Рис. 4

Заметим, что на рис. 3 значение напряжения будет равно 4 В, на рис. 1 – 3,5 В, на рис 2 – 5,5 В. Ни при каком расположении прямой, проходящей, через все экспериментальные точки, прямая не пройдет так, что при $R_p = 50 \text{ Ом}$ можно будет установить прямоугольник шириной 2 Ом с вертикальной осью проходящей через точку $R_p = 50 \text{ Ом}$ и имеющий высоту 0,4 В, так, чтобы он достиг значений, указанных в вариантах ответов. Проведя такие прямые на рисунке в условии задания, можно убедиться, что предельный интервал значений, который возможно получить в эксперименте это $3,9 \text{ В} < U < 5,1 \text{ В}$. В него попадает только ответ $U = 4,5 \text{ В}$.

Одна из перспективных моделей заданий этого типа - задания высокого уровня части С, для решения которых необходимо построить график, полученный по результатам эксперимента. Приведем пример такого задания.

Пример 3. При изучении закона Ома для полной электрической цепи (см. фото) ученик исследовал зависимость напряжения на полюсах источника тока от силы тока во внешней цепи. Внутреннее сопротивление источника не зависит от силы тока. Результаты прямых измерений силы тока и напряжения приведены в таблице. Сопротивление вольтметра настолько велико, что сила тока, проходящего через него, значительно меньше погрешности измерения силы тока $\Delta I = 0,05$ А. Сопротивление амперметра настолько мало, что напряжение на нём значительно меньше погрешности измерения напряжения $\Delta U = 0,2$ В.



$(U \pm 0,2)$ В	5,0	4,6	4,2	3,8	3,6	3,2
$(I \pm 0,05)$ А	0,40	0,80	1,00	1,50	1,80	2,00

Постройте график зависимости напряжения от силы тока и, пользуясь им, определите ЭДС источника тока и его внутреннее сопротивление.

Образец возможного решения

- 1) В соответствии с законами Ома для полной цепи и участка напряжение на полюсах источника линейно зависит от силы тока: $U = \mathcal{E} - I r$. Отсюда следует, что для нахождения ЭДС надо определить напряжение на полюсах источника при разомкнутой цепи.
- 2) При нахождении ЭДС по результатам данного исследования необходимо построить график зависимости U от I и найти точку его пересечения с вертикальной осью.
- 3) Для построения графика (см. рис. 1») на плоскости « $U; I$ » отмечаются в виде точек результаты измерений и соответствующие интервалы достоверных значений в виде прямоугольников со сторонами $2\Delta U$ и $2\Delta I$.

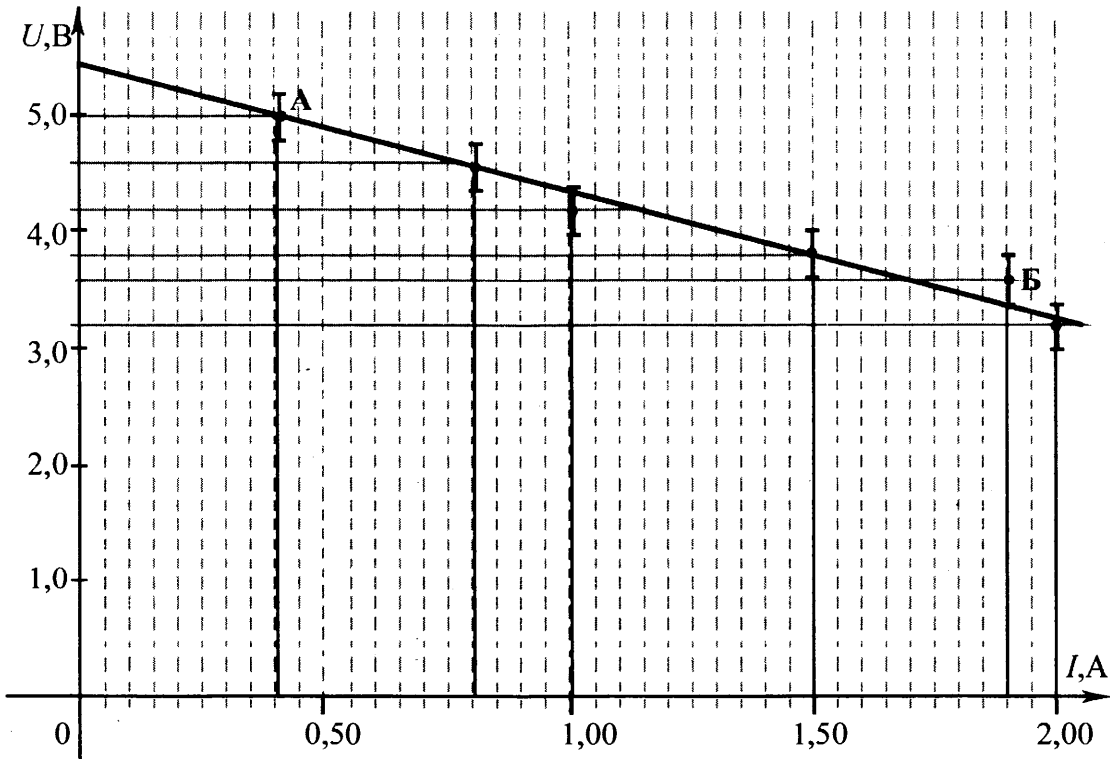


Рис. 1

Экспериментальные «прямоугольники» представлены в виде «отрезков погрешностей», поскольку погрешностью измерения силы тока мала. Через все эти отрезки проводится прямая так, чтобы результаты измерений группировались около прямой.

4) Пусть ученик провёл прямую $ав$ (рис. 1). Тогда ответом является значение $\mathcal{E}_0 = 5,4$ В.

5) Пользуясь построенным графиком, можно найти внутреннее сопротивление источника тока. Для этого на графике выбираются «удобные точки», например A и B . По координатам этих точек можно найти внутреннее сопротивление. Оно равно $1,1$ Ом.

Указания экспертам

Границы верных значений ЭДС и внутреннего сопротивления источника можно определить следующим образом. Проводится две прямые с максимальным и минимальным наклоном проходящие через все экспериментальные точки с учетом ошибок измерения («прямоугольники»). Поскольку отсекаемое по оси U значение определяет ЭДС

$$U_0 = U(0) = \mathcal{E} - 0 \cdot r = \mathcal{E},$$

а тангенс угла наклона зависимости $U = \mathcal{E} - I r$ равен внутреннему сопротивлению, то верным считается любое значение ЭДС из интервала от $5,2$ В до $5,5$ В и внутреннее сопротивление из интервала от $1,0$ Ом до $1,2$ Ом (определено из наклона пунктирных прямых).

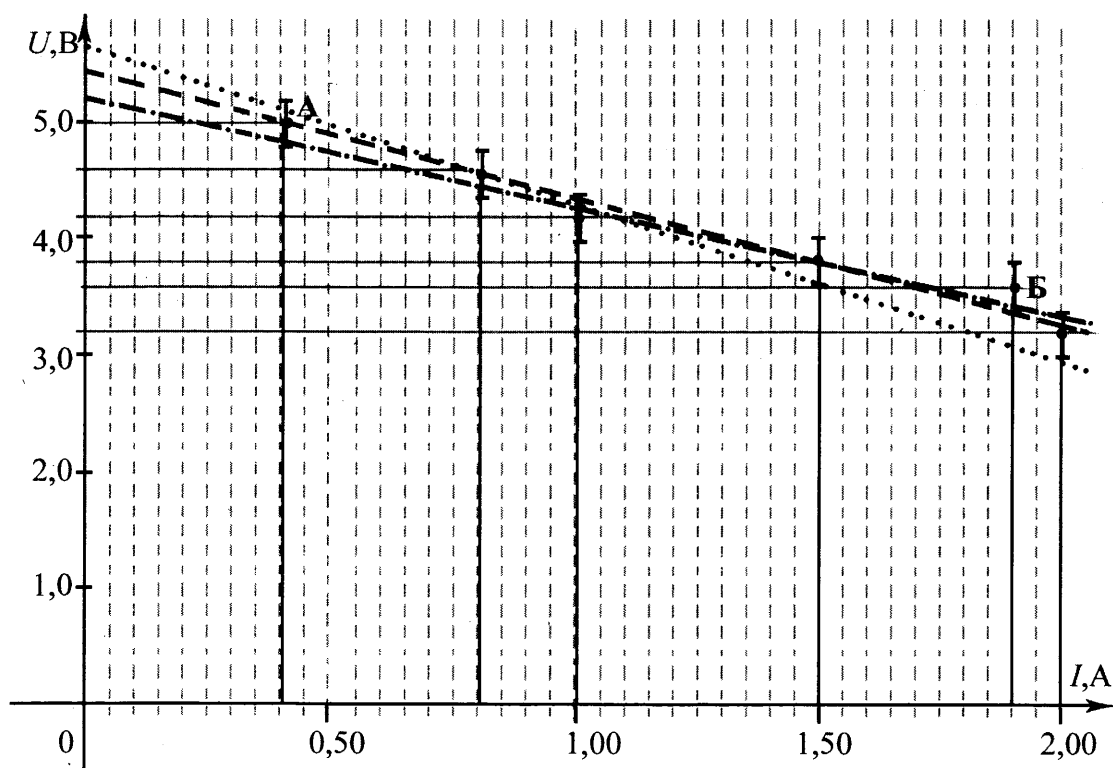


Рис. 2

С учетом того, что эксперимент, соответствующий силе тока $1,8$ А (точка Б), ученик может счесть «выпадающим» (ошибочным) и исключить ее из рассмотрения, точность измерения искомых величин может оказаться меньше. В этом случае возможно проведение прямых, обозначенных на рис. 2 точками, из которых получаются диапазоны для ЭДС от $5,2$ до $5,7$ В, а для внутреннего сопротивления от $0,8$ до $1,4$ Ом.

Поскольку задание основано на экспериментальных данных, то логично и ответ дать с указанием ошибки измерений. Правильным ответом по результатам обработки всех экспериментальных точек будет в связи с вышесказанным

$$\mathcal{E} = (5,4 \pm 0,2) \text{ В и } r = (1,1 \pm 0,1) \text{ Ом}$$

При обработке экспериментальных точек, за исключением точки при $I=1,8A$ будет в связи с вышесказанным

$$\mathcal{E}=(5,5\pm0,3) В и r=(1,1\pm0,3) Ом$$

Поскольку в условии прямо не указано, что следует указать ошибки измерений, то можно при определении величин по единственной прямой (рис. 1) признать верным и ответы

$$\mathcal{E}=5,4 В и r=1,1 Ом$$

Следует снизить оценку, если значения ЭДС и внутреннего сопротивления найдены верно, но не основании графика по двум выбранным точкам из таблицы со значениями экспериментальных значений U и I .

3. Задания по фотографиям измерительных установок были одним из первых типов практико-ориентированных заданий экспериментального характера, который использовался в КИМах после того, когда стало ясно, что задания с лабораторным оборудованием в ближайшее время использоваться не будут.

Внимательный анализ показал, что существует тип заданий по фотографиям, при выполнении которых ученик должен произвести реальные измерения. Простейшие из них – измерения, проводимые линейкой. Такие задания в будущем также могут быть включены в варианты ЕГЭ. Понятно требования к таким заданиям: решение не должно зависеть от масштаба.

Приведем 3 примера таких заданий.

Пример 4 (тип 23, 24).

Свет через узкую щель падает на плоскую поверхность полуцилиндра (см. фото). Воспользуйтесь линейкой, проведите необходимые измерения и определите показатель преломления.

- 1) 1,5
- 2) 1,8
- 3) 2,3
- 4) 1,1

Для решения необходимо определить отношение синуса угла преломления γ к синусу угла преломления α

$$n = \sin \gamma / \sin \alpha$$

Для определения синусов углов с помощью линейки необходимо выполнить дополнительное построение (рис 1) двух прямоугольных треугольников, в которых синус угла определяется по отношению длины противолежащего катета к длине гипотенузы:

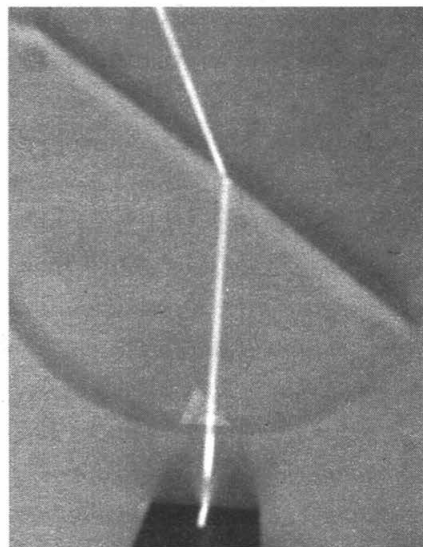
$$\sin \alpha = \frac{DB}{OB} \text{ и } \sin \gamma = \frac{AC}{OA}. \text{ Если выбрать длину отрезков } OB \text{ и } OA \text{ одинаковыми } (OB=OA), \text{ то}$$

выражение для показателя преломления окажется совсем простым

$$n = \frac{AC \cdot OB}{OA \cdot DB} = \frac{AC}{DB}.$$

Таким образом, необходимо

- провести перпендикуляр MN к границе раздела,
- от точки O отложить вдоль лучей одинаковые отрезки OA и OB
- из точек A и B опустить перпендикуляры AC и BD и измерить их длину
- рассчитать показатель преломления как $n = \frac{AC}{DB}$



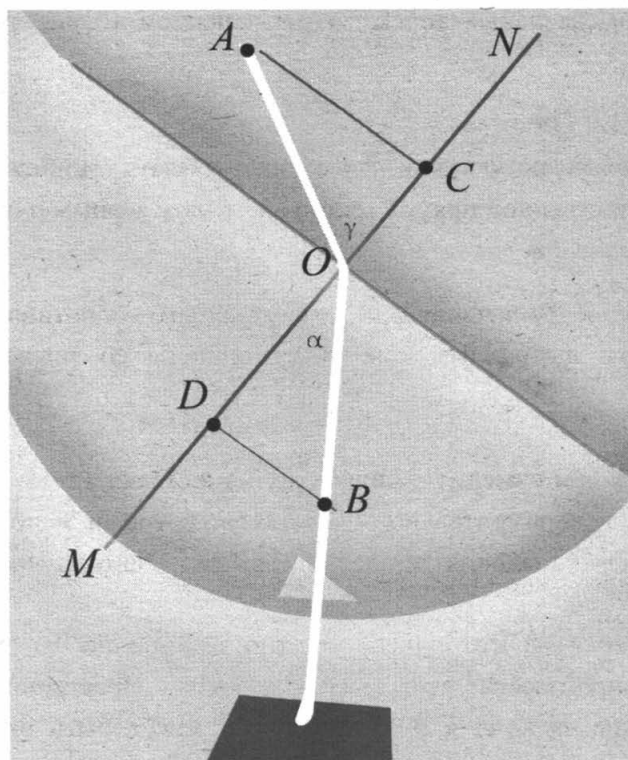


Рис. 1

Даже с учетом того, что с помощью линейки перпендикуляры проводятся не очень точно, а измеряемые расстояния измеряются с точностью до 1 мм, получаемое значение окажется в интервале от 1,4 до 1,6, что позволяет выбрать верный ответ $n = 1,5$.

Пример 5 (повышенный уровень).

На рис. 1 видны треки частиц, движущихся в камере Вильсона, помещенной в магнитном поле с индукцией $B = 2,2$ Тл. Камера наполнена гелием и парами воды. Вектор индукции перпендикулярен плоскости фотографии. Нижний (левый) трек принадлежит протону, кинетическая энергия которого в начале движения равна 1,6 МэВ. По мере движения энергия расходуется на ионизацию паров, наполняющих камеру. Именно на этих ионах и образуются капельки жидкости, которые и фотографируются в виде треков-следов частиц

Выясните, является ли протон в начале движения релятивистским. Воспользовавшись линейкой, выполните необходимые построения и измерения и с учетом масштаба оцените радиус последней трети траектории и средний импульс протона на этом участке траектории.

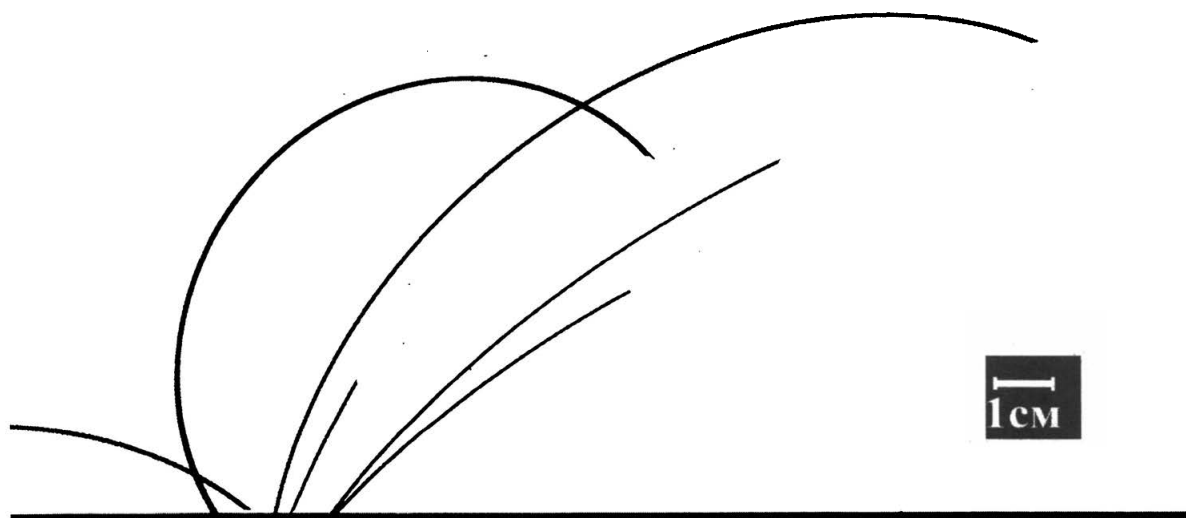


Рис. 1

Образец возможного решения

1) Для выяснения вопроса о том, является ли протон релятивистским, надо сравнить его кинетическую энергию E_k с энергией покоя E_0 . Отношение $\frac{E_k}{E_0}$ приблизительно равно 0,002.

Следовательно, протон можно считать нерелятивистским.

2) Для оценки импульса протона на последней трети траектории определим её радиус R_ϕ по отношению к длине масштабного отрезка в 1 см. Если бы траектория была замкнутой и представляла бы собой спираль (см. Лабораторную работу «Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям», учебник Перышкин А.В., Гутник Е.М. «Физика, 9 кл., издательства «Дрофа»», то её радиус одного витка траектории можно было бы оценить, измеряя «диаметр» одного витка.

В данном случае для определения положения центра окружности, по которой протон движется последнюю треть траектории, проведем две хорды AB и CD на этом участке траектории и найдем их середины M и N , соответственно. Центр окружности O лежит на пересечении перпендикуляров, проходящих через середины двух хорд (рис. 2).

Если измеренный линейкой на фотографии после такого построения радиус трека равен $R_\phi = OK = OP$, а длина масштабного отрезка, измеренного линейкой на фотографии равна L_ϕ , то действительный радиус трека равен $R = \frac{R_\phi}{L_\phi} \cdot 1 \text{ см}$. Результат измерения радиуса трека при любом

масштабе фотографии будет равен приблизительно 3,5 см.

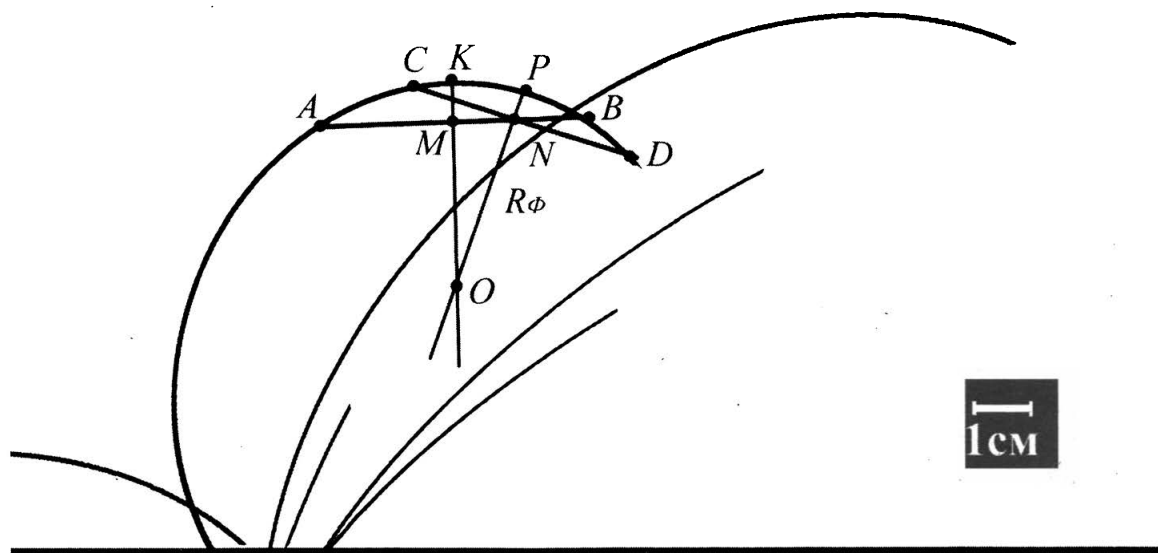


Рис. 2

3) Средний импульс протона оценим, пользуясь соотношением, которое получается из рассмотрения второго закона Ньютона, считая движение для равномерного движения заряженной частицы по окружности в однородном магнитном поле

$$m \frac{v^2}{R} = Bvq.$$

Откуда $p = mv = qBR$

Вычисления дают:

$$p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 2,2 \text{ Тл} \cdot 0,035 \text{ м} = 1,2 \cdot 10^{-20} \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Отметим, что вследствие непрерывного торможения частицы в камере Вильсона за счет потери энергии при ионизации молекул воды и гелия, радиус кривизны траектории будет постоянно меняться, то есть частица будет двигаться не по окружности. Однако примененная методика измерения радиуса кривизны достаточно груба и заметить это при таком измерении достаточно сложно. Так, например, длины отрезков OA , OB , OC , OD , OK и OP с точностью до 5% равны между собой, что должно выполняться только в случае, если траектория является окружностью.

Пример 6 (Задание высокого уровня).

На рисунке 1 показана фотография рычага, который находится в равновесии под действием груза и пружины динамометра. Определите силу тяжести стального диска и модуль силы реакции в оси кронштейна, используя показания динамометра и измерив необходимые величины линейкой. Массой рычага можно пренебречь.

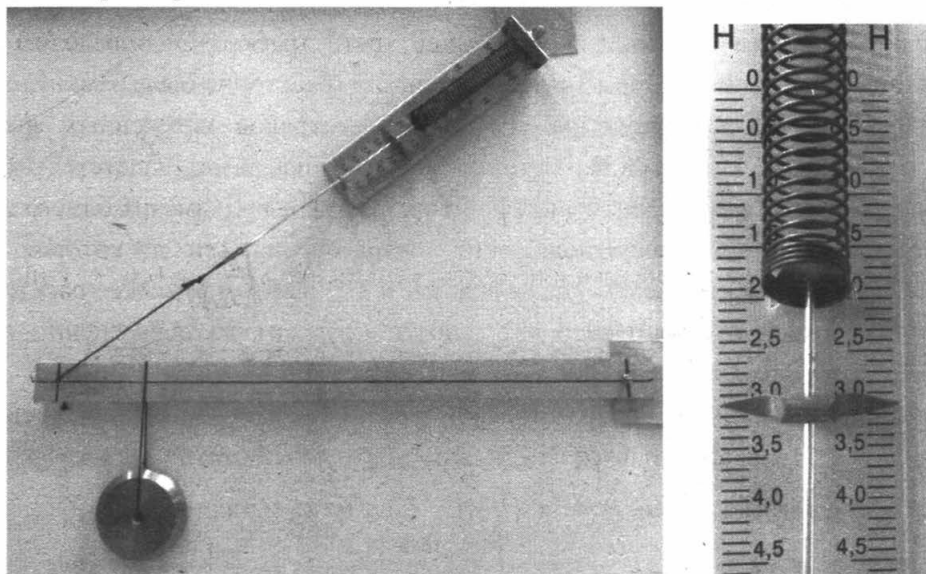


Рис. 1

Возможное решение.

Для решения задачи проводятся соответствующие построения для нахождения плеч сил на рисунке (рис. 2). Рассматривая условие равновесия рычага относительно точки А, можно записать правило равенство моментов сил натяжения пружины и нити с грузом:

$$F_H \cdot AD = mg \cdot AB.$$

Отсюда $mg = \frac{AD}{AB} \cdot F_H$, где сила натяжения согласно показаниям динамометра $F_H = (3,0 \pm 0,1) \text{ Н}$.

Отношение $\frac{AD}{AB} = 0,68$ может быть найдено на основе измерения линейкой соответствующих отрезков (рис. 2). Соответственно, $mg = 2,0 \text{ Н}$.

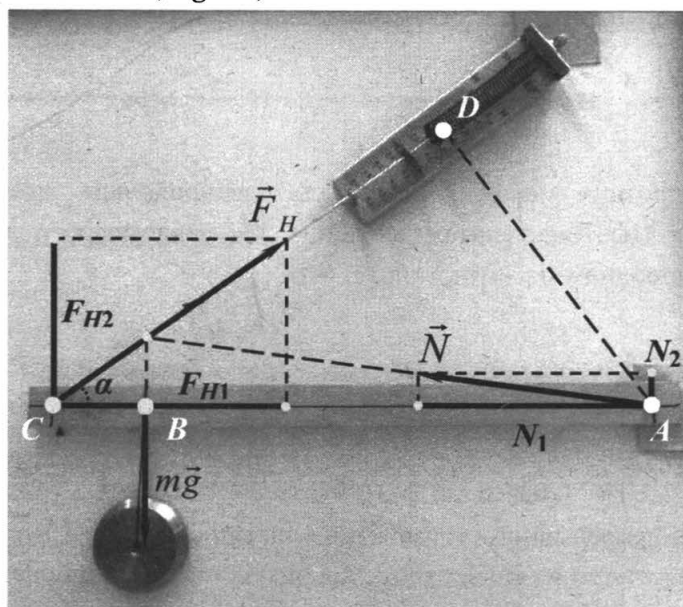


Рис. 2

2) Модуль силы реакции в оси рычага через составляющие на вертикальную и горизонтальную оси (рис. 2) запишется как $N = \sqrt{N_1^2 + N_2^2}$. Из условия равновесия рычага следует равенство нулю суммы всех сил, действующих на него $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_H = 0$, откуда в проекциях на горизонтальную и вертикальную ось получим

$$N_1 = F_H \cdot \cos \alpha$$

$$N_2 + F_H \cdot \sin \alpha = mg$$

Для нахождения $\cos \alpha$ надо найти $\frac{CD}{CA}$, $\cos \alpha = \frac{CD}{CA} = 0,8$. Следовательно

$$N_1 = 3,0 \cdot 0,8 = 2,4 \text{ Н.}$$

Для нахождения $\sin \alpha$ надо аналогично найти отношение $\frac{AD}{CA} = 0,6$ или воспользоваться

формулой тригонометрии $\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$. Откуда $F_{H2} = 1,8 \text{ Н}$ и

$$N_2 = mg - 1,8 = 2,0 - 1,8 = 0,2 \text{ Н.}$$

Таким образом, сила реакции $N = \sqrt{(2,4)^2 + (0,2)^2} \approx 2,4 \text{ Н.}$

Ответ: $mg = 2,0 \text{ Н}$, $N = 2,4 \text{ Н}$.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
-----------------------	---

РАЗДЕЛ I. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЕДИНОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ ЭКЗАМЕНУ В 2015 г.

1. Основные типы заданий в варианте ЕГЭ и критерии их оценивания	4
2. Методические указания алгоритмического типа по анализу заданий ЕГЭ (на примере темы «Кинематика»)	15

РАЗДЕЛ II. ТРЕНИРОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕДИНОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ ЭКЗАМЕНУ 2015 г.

1. Задания, проверяющие усвоение элементов содержания Кодификатора (задания № 1–27 в варианте ЕГЭ).....	39
Тематический блок № 1 «Кинематика»	39
Тематический блок № 2 «Динамика».....	43
Тематический блок № 3 «Законы сохранения в механике»	48
Тематический блок № 4 «Механические колебания и волны»	52
Тематический блок № 5 «Молекулярная физика. Термодинамика»	54
Тематический блок № 6 «Электростатика».....	67
Тематический блок № 7 «Постоянный ток».....	72
Тематический блок № 8 «Магнитное поле»	78
Тематический блок № 9 «Электромагнитные колебания и волны».....	84
Тематический блок № 10 «Геометрическая оптика».....	88
Тематический блок № 11 «Волновая оптика».....	92
Тематический блок № 12 «Специальная теория относительности»	96
Тематический блок № 13 «Квантовая физика. Атом».....	97
Тематический блок № 14 «Ядерная физика»	103
Тематический блок № 15 «Методы научного познания».....	108
2. Задания, проверяющие умение дать развернутый ответ на качественный вопрос (задание № 28 в варианте ЕГЭ).....	118
3. Задания, проверяющие умение дать развернутое решение расчетной задачи (задания № 29–32 в варианте ЕГЭ).....	124

РАЗДЕЛ III. ОТВЕТЫ К ТРЕНИРОВОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ-2015

1. Ответы на тренировочные задания типа № 1–27	128
2. Возможные решения тренировочных заданий типа № 28	132
3. Возможные решения тренировочных заданий типа № 29–32	140

ПРИЛОЖЕНИЯ

<i>Приложение 1. Список формул, отражающих определения и законы школьного курса физики</i>	149
<i>Приложение 2. Справочные данные</i>	155
<i>Приложение 3. Список дополнительной литературы и электронных изданий по подготовке к ЕГЭ по физике.....</i>	156
<i>Приложение 4. Перспективные модели практико-ориентированных заданий экспериментального характера</i>	157