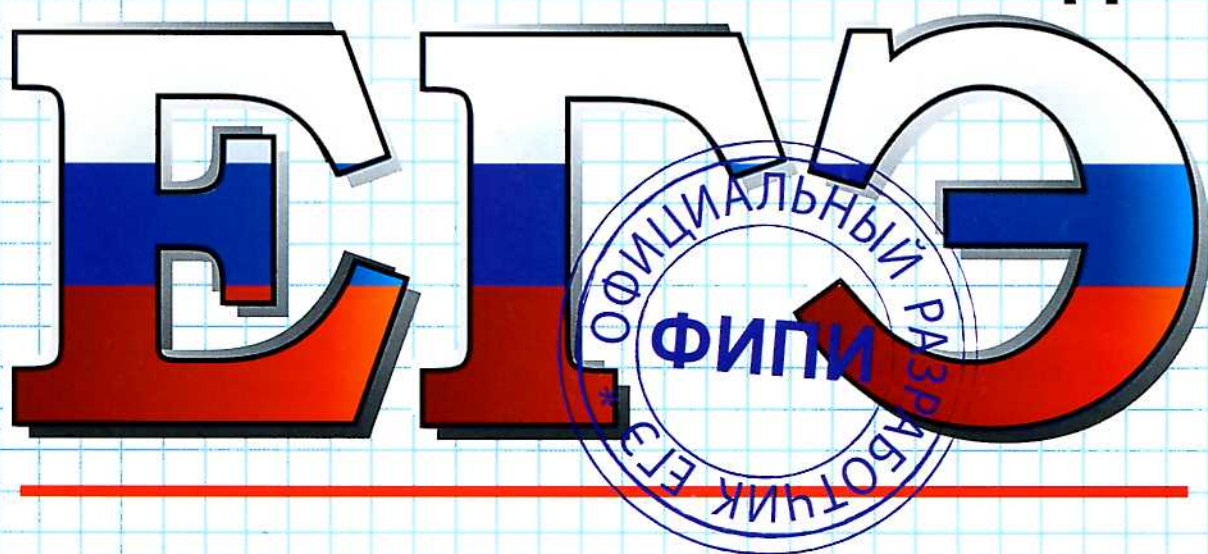




РАЗРАБОТАНО ФИПИ
ФИЗИКА

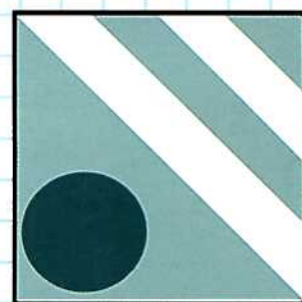
ТЕМАТИЧЕСКИЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ

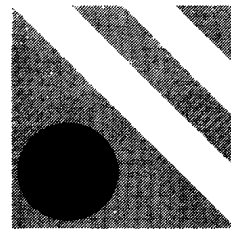
ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

2011



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ

ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ



ЕГЭ

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

В.И. Николаев, А.М. Шипилин

ФИЗИКА

Основные понятия, законы, формулы

Тематические задания

Задания формата ЕГЭ

*Диагностические и контрольные
варианты экзаменационной работы*

Контрольные варианты

Ответы с решениями

*Издательство
«ЭКЗАМЕН»
МОСКВА, 2011*

Николаев, В.И.

Н63 ЕГЭ. Физика. Тематические тестовые задания ФИПИ / В.И. Николаев, А.М. Шипилин. — М.: Издательство «Экзамен», 2011. — 167, [1] с. (Серия «ЕГЭ. Тематические тестовые задания»)

ISBN 978-5-377-03853-5

Тематические тестовые задания по физике, созданные специалистами Федерального института педагогических измерений, ориентированы на подготовку учащихся средней школы к успешной сдаче ЕГЭ.

Книга содержит множество тематических заданий для отработки каждого элемента содержания ЕГЭ по физике, а также диагностические и контрольные варианты экзаменационной работы.

Уникальная методика подготовки, разработанная специалистами ФИПИ, поможет учащимся научиться правильно оформлять работу, выявлять критерии оценивания, акцентировать внимание на формулировках ряда заданий и избегать ошибок, связанных с невнимательностью и рассеянностью на экзамене.

Использовать предлагаемые тестовые задания можно как в классе, так и дома.

Книга рассчитана на один учебный год, однако при необходимости позволит в кратчайшие сроки выявить пробелы в знаниях ученика и отработать задания, в которых допускается больше всего ошибок, непосредственно за несколько дней до экзамена.

Издание предназначено для учителей физики, родителей и репетиторов, а также учащихся средней школы.

Учебные пособия издательства «Экзамен» допущены Министерством образования и науки Российской Федерации к использованию в общеобразовательных учреждениях на основании приказа № 729.

УДК 372.8:53
ББК 74.262.22

Подписано в печать 23.07.2010. Формат 60х90/8. Гарнитура «Школьная».
Бумага газетная. Уч.-изд. л. 5,96. Усл. печ. л. 16.
Тираж 50 000 экз. Заказ № 2113.

ISBN 978-5-377-03853-5

© ФИПИ, 2011

© Николаев В.И., Шипилин А.М., 2011

© Издательство «**ЭКЗАМЕН**», 2011

© Художественное оформление «Издательство «**ЭКЗАМЕН**», 2011

Содержание

Введение	3
Что представляет собой «Рабочая тетрадь»?	4
Два типовых вопроса по физике	5
Ошибки общего характера. Как их избежать?	7
Как помочь самому себе?	8
О разновидностях заданий	9
Диагностический вариант экзаменационной работы	12
Инструкция по выполнению работы	12
Ответы к заданиям диагностической экзаменационной работы	25
Решения заданий части С диагностической экзаменационной работы	26
Материалы для подготовки к ЕГЭ по физике	28
1. Механика	29
1.1. Основные понятия	29
1.2. Формулировки законов и формулы	30
1.3. Примеры и пояснения к решениям	31
1.4. Задания для самопроверки	37
2. Молекулярная физика	42
2.1. Основные понятия	42
2.2. Формулировки законов и формулы	42
2.3. Примеры и пояснения к решениям	43
2.4. Задания для самопроверки	49
3. Термодинамика	54
3.1. Основные понятия	54
3.2. Формулировки законов и формулы	54
3.3. Примеры и пояснения к решениям	55
3.4. Задания для самопроверки	61
4. Электричество и магнетизм	66
4.1. Основные понятия	66
4.2. Формулировки законов и формулы	67
4.3. Примеры и пояснения к решениям	68
4.4. Задания для самопроверки	74
5. Колебания и волны	80
5.1. Основные понятия	80
5.2. Формулировки законов и формулы	81
5.3. Примеры и пояснения к решениям	81
5.4. Задания для самопроверки	86
6. Оптика	92
6.1. Основные понятия	92
6.2. Формулировки законов и формулы	92
6.3. Примеры и пояснения к решениям	93
6.4. Задания для самопроверки	99
7. Специальная теория относительности (СТО)	105
7.1. Основные понятия	105
7.2. Формулировки законов и формулы	105
7.3. Примеры и пояснения к решениям	106
7.4. Задания для самопроверки	107
8. Квантовая физика	108
8.1. Основные понятия	108
8.2. Формулировки законов и формулы	108
8.3. Примеры и пояснения к решениям	109
8.4. Задания для самопроверки	114
Контрольные варианты экзаменационной работы	120
Инструкция по выполнению работы	120
Вариант 1	122
Вариант 2	131
Проверьте себя	140
1. Ответы к примерам	140
2. Ответы к заданиям для самопроверки	141
3. Ответы к заданиям контрольных экзаменационных работ	142
Решения заданий части А повышенной сложности	143
Решения заданий части С	151
Решения заданий части С контрольных экзаменационных работ	163
Вариант 1	163
Вариант 2	165
Заключение	167

ВВЕДЕНИЕ

ЧТО ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ «РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ»?

Это пособие – для тех, кто изучает физику в школе и готовится к Единому государственному экзамену по физике. Авторы старались сделать тетрадь удобной как для текущих занятий, так и для систематизации накопленных знаний по физике.

Как устроена «Рабочая тетрадь»?

1. Это именно «Рабочая тетрадь»: в ней можно и нужно делать записи в ходе занятий. Для этого предусмотрены свободные места. По мере изучения школьного курса физики точка зрения хозяина «Рабочей тетради» может меняться. Поэтому все такие записи советуем делать мягким карандашом: так легче будет вносить поправки и исправлять ошибки. Это касается, конечно, не только теоретического материала, но и заданий, предлагаемых для решения.

2. Весь учебный материал в «Рабочей тетради» распределяется в соответствии со структурой школьного курса физики. Всего выделено восемь учебных тем, начиная с «Механики» и кончая «Квантовой физикой». В отличие от традиционного разбиения по темам, раздел «Колебания и волны» помещен отдельно от разделов «Механика» и «Электричество и магнетизм». Это дает возможность обратить внимание учащихся на сходные особенности механических и электромагнитных колебаний и волн.

3. «Рабочую тетрадь» можно рассматривать как копилку знаний, для чего каждая из восьми тем начинается с «Основных понятий». Продвигаясь по обычной схеме «от простого к сложному», школьник-старшеклассник повторяет пройденные ранее понятия, осваивает терминологию физики. По тем же соображениям выделены «Формулировки законов» и формулы к ним. Ведь действительно физические законы – это самое важное, что есть в физике. Их формулировки не случайно помещены сразу после «Основных понятий». Логика проста: при рассмотрении каждого очередного физического закона сначала вводят необходимые новые понятия и только вслед за этим анализируют содержание физического закона.

4. «Рабочую тетрадь» можно рассматривать и как учебный полигон. Она содержит большое количество заданий по всем основным темам. Как правило, эти задания взяты из материалов ЕГЭ по физике последних лет. В своей совокупности задания, содержащиеся в «Рабочей тетради», дают учащимся достаточно полное представление о разнообразии физических задач, встречающихся на ЕГЭ, и об уровне их сложности.

5. В самом начале «Рабочей тетради» помещен раздел «Два типовых вопроса по физике». Нетрудно убедиться, что именно эти два вопроса чаще всего встречаются при изучении каждой новой темы. Вот их типовая конструкция: «Что это такое?» и «Приведите пример». Практика преподавания показывает, что в лучшем случае учащиеся осваивают лишь первый из вопросов. В «Рабочей тетради» приводятся многочисленные примеры двух названных учебных вопросов по физике.

6. «Рабочая тетрадь» содержит анализ типичных ошибок, которые встречаются в решениях задач по физике, в том числе и на ЕГЭ. Негативная роль таких ошибок в формировании итоговой экзаменационной оценки бывает столь велика, что учащимся необходимо не только ознакомиться с ними, но и запомнить все подобные «сюжеты». Тем же целям служит и раздел «Как помочь самому себе?».

7. Напомним и о том, что экзаменационные задания ЕГЭ разделены на три части: А, В и С. В «Рабочей тетради» сохранена именно такая их систематизация. Часть А содержит 25 заданий (А1–А25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один. Часть В содержит 4 задания (В1–В4), на которые следует дать краткий ответ в виде набора цифр. Часть С состоит из 6 заданий (С1–С6), на которые требуется дать развернутый ответ.

8. Учащимся надо иметь в виду, что в пределах каждой из этих трех частей встречаются задания различного типа. Среди них – расчетные задания, качественные, «эксперименты по фотографии», задания на соответствие предлагаемых вопросов и ответов на них, на анализ графиков, по истории физики, на анализ размерностей физических величин. В «Рабочей тетради» нашли отражение все эти разновидности заданий.

9. Задания для ЕГЭ по физике разбиты на три уровня сложности. Эти три уровня – базовый, повышенный и высокий. Задания базового уровня содержатся в частях А и В, повышенного – в частях А (А7, А12, А19, А23, А25), В (В2, В4) и С (С1), а высокого – в части С (С2–С6).

С учетом этих всех обстоятельств и разрабатывалась структура «Рабочей тетради». Хотелось бы надеяться, что она окажется не только полезной для учащихся, но и удобной.

ДВА ТИПОВЫХ ВОПРОСА ПО ФИЗИКЕ

Рассмотрим теперь несколько подробнее две основные разновидности типовых учебных вопросов по физике.

На этапе изучения материала по каждой из тем именно эти два вопроса лучше других помогают не только понять смысл прочитанного, но и запомнить самое главное из того, что требуется для решения задач.

Изучение очередной темы начинается с вопроса первого типа: «Что это такое?» Его не следует понимать буквально. Это – всего лишь обобщенная версия вопроса. Ответом на него могут быть: определение вводимой в рассмотрение физической величины, формулировка закона или теоремы, написание формулы, изображение часто встречающегося графика, схема известного опыта. Он и по форме своей вовсе не обязательно должен быть таким, как приведенная выше его версия.

Вот примеры других его словесных конструкций (все они – не вопросительные!):

«Дайте определение ...»;

«Сформулируйте ...»;

«Напишите формулу (уравнение) ...»;

«Нарисуйте график ...»;

«Изобразите схему опыта ...».

Вопрос второго типа труднее первого. Ведь он затрагивает личное мнение учащегося. Чтобы научиться правильно отвечать на него, надо достаточно свободно ориентироваться во всем пройденном материале. Тот, кто хочет разобраться в премудростях школьного курса физики, должен обязательно потратить время на учебные вопросы этой второй разновидности. Как правило, в школьных книгах по физике примерам отводится роль иллюстраций или пояснений по обсуждаемым физическим явлениям. Значит, учащийся должен сам обращать внимание в своей учебе на эту сторону дела.

Есть и еще одно обстоятельство, заставляющее по-разному относиться к двум типовым вопросам. Вопросов первой разновидности довольно много в школьном курсе – несколько более сотни. Что же касается вопросов второго типа, их число неизмеримо больше. Лучшее объяснение этому – тот факт, что физика – это наука о природе, о физических явлениях в окружающем мире и их законах, о бесчисленных проявлениях этих законов.

А теперь приведем конкретные примеры первой разновидности учебных вопросов – «Что это такое?»:

- 1) Что такое материальная точка?
- 2) Что такое уравнение движения?
- 3) Сформулируйте третий закон Ньютона.
- 4) Изобразите силы, действующие на тело, покоящееся на наклонной шероховатой опоре.
- 5) Дайте определение абсолютно упругого удара.
- 6) Сформулируйте основные положения молекулярно-кинетической теории.
- 7) Дайте определение относительной влажности воздуха.
- 8) Что такое удельная теплоемкость вещества?
- 9) Нарисуйте схему тепловой машины Карно.
- 10) Что такое потенциал электрического поля?
- 11) Сформулируйте правило Ленца.
- 12) Что такое правило левой руки?
- 13) Напишите формулу для периода колебаний математического маятника.
- 14) Нарисуйте, один под другим, два графика для колебательного контура – заряда Q на обкладках конденсатора и его электрической энергии W в зависимости от времени t .
- 15) Сформулируйте второй постулат специальной теории относительности.
- 16) Нарисуйте ход лучей, формирующих изображение светящейся точки в плоском зеркале.
- 17) Напишите формулу тонкой собирающей линзы.
- 18) Нарисуйте схему опыта по интерференции света от двух когерентных источников.
- 19) Напишите уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
- 20) Что такое нуклоны?

Вот конкретные примеры второго типового вопроса – «Приведите пример»:

- 1) Приведите пример закона динамики.
- 2) Приведите пример замкнутой системы тел.
- 3) Приведите пример физической величины, имеющей размерность Дж.
- 4) Приведите пример применения правила рычага.
- 5) Приведите пример абсолютно неупругого удара.
- 6) Приведите пример безразмерной физической величины из раздела «Механика».
- 7) Приведите пример одной из основных констант.
- 8) Приведите пример изопротесса.
- 9) Приведите пример процесса в системе, при котором изменяется агрегатное состояние вещества.
- 10) Приведите пример закона из раздела «Электричество и магнетизм».
- 11) Приведите пример применения закона Ома для замкнутой цепи постоянного тока.
- 12) Приведите пример применения правила левой руки.
- 13) Приведите пример знаменитого опыта из раздела «Электричество и магнетизм».
- 14) Приведите пример применения трансформатора для бытовых целей.
- 15) Приведите пример физической величины, изменяющейся в ходе электромагнитных колебаний в колебательном контуре.

- 16) Приведите пример физического закона, к которому относится второй постулат Эйнштейна.
- 17) Приведите пример схемы опыта по наблюдению явления полного внутреннего отражения света.
- 18) Приведите пример схемы опыта по наблюдению дифракции света.
- 19) Приведите пример прибора, предназначенного для обнаружения радиоактивности.
- 20) Приведите пример закона, связывающего три физические величины.

ОШИБКИ ОБЩЕГО ХАРАКТЕРА. КАК ИХ ИЗБЕЖАТЬ?

Особого внимания заслуживает вопрос об ошибках учащихся и путях их устранения. Впечатляет разнообразие этих ошибок. Оно вполне соответствует разнообразию явлений и законов, которые изучаются в школьном курсе физики. Из-за этого нетривиального обстоятельства очень непросто выделить разновидности тех ошибок, которые совершают школьники и абитуриенты при решении физических задач на ЕГЭ.

Тем не менее, на фоне всего многообразия ошибок и заблуждений можно увидеть часто встречающиеся «сюжеты», в которых решающий задачу обнаруживает свою некомпетентность. Здесь имеются в виду ошибки общего характера. Они не связаны непосредственно с содержанием того или иного раздела физики. Причина их появления – в отсутствии общих навыков, необходимых для решения физических задач.

Представляется очевидным, что учащиеся, готовясь к экзаменам, должны заблаговременно узнать, какие ошибки общего характера совершаются теми, кто сдает ЕГЭ. Не следует при этом упускать из виду, что, помимо общих полезных навыков, надо владеть еще и знаниями по конкретным разделам физики.

А теперь – подробнее обо всем по порядку: сначала – об ошибках общего характера, затем – примеры ошибок по конкретным темам (в следующих разделах «Рабочей тетради»).

1. Главное – система! Есть и другая версия этого лозунга: «Все надо приводить в систему!». Надо помнить прежде всего, что в основе методов решения физических задач лежат физические законы. Чтобы опираться на них при решении задач, надо знать эти законы. А для этого надо потратить время на внимательное знакомство с ними. Многие школьники останавливаются на этом начальном этапе изучения физических законов. А ведь это далеко не все. Еще надо потратить время на выучивание формулировок законов.

Среди физических законов встречаются такие, которые формулируются одними лишь словами. Таковы, например, закон Паскаля и постулаты специальной теории относительности. Однако есть немало законов, словесная формулировка которых сопровождается формулой. Например, закон всемирного тяготения, первое начало термодинамики, закон электромагнитной индукции, законы отражения и преломления света.

Выучив формулировки законов, надо закрепить знания по пройденному материалу. Этой цели служат примеры и задания.

Следование данным здесь рекомендациям по изучению физических законов будет одной из эффективных мер по профилактике ошибок.

2. Есть еще одно полезное правило, связанное с выработкой навыков решения задач. Оно относится к тем случаям, когда решение задачи начинается с составления исходной системы уравнений. Правило гласит: «В исходной системе уравнений каждое уравнение должно иметь свое название». В качестве таких названий могут выступать не только названия физических законов.

Вот примеры:

- «уравнение движения»,
- «закон Гука»,
- «формула для периода колебаний пружинного маятника»,
- «закон Бойля – Мариотта»,
- «уравнение теплового баланса»,
- «закон Джоуля – Ленца»,
- «формула тонкой линзы»,
- «условие интерференционного максимума»,
- «уравнение фотоэффекта».

3. Большое внимание надо уделить самому последнему этапу решения задачи – анализу полученного результата. Стратегическая ошибка многих учащихся в том, что они не выработали у себя привычки анализировать так называемый ответ. Конкретные проявления этого изъяна в школьном образовании могут быть различными.

Вот примеры такой неосмотрительности:

- 1) в качестве ответа приведена не та величина, которая требовалась по условию задачи;
- 2) размерность найденной физической величины не соответствует ее физическому смыслу (что свидетельствует об ошибке либо в исходных уравнениях, либо в преобразованиях);
- 3) не проведено заданное округление численного ответа или же он не выражен в заданных единицах;
- 4) не проведен анализ знака квадратных корней в приводимом ответе;
- 5) ответ и график к нему противоречат друг другу;
- 6) не проведена общая оценка разумности полученного результата (например, искомая скорость тела оказалась больше скорости света).

4. В ходе ЕГЭ встречается и еще одна ошибка общего характера. Многие абитуриенты пытаются угадать правильный ответ вместо того, чтобы решать задачу. Это относится, конечно, к заданиям части А. К ним, в отличие от заданий из частей В и С, прилагается по четыре варианта ответа, из которых правильный – только один. Задания части А – самые многочисленные: их общее число достигает 25 (тогда как число заданий частей В и С – соответственно 4 и 6). Не секрет, что в ходе подготовки к ЕГЭ многие учащиеся тренируют свое умение именно угадывать ответ на поставленный вопрос.

5. Итак, мы обсудили кратко ошибки общего характера, которые допускают учащиеся, готовясь к экзамену по физике и в ходе экзамена. Теперь, подводя итоги, можно ответить на поставленный вопрос: как же избежать этих ошибок? Ответ на него очевиден и не содержит в себе ничего оригинального. Суть ответа содержится в главной рекомендации учащимся: при изучении физики (как, впрочем, и других учебных дисциплин) надо выработать у себя привычку оценивать ситуацию, выделяя главное на фоне второстепенного.

Хотелось бы надеяться, что надежным помощником окажется в этом «Рабочая тетрадь».

КАК ПОМОЧЬ САМОМУ СЕБЕ?

Экзамен, в том числе и ЕГЭ по физике, – очень ответственное испытание. Даже если готовиться заблаговременно, трудно бывает избавиться от волнения, связанного с этим событием в жизни. В такой ситуации экзаменуемому поможет опыт других людей. Физика, в том числе и как школьный учебный предмет, столь обширна, что на экзамене можно растеряться, забыв даже то, что, казалось бы, хорошо помнил.

Вот когда могут помочь советы!

1. Вместо того чтобы паниковать, полезно, читая условие очередного задания, спросить себя: «На какую тему задание?» Поиски ответа на этот вопрос могут привести в нужный раздел курса физики. Если вы хорошо учили уроки, то обязательно удастся вспомнить физические законы, имеющие отношение к данному заданию. А заодно и требуемые формулы вспомните. Надо ли доказывать, сколь важно помнить формулировки физических законов и формулы к ним?

2. Большое подспорье – чертежи и графики. Это – при очевидном условии, что они имеются в задании. Есть и другая оговорка: экзаменуемый должен не только уметь сам изобразить требуемые чертежи и графики, но и достаточно хорошо разбираться в «чужих». В «Рабочей тетради» представлено немало заданий, в которых имеются готовые чертежи и графики. Полезно проделать и такой опыт над самим собой: изъять из задания все чертежи и графики. Исход очевиден: без изъятых «подсказок» задания покажутся более трудными!

3. Давно известно, что тому, кто сдает экзамен по физике, большую уверенность в себе дает знание математики. Оно и понятно: ведь математика – один из главных инструментов в решении физических задач. Но никогда нельзя забывать о физическом смысле величин, встречающихся в ходе решения!

4. Есть и еще один полезный ориентир, связанный с математикой. Учащемуся надо выработать у себя привычку воздерживаться от математических преобразований в самом начале выполнения задания. Разумеется, это далеко не всегда возможно, но стремиться к этому следует. В упрощенном виде этот рецепт можно сформулировать так: сначала – система уравнений, потом – ее решение.

5. Учителя средних школ, как и преподаватели вузов, хорошо знают, что учащиеся, школьники и студенты, редко прибегают к помощи правила размерностей. А жаль: ведь с его помощью может быть обнаружена ошибка на любом этапе выполнения задания: при записи исходной системы уравнений, в ходе ее преобразований, при анализе ответа.

6. В ходе выполнения заданий ЕГЭ вовсе нет необходимости продвигаться в соответствии с номерами этих заданий. Если задание показалось слишком сложным, имеет смысл переключиться на другие – с тем, чтобы вернуться к нему позднее. Об этом, кстати, сказано и в инструкции, которая прилагается к заданиям ЕГЭ. По мере того, как накапливается число решенных задач, к экзаменуемому возвращается уверенность в себе.

7. Как правило, одни и те же по смыслу физические величины обозначаются в различных школьных книгах по физике одними и теми же буквами. Это обстоятельство может быть использовано в качестве своеобразной «подсказки». Если вы, готовясь к экзамену заблаговременно, учили не только формулировки определений и законов, но и формулы к ним, вы без особых усилий вспомните формулы (а значит, и нужный раздел физики!), в которых встречаются буквенные обозначения величин данного задания.

О РАЗНОВИДНОСТЯХ ЗАДАНИЙ

Задания, которые встречаются на ЕГЭ по физике, весьма разнообразны – как по содержанию, так и по форме. Готовясь к экзамену, надо позаботиться о том, чтобы не упустить из виду вопрос о разновидностях заданий. Это поможет не только ориентироваться в материалах «Рабочей тетради» в ходе подготовки, но и избежать неожиданностей на самом экзамене.

Перечислим разновидности заданий, которые встречаются на ЕГЭ по физике. Тут же дадим краткие комментарии по поводу каждой из них.

1. Задания на знание физических законов.

Это – самая важная разновидность, поскольку физические законы – в основе методов решения всех физических задач. См. примеры: задания №№ 1.3.8(A), 1.4.16(C), 4.3.1(A).

2. Задания на знание терминологии (и определений физических величин).

Своим существованием задания данного типа напоминают всем учащимся в очередной раз: надо учить язык физики! Как часто приходится видеть, в том числе и на экзамене, что общепринятая трактовка физических понятий подменяется собственным мнением! См. примеры: №№ 2.3.2(A), 2.3.8(A), № 6.3.10(A).

3. Задания на знание основных формул физики.

Формулы в физике связывают, как известно, три и более величин. На этой взаимосвязи обычно и строится «сюжет» задачи. Отсюда и вывод: учить надо не только физические законы, но и формулы к ним! См. примеры: №№ 2.4.6(A), 2.4.9(A), 3.3.6(A).

4. Расчетные задания.

Таких заданий большинство. Уже по этому факту можно судить, сколь велика роль математики. Напомним, что вы должны уметь, в частности, делать: составлять систему уравнений (и решать ее), находить проекцию вектора на заданное направление, округлять численные значения величин, анализировать ответ, полученный в буквенном виде (например, рассматривать характерные частные случаи). См. примеры: №№ 1.3.15(C), 2.4.16(C), № 4.4.5(A).

5. Качественные задания.

Для выполнения таких заданий потребуется умение рассуждать, сравнивая предлагаемые четыре версии ответов. Такое умение дает возможность выявить правдоподобные, но ошибочные ответы. См. примеры: №№ 2.3.6(A), 2.4.10(A), 5.3.9(A).

6. Задания на графическое сложение векторов.

Нередко учащиеся ошибаются при отыскании изменения векторной величины. Забывают, что изменение вектора – тоже вектор и что для его нахождения надо вычесть из «нового» значения векторной величины ее «старое» значение. См. примеры: №№ 4.3.1(A), 4.3.7(A), 4.4.1(A).

7. Задания на построение графиков.

Таких заданий очень много. Умение читать свои и «чужие» графики – основа успеха при выполнении многих заданий из всех разделов школьного курса физики. См. примеры: №№ 1.3.1(A), 4.4.11(АП), 5.4.6(A).

8. Задания на перевод процессов (и циклов) с одной диаграммы на другую.

Вот еще где нужна тесная связь физики и математики! Умение решать такие задачи дается упорными тренировками. См. примеры: №№ 2.4.7(A), 3.3.15(C).

9. Задания на построение изображений.

Секрет решения этих задач – в умении пользоваться так называемыми характерными лучами. Это, напомним, – лучи, ход которых заранее известен. См. примеры: №№ 6.3.4(A), 6.3.6(A), 6.3.11(АП).

10. Задания на «установление соответствия».

Эту разновидность можно назвать и по-другому: «задания на оценку ситуации». Здесь приходится разбираться в различных (возможных и невозможных) сочетаниях физических величин с их изменениями. Такие задания проверяют понимание сущности физических процессов. См. примеры: №№ 4.3.13(B), 5.3.13(B), 5.4.14(B).

11. «Комбинированные» задания.

Это, по смыслу термина, – задания, в которых проверяется знание законов из различных разделов физики. Конечно, они труднее обычных. Таких заданий довольно много в «Рабочей тетради». См. примеры: №№ 2.4.16(С), 5.3.15(С), 8.4.16(С).

12. «Эксперимент по фотографии».

Отличительная особенность таких заданий: они позволяют смоделировать условия реального эксперимента. В них можно увидеть простейшие физические приборы – такие как линейка, динамометр, термометр, барометр, амперметр, вольтметр. Советуем учащимся заблаговременно научиться считывать показания с реальных приборов в школьном кабинете физики. См. примеры: №№ 1.3.10(А), 2.3.9(А), 2.4.18(С).

13. Задания на применение правила размерностей.

Для того, кто понял смысл правила размерностей, это правило – союзник, а не враг. Ведь размерные величины встречаются едва ли не в каждом задании. Главная рекомендация по вопросу о размерных величинах: помнить, что размерности левой и правой частей равенства должны быть одинаковыми. См. пример: №№ 2.3.14(В), 3.3.7(А).

14. Задания с буквенными обозначениями физических величин.

Буквенные обозначения физических величин можно рассматривать как подсказку. Или как приглашение вспомнить формулы по теме задания. Стоит только убрать эти обозначения величин, оставив лишь их численные значения с размерностью, как задание сразу же покажется более трудным. См. примеры: №№ 1.4.17(С), 2.3.16(С), 4.4.7(А).

15. Задания с «лишними» данными.

Почти всегда задания расчетного характера составляются так, что все приводимые величины входят в ответ. Иначе говоря, обычно в задании не бывает «лишних» данных. Если вы думаете, что так бывает всегда, то можете наделать ошибок. Будьте бдительны! См. примеры: №№ 1.3.39(А), 1.3.10(А), 5.3.2(А).

Далее приводится диагностическая тестовая работа, в точности соответствующая новой демоверсии ЕГЭ по физике. Прорешав все задания и сверив свои ответы с правильными, вы получите представление о степени своей готовности к экзамену. Обнаружив пробелы в знаниях, не отчаивайтесь: приводимые далее «Материалы для подготовки к ЕГЭ по физике» помогут вам решить ваши проблемы.

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ВАРИАНТ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), на которые необходимо записать ответ в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 6 заданий (C1–C6), на которые требуется дать развернутый ответ.

При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

число π

$$\pi = 3,14$$

ускорение свободного падения на Земле

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

гравитационная постоянная

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

газовая постоянная

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

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	13600 кг/м^3

Удельная теплоемкость			
воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	алюминия	$900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	меди	$380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
железа	$640 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	чугуна	$500 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
свинца	$130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$		

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	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1

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

A1. Тело бросили вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Каков модуль его скорости через 0,5 с после начала движения? Сопротивление воздуха не учитывать.

- | | |
|-----------|-------------|
| 1) 10 м/с | 3) 17,5 м/с |
| 2) 15 м/с | 4) 20 м/с |

A2

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

A2. В инерциальной системе отсчета сила F сообщает телу массой m ускорение a . Как надо изменить массу тела, чтобы вдвое меньшая сила сообщала ему в 4 раза большее ускорение?

- 1) Оставить неизменной
- 2) Уменьшить в 8 раз
- 3) Уменьшить в 2 раза
- 4) Увеличить в 2 раза

A3

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

A3. Две пружины растягиваются одинаковыми силами F . Жесткость первой пружины k_1 в 1,5 раза больше жесткости второй пружины k_2 . Удлинение второй пружины равно Δl_2 , а удлинение первой Δl_1 равно

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1) $0,5 \Delta l_2$ | 3) $1,5 \Delta l_2$ |
| 2) $0,67 \Delta l_2$ | 4) $2,0 \Delta l_2$ |

A4

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

A4. Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями $v_1 = 108$ км/ч и $v_2 = 54$ км/ч. Масса автомобиля $m = 1000$ кг. Какова масса грузовика, если отношение импульса грузовика к импульсу автомобиля 1,5?

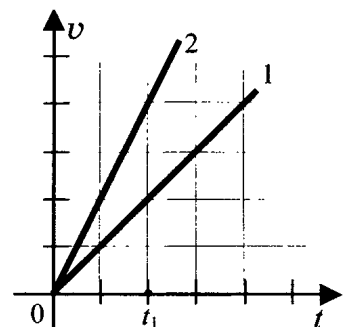
- | | |
|------------|------------|
| 1) 3000 кг | 3) 1500 кг |
| 2) 4500 кг | 4) 1000 кг |

A5

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

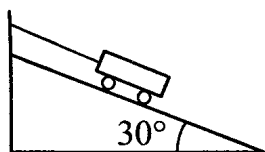
A5. Первый автомобиль имеет массу 1000 кг, второй – 500 кг. Скорости их движения изменяются в соответствии с графиками на рисунке. Отношение кинетических энергий автомобилей $\frac{E_{k2}}{E_{k1}}$ в момент времени t_1 равно

- | | |
|----------|----------|
| 1) $1/4$ | 3) $1/2$ |
| 2) 2 | 4) 4 |



А6. Тележка массой 0,1 кг удерживается на наклонной плоскости с помощью нити (см. рисунок). Сила натяжения нити равна

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



A7. Автомобиль, двигаясь с выключенным двигателем, на горизонтальном участке дороги имеет скорость 20 м/с. Какое расстояние он проедет до полной остановки вверх по склону горы под углом 30° к горизонту? (Трением пренебречь.)

- 1) 10 м 3) 80 м
2) 20 м 4) 40 м

A8. Идеальный газ в цилиндре переводится из состояния А в состояние В так, что его масса при этом не изменяется. Параметры, определяющие состояния газа, приведены в таблице:

	$p, 10^5 \text{ Па}$	$V, 10^{-3} \text{ м}^3$	$T, \text{ К}$
состояние А	1,0	4	
состояние В	1,5	8	900

Выберите число, которое следует внести в свободную клетку таблицы.

- 1) 300 3) 600**
- 2) 450 4) 900**

A9. Какое из утверждений правильное?

- А. Диффузия наблюдается только в газах и жидкостях**
Б. Диффузия наблюдается только в твердых телах
В. Диффузия наблюдается в газах, жидкостях и твердых телах

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Ни А, ни Б, ни В

A10. Как изменится внутренняя энергия идеального газа в результате понижения его температуры в два раза при неизменном объеме?

- 1) Увеличится в 2 раза
- 2) Уменьшится в 2 раза
- 3) Увеличится или уменьшится в зависимости от изменения давления
- 4) Не изменится

A11

1 2 3 4

A11. Одноатомный идеальный газ в количестве 4 молей поглощает количество теплоты 2 кДж. При этом температура газа повышается на 20 К. Работа, совершаемая газом в этом процессе, равна

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

A12

1 2 3 4

A12. В результате нагревания неона температура этого газа увеличилась в 4 раза. Средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул при этом

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

A13

1 2 3 4

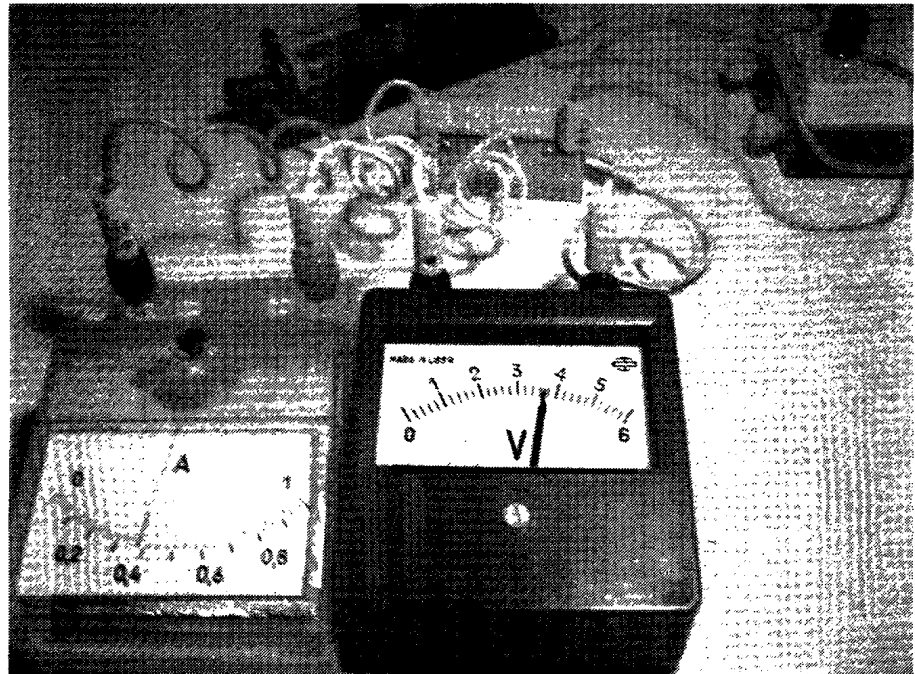
A13. Как изменится емкость плоского воздушного конденсатора, если расстояние между его пластинами уменьшить в 2 раза?

- 1) Увеличится в 4 раза
- 2) Увеличится в 2 раза
- 3) Уменьшится в 2 раза
- 4) Уменьшится в 4 раза

A14

1 2 3 4

A14. Для исследования зависимости силы тока, протекающего через проволочный резистор, от напряжения на нем была собрана электрическая цепь, представленная на фотографии.

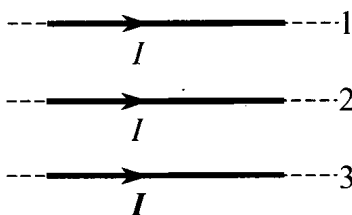


На сколько необходимо увеличить напряжение для увеличения силы тока на 0,22 А?

- 1) 1,1 В
- 2) 2,2 В
- 3) 3,3 В
- 4) 4,4 В

A15. Как направлена сила Ампера, действующая на проводник № 1 (см. рисунок), если все три проводника тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу и расстояния между соседними проводниками одинаковы? (I – сила тока.)

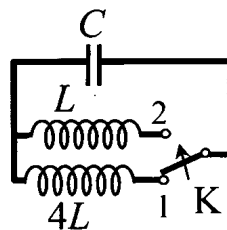
- 1) К нам $\odot$
- 2) От нас $\otimes$
- 3) Вверх $\uparrow$
- 4) Вниз $\downarrow$



1 2 3 4 A15

A16. Как изменится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ K перевести из положения 1 в положение 2?

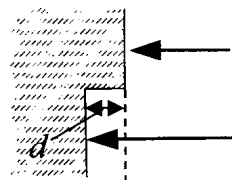
- 1) Уменьшится в 2 раза
- 2) Увеличится в 2 раза
- 3) Уменьшится в 4 раза
- 4) Увеличится в 4 раза



1 2 3 4 A16

A17. Одна сторона толстой стеклянной пластины имеет ступенчатую поверхность, как показано на рисунке. На пластину, перпендикулярно ее поверхности, падает световой пучок, который после отражения от пластины собирается линзой. Длина волны света λ . При каком наименьшем из указанных ниже значений высоты ступеньки d интенсивность света в фокусе линзы будет минимальной?

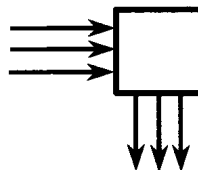
- 1) λ
- 2) $\frac{1}{8}\lambda$
- 3) $\frac{1}{3}\lambda$
- 4) $\frac{1}{4}\lambda$



1 2 3 4 A17

A18. Пройдя через оптическую систему, параллельный пучок света поворачивается на 90° (см. рисунок). Оптическая система представляет собой

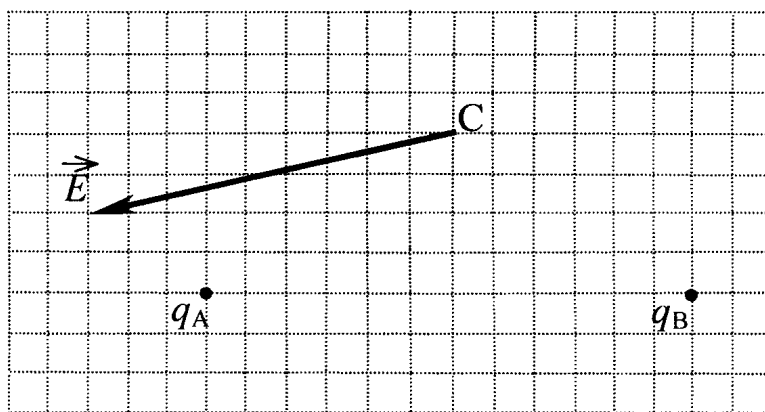
- 1) собирающую линзу
- 2) рассеивающую линзу
- 3) плоское зеркало
- 4) матовую пластинку



1 2 3 4 A18

A19 1 2 3 4

A19. На рисунке изображен вектор напряженности $\vec{E}$ электрического поля в точке С, которое создано двумя точечными зарядами q_A и q_B . Каков заряд q_B , если заряд q_A равен -2 мкКл?



- 1) $+1$ мкКл
- 2) $+2$ мкКл
- 3) -1 мкКл
- 4) -2 мкКл

A20 1 2 3 4

A20. Покоящийся атом поглотил фотон с энергией $1,2 \cdot 10^{-17}$ Дж. При этом импульс атома

- 1) не изменился
- 2) стал равным $1,2 \cdot 10^{-17}$ кг·м/с
- 3) стал равным $4 \cdot 10^{-26}$ кг·м/с
- 4) стал равным $3,6 \cdot 10^{-9}$ кг·м/с

A21 1 2 3 4

A21. В результате серии радиоактивных распадов ядро урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ превращается в ядро свинца ${}_{82}^{206}\text{Pb}$. Какое количество α - и β -распадов оно испытывает при этом?

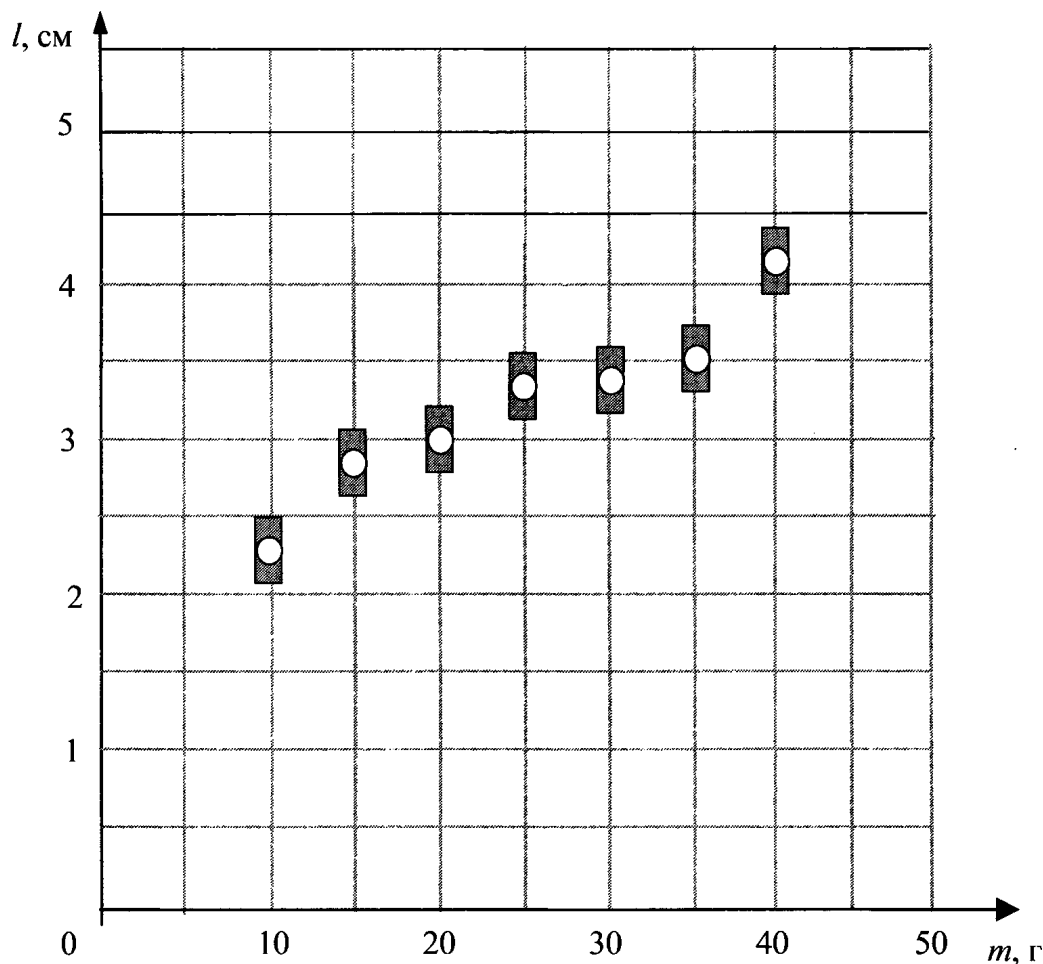
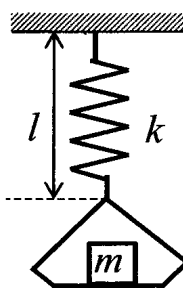
- 1) 8 α и 6 β
- 2) 6 α и 8 β
- 3) 10 α и 5 β
- 4) 5 α и 10 β

A22 1 2 3 4

A22. Какая из строчек таблицы правильно отражает структуру ядра ${}_{18}^{37}\text{Ar}$?

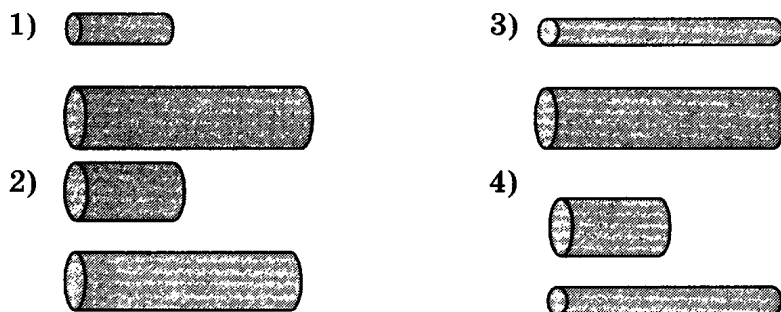
	p – число протонов	n – число нейтронов
1)	18	19
2)	18	37
3)	37	18
4)	37	55

A23. На графике представлены результаты измерения длины пружины l при различных значениях массы грузов m , лежащих на чашке пружинных весов (рисунок справа). С учетом погрешностей измерений ($\Delta m = \pm 1$ г, $\Delta l = \pm 0,2$ см) жесткость пружины k примерно равна



- 1) 7 Н/м
- 2) 10 Н/м
- 3) 20 Н/м
- 4) 30 Н/м

A24. Проводники изготовлены из одного и того же материала. Какую пару проводников нужно выбрать, чтобы на опыте обнаружить зависимость сопротивления проволоки от ее диаметра?



A25. Для опытов по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода $3,4 \cdot 10^{-19}$ Дж и стали освещать ее светом частоты $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Затем частоту уменьшили в 2 раза, одновременно увеличив в 1,5 раза число фотонов, падающих на пластину за 1 с. В результате этого число фотоэлектронов, покидающих пластину за 1 с,

- 1) увеличилось в 1,5 раза
- 2) стало равным нулю
- 3) уменьшилось в 2 раза
- 4) уменьшилось более чем в 2 раза

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В4 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1

В1. Одноатомный идеальный газ неизменной массы совершает положительную работу в изотермическом процессе. Как изменяются в этом процессе объем, давление и внутренняя энергия газа?

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

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.

Объем газа	Давление газа	Внутренняя энергия газа

В2

В2. Плоский конденсатор отключили от источника тока, а затем уменьшили расстояние между его пластинами. Как изменили при этом заряд на обкладках конденсатора, емкость конденсатора и напряжение на его обкладках? (Краевыми эффектами пренебречь, считая пластины конденсатора большими. Диэлектрическую проницаемость воздуха принять равной 1.)

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличили
- 2) уменьшили
- 3) не изменили

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

Заряд конденсатора	Емкость	Напряжение на обкладках

В3. Груз, подвешенный на пружине, совершает вынужденные гармонические колебания под действием силы, меняющейся с частотой ν . Установите соответствие между физическими величинами и частотой их изменения в этом процессе.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ **ЧАСТОТА ИХ ИЗМЕНЕНИЯ**

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| А) кинетическая энергия | 1) $\frac{1}{2\nu}$ |
| Б) скорость | 2) ν |
| | 3) 2ν |
| | 4) $\frac{1}{4\nu}$ |

А	Б

В4. Как изменяется заряд и массовое число радиоактивного ядра в результате его β^- -распада? Установите соответствие между физическими величинами и характером их изменения.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ **ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- | | |
|-------------------|-----------------|
| А) заряд | 1) увеличится |
| Б) массовое число | 2) не изменится |
| | 3) уменьшится |

А	Б

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

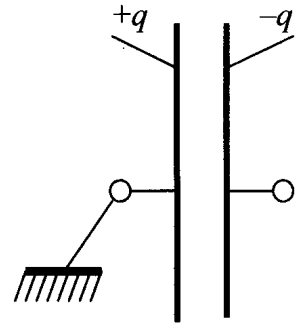
Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Полное правильное решение каждой задачи должно включать в себя законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

В задании С1 следует записать развернутый ответ, поясняющий физические процессы, описанные в задаче, и ход ваших рассуждений.

С1

- С1. В зазор между прямоугольными обкладками плоского конденсатора с зарядами $+q$ и $-q$ (см. рисунок) внесли тонкую металлическую пластинку таких же размеров с зарядом $+3q$ параллельно обкладкам, после чего соединили проволоочкой пластинку с правой обкладкой. Каким после этого станет заряд на левой обкладке?



Дано:

Решение:

Найти:

Ответ:

С2

- С2. Пуля летит горизонтально со скоростью $v_0 = 150$ м/с, пробивает стоящий на горизонтальной поверхности льда брусок и продолжает движение в прежнем направлении со скоростью $\frac{v_0}{3}$. Масса бруска в 10 раз больше массы пули. Коэффициент трения скольжения между бруском и льдом $\mu = 0,1$. На какое расстояние S сместится брусок к моменту, когда его скорость уменьшится на 10%?

Дано:

Решение:

Найти:

Ответ:

С3

- С3. В калориметре находился лед при температуре $t_1 = -5$ °С. Какой была масса m_1 льда, если после добавления в калориметр $m_2 = 4$ кг воды, имеющей температуру $t_2 = 20$ °С, и установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной $t = 0$ °С, причем в калориметре была только вода?

прекращается, а на конденсаторе появляется заряд $q = 1,1 \cdot 10^{-8}$ Кл. Работа выхода электронов из кальция $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж. Какова емкость конденсатора C ?

[illegible]

ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ РАБОТЫ

№ задания	ответ	№ задания	ответ	№ задания	ответ	№ задания	ответ
A1	2	A10	2	A19	1	B3	1
A2	2	A11	2	A20	3	B4	9
A3	2	A12	1	A21	1	C1	-2q
A4	1	A13	2	A22	1	C2	9,5
A5	2	A14	2	A23	3	C3	1
A6	1	A15	4	A24	3	C4	-3
A7	4	A16	2	A25	2	C5	1
A8	1	A17	4	B1	323	C6	$8 \cdot 10^{-9}$
A9	3	A18	3	B2	312		

РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ЧАСТИ С ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ РАБОТЫ

С1.

Суммарный заряд металлической пластинки и соединенной с ней правой обкладки конденсатора равен $+3q - q = +2q$. Этот «правый» заряд не меняется с течением времени. Он будет отталкивать от себя заряд левой обкладки $+q$. Поскольку левая обкладка заземлена, ее заряд будет изменяться. Изменение этого заряда прекратится тогда, когда он станет равным по величине и противоположным по знаку «правому» заряду $+2q$. Таким образом, заряд левой обкладки будет равен в итоге $-2q$.

С2.

Согласно закону сохранения импульса

$$mv_0 = m \cdot \frac{1}{3} v_0 + Mu_0, \quad (1)$$

где m – масса пули, M – масса бруска, v_0 – начальная скорость бруска после застревания в нем пули.

По закону сохранения и изменения механической энергии:

$$\frac{Mu_0^2}{2} = \frac{Mu^2}{2} + \mu MgS. \quad (2)$$

Здесь u – конечная скорость бруска, μ – коэффициент трения между бруском и льдом.

Решая систему уравнений (1) и (2) и учитывая, что $M = 10m$, $u = 0,9v_0$, получаем:

$$S = \frac{0,19}{2} \cdot \left(\frac{v_0}{15} \right)^2 \cdot \frac{1}{\mu g} = 9,5 \text{ м.}$$

С3.

Количество теплоты, полученное при нагревании льда, находящегося в калориметре, до температуры 0°C :

$$Q_1 = c_1 m_1 (0 - t_1). \quad (1)$$

Количество теплоты, полученное льдом при его таянии при 0°C :

$$Q_2 = \lambda m_1. \quad (2)$$

Количество теплоты, отданное водой при охлаждении ее до 0°C :

$$Q = c_2 m_2 (t_2 - 0). \quad (3)$$

Уравнение теплового баланса:

$$Q = Q_1 + Q_2. \quad (4)$$

Объединяя (1) – (4), получаем: $m_1 = \frac{m_2 c_2 (t_2 - 0)}{c_1 (0 - t_1) + \lambda} \approx 1 \text{ кг.}$

С4.

Согласно закону Ома, сила тока через резистор, к которому подключен вольтметр, до замыкания ключа К равна

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{2R + r}, \quad (1)$$

после замыкания ключа — равна

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R + R/2 + r}. \quad (2)$$

Изменение показаний вольтметра равно изменению падения напряжения на резисторе:

$$\Delta U = I_2 R - I_1 R. \quad (3)$$

Из уравнений (1) – (3) получаем:

$$\Delta U = \frac{\mathcal{E} R^2}{2(2R + r)(3R/2 + r)} = 1 \text{ В.}$$

С5.

Согласно закону электромагнитной индукции, ЭДС в контуре, вызванная движением проводника 1–2, равна

$$\mathcal{E} B l v. \quad (1)$$

По закону Ома сила тока в контуре равна

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R}. \quad (2)$$

Условие равенства силы тяжести и силы Ампера:

$$mg = I B l. \quad (3)$$

Из уравнений (1) – (3) находим:

$$B = \sqrt{\frac{mgR}{v(l)^2}} = 0,1 \text{ Тл.}$$

С6.

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

Условие равенства максимальной кинетической энергии электрона и потенциальной энергии электрона в электростатическом поле:

$$\frac{mv^2}{2} = eU. \quad (2)$$

Уравнение, связывающее разность потенциалов с зарядом на конденсаторе:

$$q = CU. \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1) – (3), получаем:

$$C = \frac{eq}{h\nu - A} = 8000 \text{ пФ.}$$

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ

Приводимые ниже «Материалы для подготовки к ЕГЭ» выстроены одинаковым образом – по схеме:

- название темы,
- основные понятия,
- формулировки законов и формулы,
- примеры и разъяснения к решениям,
- задания для самопроверки.

Такая структура «Материалов» дает возможность свободно и быстро ориентироваться в темах школьного курса физики. Кроме того, она позволяет продвигаться по учебному материалу как «по вертикали» – в ходе изучения выбранной темы, так и «по горизонтали» – при сопоставлении сходных вопросов, относящихся к различным темам.

1. МЕХАНИКА

1.1. Основные понятия

1.1.1. Система отсчета – это тело отсчета и связанные с ним система координат и часы.

1.1.2. Закон движения – это зависимость координат тела (точки) от времени.

1.1.3. Центробежным называется ускорение тела при его равномерном движении по окружности, направленное к ее центру:

$$a_{ц.с.} = v^2/R,$$

где v – скорость движения тела, R – радиус окружности.

1.1.4. Изолированным называется тело, на которое не действуют другие тела.

1.1.5. Уравнение движения – это второй закон Ньютона, записанный в виде

$$\vec{F} = m\vec{a},$$

где $\vec{F}$ – равнодействующая всех сил, действующих на тело массы m , $\vec{a}$ – ускорение тела.

1.1.6. Равнодействующая сил – это векторная сумма этих сил.

1.1.7. Материальная точка – тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.

1.1.8. Плечом силы относительно некоторой оси вращения называется расстояние от оси вращения до линии действия силы.

1.1.9. Моментом силы M относительно некоторой оси вращения называется произведение этой силы F на ее плечо d :

$$M = Fd.$$

1.1.10. Изолированной называется система тел, на которую не действуют другие тела.

1.1.11. Замкнутой называется система тел, для которой равнодействующая всех внешних сил равна нулю.

1.1.12. Импульсом тела $\vec{p}$ называется произведение массы этого тела m на его скорость $\vec{v}$:

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

1.1.13. Работой силы $\vec{F}$ на перемещении точки ее приложения $\Delta\vec{r}$ называется произведение трех сомножителей – модулей этих двух векторов и косинуса угла α между ними:

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

1.1.14. Мощностью N называется величина, численно равная работе, которую совершает сила в единицу времени:

$$N = A/\Delta t,$$

где A – работа силы за время Δt .

1.1.15. Кинетическая энергия системы тел есть величина, измеряемая той работой, которую система может совершить, двигаясь до полной остановки всех своих частей.

1.1.16. Потенциальная энергия системы тел есть величина, измеряемая той работой, которую система может совершить, изменяя свою конфигурацию (т.е. взаимное расположение своих частей).

1.1.17. Механическая энергия системы тел – это сумма ее кинетической и потенциальной энергий.

1.1.18. Абсолютно упругим называется удар, в результате которого суммарная кинетическая энергия соударяющихся тел сохраняется неизменной.

1.1.19. Абсолютно неупругим называется удар, в результате которого скорости соударяющихся тел становятся одинаковыми.

1.2. Формулировки законов и формулы

1.2.1. Первый закон Ньютона:

существуют такие системы отсчета (их называют инерциальными), в которых изолированное тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

1.2.2. Второй закон Ньютона:

ускорение $\vec{a}$, с которым движется тело, пропорционально действующей на него силе $\vec{F}$ и обратно пропорционально его массе m :

$$\vec{a} = \vec{F} / m .$$

1.2.3. Третий закон Ньютона содержит пять утверждений:

- 1) силы в природе возникают парами (это силы взаимодействия),
- 2) они равны по величине,
- 3) направлены в противоположные стороны,
- 4) действуют вдоль одной прямой,
- 5) имеют одинаковую природу.

1.2.4. Закон всемирного тяготения:

$$F_{12} = Gm_1m_2/r_{12}^2 ,$$

где F_{12} – сила тяготения, с которой одна материальная точка притягивает другую, m_1 и m_2 – массы взаимодействующих материальных точек, r_{12} – расстояние между ними, G – гравитационная постоянная.

В приведенном виде закон всемирного тяготения справедлив также для тел со сферически симметричным распределением массы (в этом случае r_{12} – расстояние между центрами тел).

1.2.5. Закон Гука:

деформация тела x пропорциональна приложенной к нему силе F :

$$F = kx ,$$

где k – коэффициент упругости тела.

1.2.6. Закон для сил сухого трения:

$$F_{\text{тр}} = \mu N,$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила сухого трения, N – сила нормального давления тела на опору, μ – коэффициент трения. Этот закон справедлив в двух случаях:

- 1) для максимальной силы трения покоя,
- 2) для силы трения скольжения.

1.2.7. Закон сохранения импульса:

суммарный импульс системы тел сохраняется неизменным, если эта система является замкнутой.

Частный случай: суммарный импульс системы тел в проекции на некоторое направление сохраняется неизменным, если сумма проекций всех внешних сил на это направление равна нулю.

1.2.8. Закон сохранения механической энергии:

механическая энергия системы тел сохраняется неизменной, если эта система является изолированной и, кроме того, в ней отсутствуют силы трения.

1.2.9. Закон Паскаля:

внешнее давление передается жидкостью (и газом) по всем направлениям без изменений.

1.2.10. Закон Архимеда:

на тело, погруженное в жидкость (или газ), действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх и равная весу жидкости (газа), вытесненной этим телом.

1.2.11. Чтобы тело оставалось в **равновесии**, необходимо и достаточно выполнить два условия:

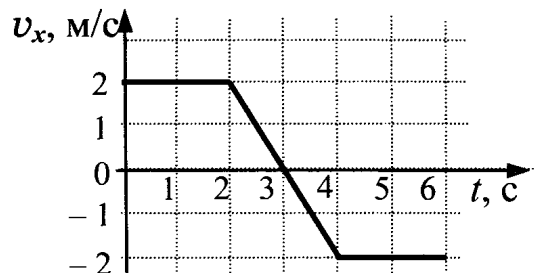
- 1) равнодействующая всех внешних сил, действующих на тело, должна быть равна нулю,
- 2) суммарный момент всех внешних сил относительно любой оси вращения тела также должен быть равен нулю.

1.3. Примеры и пояснения к решениям

1.3.1(А). На графике изображена зависимость проекции скорости тела, движущегося вдоль оси OX , от времени. Какой путь прошло тело к моменту времени $t = 6$ с?

1 2 3 4

- 1) 0 м
- 2) 6 м
- 3) 8 м
- 4) 10 м



Пояснение. Выполняя это задание, многие забывают, что путь – величина положительная. Следствием этого оказывается ошибочный выбор первого ответа в качестве правильного. Надо помнить еще, что на графике зависимости скорости тела от времени путь, пройденный телом, – это площадь между графиком скорости и осью времени.

1.3.2(А). Навстречу друг другу летят два шарика из пластилина. Модули их импульсов равны соответственно $5 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с и $3 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с. Столкнувшись, шарики слипаются. Импульс слипшихся шариков равен

1234

1) $8 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с

3) $4 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с

2) $2 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с

4) $\sqrt{34} \cdot 10^{-2}$ кг·м/с

Пояснение. Выполняя это задание, надо помнить, что импульс тела – величина векторная. В противном случае будет утрачен физический смысл искомой величины. В данном случае суммарный импульс шариков после их слипания направлен туда же, куда направлена скорость шарика с бóльшим импульсом.

1.3.3(А). Человек взялся за конец лежащего на земле однородного стержня длиной 2 м и массой 100 кг и медленно поднял этот конец на высоту 1 м. Какую работу он совершил?

1234

1) 50 Дж

3) 200 Дж

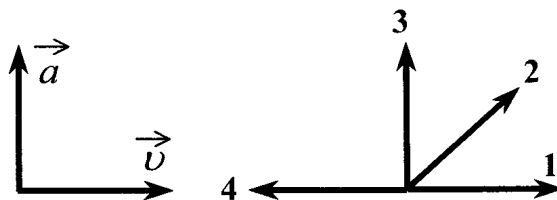
2) 100 Дж

4) 500 Дж

Пояснение. Сила, с которой человек совершал работу, вдвое меньше силы тяжести стержня – в соответствии с правилом рычага. В применении к данному случаю это правило означает, что, поскольку ось вращения стержня проходит через его конец, лежащий на земле, плечо силы тяжести вдвое меньше плеча вертикальной силы человека. По невнимательности (или из-за поспешности) можно подумать, что упомянутые силы одинаковы по величине.

1.3.4(А). На левом рисунке представлены векторы скорости и ускорения тела. Какой из четырех векторов на правом рисунке указывает направление вектора равнодействующей всех сил, действующих на это тело?

1234



1) 1

3) 3

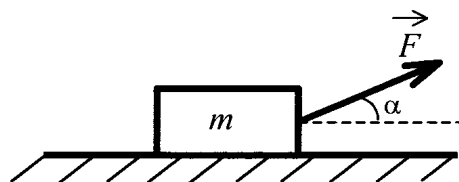
2) 2

4) 4

Пояснение. Согласно второму закону Ньютона (1.2.2), ускорение тела и равнодействующая сил имеют одинаковое направление. Для тех, кто не знает этого, выбор ответа будет трудным! Так как направление ускорения $\vec{a}$ известно (см. левый рисунок), то известно и направление вызывающей его силы $\vec{F}$: оно должно быть таким же, как и направление вектора $\vec{a}$.

1.3.5(А). Брусок массой m движется равноускоренно по горизонтальной шероховатой поверхности под действием силы $\vec{F}$, как показано на рисунке. Коэффициент трения скольжения равен μ . Модуль силы трения равен

1234



1) $\mu(mg - F \sin \alpha)$

3) $F \cos \alpha$

2) μmg

4) $\mu(mg + F \sin \alpha)$

Пояснение. Согласно закону для сил сухого трения (1.2.6), модуль силы трения скольжения определяется не силой тяжести mg , а силой нормального давления N . Многие забывают об этом. Сила N в данном случае меньше силы mg на $F \sin \alpha$. Поэтому модуль силы трения равен $\mu(mg - F \sin \alpha)$.

1.3.6(A). В вертикальной трубке, из которой откачан воздух, на одной и той же высоте находятся дробинка, пробка и птичье перо. Какое из этих тел позже всех достигнет дна трубки при их свободном падении с одной высоты?

1234

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

Пояснение. Не всякий знает смысл слов «свободное падение». С этим и связано непонимание того, что все три названных тела достигнут дна трубки одновременно. Если откачать из трубки воздух, устранив тем самым сопротивление движению, то для всех трех тел падение станет одинаково свободным.

1.3.7(A). Автомобиль движется по закруглению дороги радиусом 20 м с центростремительным ускорением 5 м/с^2 . Скорость автомобиля равна

1234

- 1) 12,5 м/с
- 2) 10 м/с
- 3) 5 м/с
- 4) 4 м/с

Пояснение. Формула для центростремительного ускорения (1.1.3) – это все, что надо знать для выполнения задания. Подставив в эту формулу численные значения заданных двух величин, получим ответ.

1.3.8(A). Два небольших тела одинаковой массы притягиваются друг к другу гравитационными силами F . При увеличении расстояния между ними в 2 раза сила взаимодействия

1234

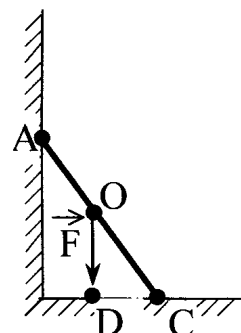
- 1) увеличится в 2 раза
- 2) увеличится в 4 раза
- 3) уменьшится в 2 раза
- 4) уменьшится в 4 раза

Пояснение. Назначение этого задания – проверить, знает ли школьник закон всемирного тяготения (1.2.4). Не все ее решают, потому что не все знают этот закон.

1.3.9(A). На рисунке схематически изображена лестница AC, прислоненная к стене. Каков момент силы тяжести $\vec{F}$, действующей на лестницу, относительно точки C?

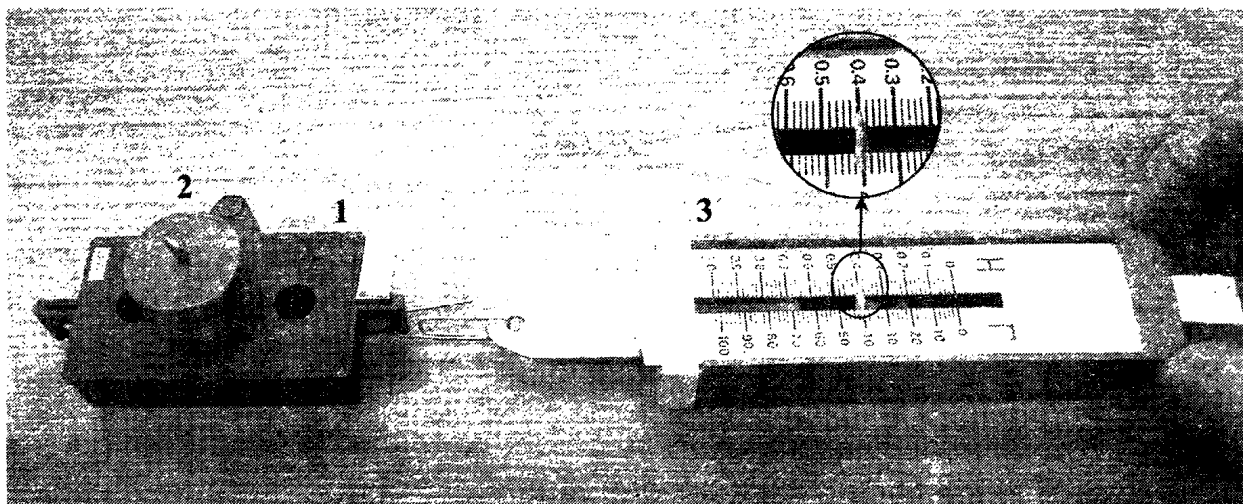
1234

- 1) $F \cdot OC$
- 2) $F \cdot OD$
- 3) $F \cdot AC$
- 4) $F \cdot DC$



Пояснение. Здесь главная трудность – необходимость найти плечо (1.1.8) силы тяжести. Наличие четырех выделенных точек создает простор для проявления некомпетентности.

1.3.10(A). На фотографии представлена установка для изучения равномерного движения бруска (1) массой 0,1 кг, на котором находится груз (2) массой 0,1 кг.



Работа равнодействующей всех сил, действующих на брусок с грузом, при перемещении бруска на 20 см равна

- 1) 0
- 2) 0,04 Дж
- 3) 0,08 Дж
- 4) 8 Дж

Пояснение. Данное задание – пример «эксперимента по фотографии». Такие задачи встречаются во всех вариантах заданий. Чтобы избежать ошибок, надо заблаговременно научиться считывать показания приборов по фотографии. В данном случае систему «брусок и тело» можно принять за материальную точку. Поскольку ее движение равномерное, равнодействующая всех внешних сил, действующих на нее, равна нулю. Значит, и суммарная работа внешних сил в данном случае равна нулю. Кстати, численные значения, содержащиеся в задании, оказываются «лишними».

1.3.11(АП). Груз массой 100 г свободно падает с высоты 10 м с нулевой начальной скоростью. Какова кинетическая энергия груза на высоте 6 м?

- 1) 16 Дж
- 2) 12 Дж
- 3) 6 Дж
- 4) 4 Дж

Пояснение. Выполняя это задание, лучше сразу воспользоваться законом сохранения механической энергии. (Если начать с формул кинематики, то решение получается более длинным.) Согласно этому закону, искомая кинетическая энергия тела равна разности потенциальных энергий этого тела на начальной и конечной высотах.

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

1 2 3 4

- 1) 200 Дж

2) 100 Дж

3) 0 Дж

4) – 100 Дж

Это задание проверяет прочность знаний по механике. Оно снова напоминает о том, что решения с «лишними» данными. В роли «лишних» здесь выступают численные значения трех данных. В данном случае можно обойтись вообще без формул. Сила тяжести в ходе всего полета направлена вертикально вниз. Ее работа при движении от поверхности земли до верхней точки траектории по величине, как и при движении от верхней точки до земли. Знак первой из этих двух работ отрицательный, знак второй – положительный, что и приводит в итоге к очевидному ответу.

- 2) 100 Дж

3) 0 Дж

4) – 100 Дж

Это задание проверяет прочность знаний по механике. Оно снова напоминает о том, что решения с «лишними» данными. В роли «лишних» здесь выступают численные значения трех данных. В данном случае можно обойтись вообще без формул. Сила тяжести в ходе всего полета направлена вертикально вниз. Ее работа при движении от поверхности земли до верхней точки траектории по величине, как и при движении от верхней точки до земли. Знак первой из этих двух работ отрицательный, знак второй – положительный, что и приводит в итоге к очевидному ответу.

Пояснение. Исходных уравнений здесь три. Физический смысл первого из них в том, что потенциальная энергия пружины в результате выстрела полностью превращается в кинетическую энергию вылетающей из пистолета пули. Согласно второму уравнению, непосредственно перед мишенью кинетическая энергия летящей вертикально вниз пули будет больше, поскольку ее суммарная механическая энергия в ходе полета сохраняется неизменной, а потенциальная энергия в поле тяжести Земли уменьшится. Смысл третьего уравнения в том, что вся кинетическая энергия подлетевшей к мишени пули будет потрачена на механическую работу при застревании.

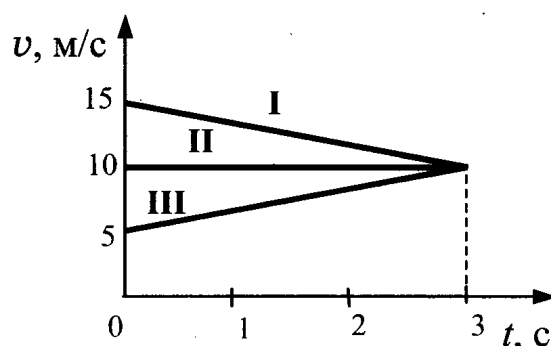
Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

1.4. Задания для самопроверки

1.4.1(А). На рисунке представлены графики скорости трех тел, движущихся прямолинейно. Какое из трех тел прошло наименьший путь за 3 с?

1 2 3 4

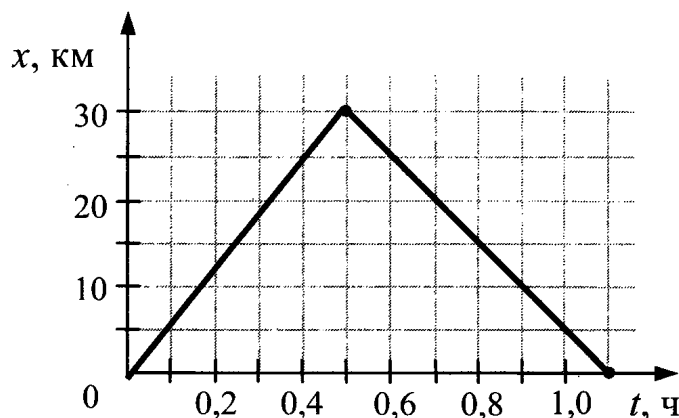
- 1) I
- 2) II
- 3) III
- 4) Пути трех тел одинаковы



1.4.2(А). На рисунке показан график движения автобуса вдоль оси ОХ из пункта А в пункт Б и обратно. Пункт А находится в точке с $x = 0$, а пункт Б – в точке с $x = 30$ км. Какова максимальная скорость автобуса на всем пути следования туда и обратно?

1 2 3 4

- 1) 40 км/ч
- 2) 50 км/ч
- 3) 60 км/ч
- 4) 75 км/ч



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

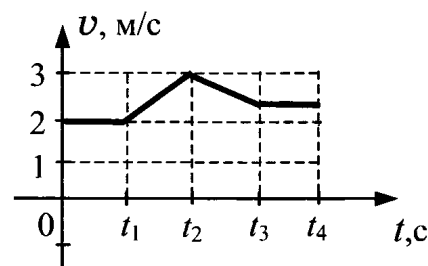
1 2 3 4

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

1.4.4(A). На рисунке изображен график изменения модуля скорости вагона с течением времени в инерциальной системе отсчета. В какие промежутки времени суммарная сила, действующая на вагон со стороны других тел, была равна нулю?

1 2 3 4

- 1) От 0 до t_1 и от t_3 до t_4
- 2) Во все промежутки
- 3) От t_1 до t_2 и от t_2 до t_3
- 4) Ни в один из отмеченных четырех промежутков



1.4.5(A). На горизонтальной дороге автомобиль делает разворот по дуге радиусом 9 м. Коэффициент трения шин об асфальт равен 0,4. Чтобы автомобиль не занесло, его скорость при развороте не должна превышать

1 2 3 4

- 1) 36 м/с
- 2) 3,6 м/с
- 3) 6 м/с
- 4) 22,5 м/с

1.4.6(A). Пружину жесткости 30 Н/м растянули на 0,04 м. Потенциальная энергия растянутой пружины равна

1 2 3 4

- | | |
|-----------|-------------|
| 1) 750 Дж | 3) 0,6 Дж |
| 2) 1,2 Дж | 4) 0,024 Дж |

1.4.7(A). На полу лифта, движущегося с постоянным ускорением a , направленным вертикально вверх, лежит груз массой m . Каков вес этого груза в лифте?

1 2 3 4

- | | |
|---------|---------------|
| 1) mg | 3) $m(g + a)$ |
| 2) 0 | 4) ma |

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

1 2 3 4

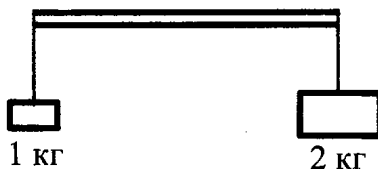
- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1) $\frac{3}{2}v$ | 3) $\frac{1}{2}v$ |
| 2) $\frac{2}{3}v$ | 4) $\frac{1}{4}v$ |

1.4.9(A). Снаряд массой 200 г, выпущенный под углом 30° к горизонту, поднялся на высоту 4 м. Какой будет кинетическая энергия снаряда непосредственно перед его падением на землю? (Соппротивлением воздуха пренебречь.)

1 2 3 4

- 1) 4 Дж
- 2) 8 Дж
- 3) 32 Дж
- 4) Для ответа надо знать начальную скорость снаряда

1.4.10(А). Где следует поставить опору под линейку длиной 1,5 м, чтобы подвешенные к ее концам грузы массой 1 кг и 2 кг (см. рисунок) находились в равновесии? (Массой линейки пренебречь.)



- 1) На расстоянии 1 м от левого конца
- 2) На расстоянии 1 м от правого конца
- 3) В середине линейки
- 4) На расстоянии 0,5 м от левого конца

1.4.11(АП). Груз массой 100 г свободно падает с высоты 10 м с нулевой начальной скоростью. Какова потенциальная энергия груза в поле тяжести Земли, когда его скорость равна 8 м/с? (Принять, что потенциальная энергия груза равна нулю на поверхности земли.)

- 1) 0,68 Дж
- 2) 6,8 Дж
- 3) 13,2 Дж
- 4) 68 Дж

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

1.4.12(АП). Лыжник массой 60 кг спустился с горы высотой 20 м. Какой была сила сопротивления его движению по горизонтальной лыжне после спуска, если он остановился, проехав 200 м? (Считать, что по склону горы он скользил без трения.)

- 1) 60 H
- 2) 30 H
- 3) 12 кH
- 4) 120 кH

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

1 2 3 4

- | | |
|--------|----------|
| Дано: | Решение: |
| | |
| Найти: | Ответ: |
| | |

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

Скорость системы	Импульс система	Кинетическая энергия

1.4.15(В). Установите соответствие между физическими величинами и их определениями.
К каждой позиции первого столбца подберите нужную позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

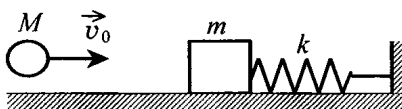
- 1) произведение силы на время ее действия
- 2) величина, численно равная работе, совершаемой силой в единицу времени
- 3) запас работы
- 4) способность системы совершать работу

А	Б

1.4.16(С). Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна 10 м/с. В точке максимального подъема снаряд разорвался на два осколка, массы которых относятся как 1 : 2. Осколок меньшей массы полетел горизонтально со скоростью 20 м/с. На каком расстоянии от места выстрела упадет второй осколок? (Считать поверхность земли плоской и горизонтальной.)

[illegible]

1.4.17(С). На гладкой горизонтальной плоскости покоится брусок массой $m = 60$ г, прикрепленный к концу легкой пружины жесткости $k = 40$ Н/м. Другой конец пружины закреплен неподвижно (см. рисунок). В брусок попадает пластилиновый шарик массой $M = 40$ г, летящий горизонтально со скоростью $\vec{v}_0 = 2$ м/с. После удара брусок с прилипшим к нему шариком движется поступательно вдоль оси пружины. Каково максимальное сжатие пружины?



Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

1.4.18(С). Тело, свободно падающее с некоторой высоты без начальной скорости, за время $\tau = 1$ с после начала движения проходит путь в $n = 5$ раз меньший, чем за такой же промежуток времени в конце движения. Найдите полное время движения.

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

2.1. Основные понятия

2.1.1. **Идеальным** называется газ, который ведет себя подобно совокупности невзаимодействующих материальных точек.

2.1.2. **Изопроцессом** называется такой процесс в системе, при котором одна из величин, характеризующих ее состояние (давление p , объем V , температура T), остается постоянной.

2.1.3. **Парциальным** называется давление газа, входящего в смесь газов, которое он оказывал бы, находясь в том же объеме и при той же температуре в отсутствие всех остальных газов смеси.

2.1.4. **Абсолютная влажность воздуха** – это величина, равная парциальному давлению паров воды, содержащихся в воздухе.

2.1.5. **Относительная влажность воздуха** – это величина, равная отношению парциального давления водяного пара к давлению насыщенного водяного пара при данной температуре (и выраженная в процентах).

2.1.6. **Насыщенным** называется пар, который находится в динамическом равновесии с жидкостью того же вещества.

2.1.7. **Точка росы** – это температура, при которой данный водяной пар является насыщенным.

2.1.8. **Диффузия** – это перенос массы молекулами вещества при их непрерывном тепловом хаотическом движении.

2.2. Формулировки законов и формулы

2.2.1. **Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ):**

- 1) все тела (твердые, жидкие, газообразные) состоят из атомов и молекул,
- 2) атомы и молекулы находятся в непрерывном тепловом хаотическом движении,
- 3) между атомами и молекулами действуют силы притяжения и отталкивания.

2.2.2. **Основное уравнение МКТ газов:**

$$p = nkT = (2/3)nW_{\text{кин}},$$

где p – давление газа, n – концентрация атомов (молекул) газа, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, $W_{\text{кин}}$ – средняя кинетическая энергия поступательного движения атомов (молекул) газа.

2.2.3. **Уравнение Клапейрона – Менделеева:**

$$pV = (m/\mu)RT,$$

где p – давление газа, V – занимаемый им объем, T – температура, m – масса газа, μ – его молярная масса, R – универсальная газовая постоянная.

2.2.4 **Закон Дальтона:**

давление смеси газов равно сумме парциальных давлений этих газов.

2.3. Примеры и пояснения к решениям

2.3.1(А). В сосуде А находятся 28 г молекулярного азота, в сосуде Б – 44 г углекислого газа. В каком сосуде больше атомов?

1234

- 1) В сосуде А
- 2) В сосуде Б
- 3) В сосудах А и Б содержится примерно одинаковое число атомов
- 4) В сосуде, объем которого больше

Пояснение. Это задание – удобный повод напомнить, что атомы и молекулы – не одно и то же. При одинаковом числе молей у двух различных веществ число их атомов может быть различным. Судя по тексту задания, в сосудах А и Б находятся одинаковые количества двух различных газообразных веществ – по одному молю. Ответ на поставленный вопрос будет очевидным, если учесть, что молекулы азота N_2 содержат по два атома, а молекулы углекислого газа – по три атома.

2.3.2(А). Явление диффузии в жидкостях свидетельствует о том, что молекулы жидкостей

1234

- 1) движутся хаотично
- 2) притягиваются друг к другу
- 3) состоят из атомов
- 4) колеблются около своих положений равновесия

Пояснение. Задания такого рода формируют мировоззрение человека. Вот и в данном случае проверяется знание основ МКТ вещества. Выбор правильного ответа становится очевидным, если воспользоваться определением диффузии (2.1.8), в котором говорится, что диффузия – это результат непрерывного теплового хаотического движения молекул вещества.

2.3.3(А). Средняя квадратичная скорость теплового движения молекул при уменьшении абсолютной температуры идеального газа в 4 раза

1234

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

Пояснение. Главная трудность в этом задании связана с необходимостью понимать механизм формирования важнейшей величины, характеризующей тепловое движение, – температуры вещества. Если уменьшить в четыре раза температуру идеального газа, то средняя кинетическая энергия поступательного движения его молекул также уменьшится в четыре раза. Учтем еще, что эта энергия пропорциональна квадрату средней квадратичной скорости молекул. Этих рассуждений достаточно для получения ответа.

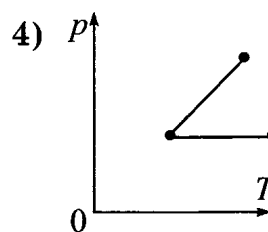
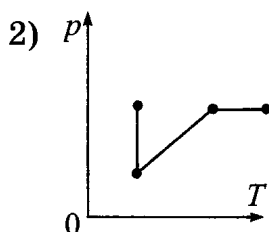
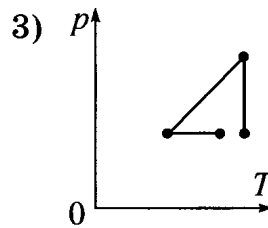
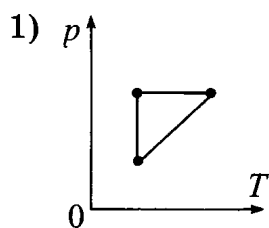
2.3.4(А). При сжатии идеального газа его объем уменьшился в 2 раза, а температура газа увеличилась в 2 раза. Как изменилось при этом давление газа?

1234

- 1) Увеличилось в 2 раза
- 2) Уменьшилось в 2 раза
- 3) Увеличилось в 4 раза
- 4) Не изменилось

Пояснение. Основной «сюжет» задания – во взаимосвязи нескольких величин, характеризующих состояние газа. В данном случае эта взаимосвязь основана на уравнении Клапейрона – Менделеева (2.2.3), причем изменяются три величины. Можно поступить так: написав уравнение Клапейрона – Менделеева, провести рассуждение в два этапа – сначала выяснить, как повлияет на давление заданное уменьшение объема газа, затем – каким будет дополнительное изменение давления газа, вызванное увеличением температуры.

2.3.5(А). Идеальный газ сначала охлаждался при постоянном давлении, потом его давление увеличивалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа уменьшилось до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях p – T соответствует этим изменениям состояния газа?



Пояснение. Это задание проверяет умение анализировать графики, на которых показаны изопроцессы (2.1.2) в газовой среде. Такие задачи относятся к числу основных в школьном курсе физики, а значит, им надо уделить первостепенное внимание. На каждой из четырех pT -диаграмм показаны по три изопроцесса для идеального газа, причем во всех четырех случаях не указана точка, соответствующая начальному состоянию газа. План действий очевиден. Начиная с первого изопроцесса надо на каждой из диаграмм найти подходящий по смыслу отрезок. Окажется, что на первых трех такой отрезок имеется, а четвертая не соответствует условию задания. Подобным же образом рассуждаем, выясняя, есть ли соответствие между вторым изопроцессом и вторым отрезком на оставшихся трех диаграммах. В результате окажется, что непригодны две первые диаграммы. Наконец, останется лишь проверить пригодность третьей диаграммы, сопоставляя известные данные о третьем изопроцессе с третьим отрезком.

2.3.6(А). Воздух в комнате состоит из смеси газов: водорода, кислорода, азота, водяных паров, углекислого газа и др. При тепловом равновесии у всех этих газов одинаковое (-ая)

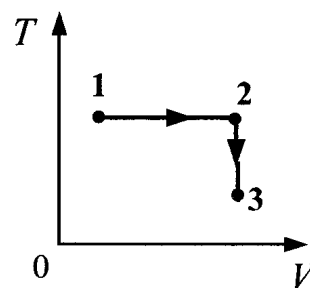
- 1) давление
- 2) температура
- 3) концентрация молекул
- 4) теплоемкость

Пояснение. Выбор неправильного ответа к этому заданию свидетельствует о непонимании основных положений МКТ. Температура является, как известно, количественной характеристикой степени нагретости вещества. Ни одна из трех остальных названных величин не может выступать в этой роли. Поэтому они и не могут служить правильным ответом.

2.3.7(А). На TV -диаграмме показано, как изменяется состояние идеального газа постоянной массы. Наибольшее давление газа в ходе процесса достигается

1**2****3****4**

- 1) в точке 1
- 2) на всем отрезке 1–2
- 3) в точке 3
- 4) на всем отрезке 2–3



Пояснение. Для выполнения этого задания требуется умение, пользуясь графиком процесса и уравнением Клапейрона – Менделеева (2.2.3,) анализировать изменения величин, характеризующих состояние газа. В данном случае процесс состоит из изотермы 1–2 и изохоры 2–3. На каждом из этих двух отрезков графика давление падает, что и приводит к очевидному ответу.

2.3.8(А). Если объем насыщенного пара уменьшается при постоянной температуре, его давление

1**2****3****4**

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) для одних газов увеличивается, а для других уменьшается

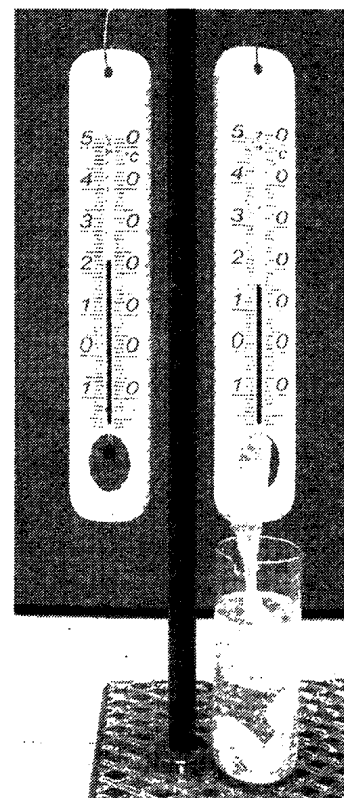
Пояснение. Если встретились трудности при выполнении этого задания, необходимо вернуться к определению понятия «насыщенный пар» (2.1.6) и его физическому смыслу. Поскольку насыщенный пар находится в динамическом равновесии со своей жидкостью, то обмен молекул между паром и жидкостью происходит при некоторой постоянной концентрации молекул пара. Для получения ответа остается воспользоваться основным уравнением МКТ газов (2.2.2).

2.3.9(А). На фотографии представлены два термометра, используемые для определения относительной влажности воздуха с помощью психрометрической таблицы, в которой влажность указана в процентах.

1**2****3****4**

Психрометрическая таблица

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



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

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

Пояснение. Рецепт для достижения успеха в данном случае очевиден: надо заблаговременно узнать, как устроена так называемая «психрометрическая таблица» и как ею пользоваться. Сначала находим по фотографии разность показаний сухого и влажного термометров: $23^{\circ}\text{C} - 16^{\circ}\text{C} = 7^{\circ}\text{C}$. А затем пользуемся таблицей: относительную влажность находим на пересечении столбца, соответствующего разности показаний термометров (7°C), и строки, соответствующей показаниям сухого термометра (23°C).

2.3.10(А). В процессе перехода вещества из жидкого состояния в кристаллическое

1234

- 1) увеличивается расстояние между его молекулами
- 2) расстояние между молекулами не изменяется
- 3) увеличивается упорядоченность в расположении молекул
- 4) уменьшается расстояние между молекулами

Пояснение. Здесь снова предлагают вернуться к основам МКТ, на сей раз – для интерпретации механизма фазового перехода «жидкость – твердое тело». Полезно помнить, что задания на интерпретацию принято называть качественными. Одно из главных отличительных свойств кристаллических твердых тел в сравнении с жидкостями – значительно бóльшая упорядоченность в расположении молекул, что соответствует третьему ответу. Любой из остальных ответов является неправильным.

2.3.11(АП). В баллоне объемом $16,6 \text{ м}^3$ находятся 20 кг азота при температуре 300 К. Каково давление в баллоне? Ответ выразите в килопаскалях и округлите до целых.

1234

- 1) 97 кПа
- 2) 107 кПа
- 3) 121 кПа
- 4) 202 кПа

Пояснение. Это – пример одного из самых простых расчетных заданий по школьному курсу физики. Для его выполнения необходимо знать уравнение Клапейрона – Менделеева (2.2.3) и уметь выражать искомую величину в заданных единицах (и округлять ее).

Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

2.3.12(АП). На рисунке показан график изотермического

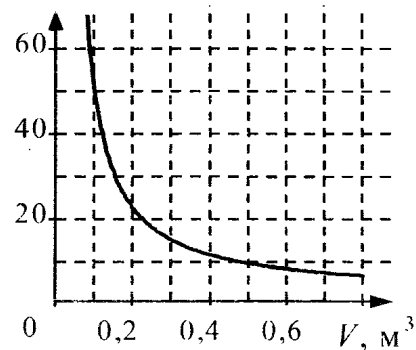
1234

расширения водорода. Масса водорода $4 \cdot 10^{-2}$ кг. $p, 10^4$ Па

Определите его температуру.

- 1) 373 К
- 2) 273 К
- 3) 301 К
- 4) 201 К

Пояснение. Это задание потруднее предыдущего: кроме уравнения Клапейрона – Менделеева (и умения округлять численное значение искомой величины), требуется еще умение считывать информацию с графика.



Дано:	Решение:	
Найти:	Ответ:	

2.3.13(В). В сосуде находятся водяной пар и некоторое количество воды. Как изменятся при изотермическом уменьшении объема сосуда следующие три величины: давление в сосуде, масса воды, масса пара?

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 в сосуде	Масса воды	Масса пара

Пояснение. Ключом к пониманию этого задания является определение понятия насыщенного водяного пара. По определению это такой пар, который находится в динамическом равновесии с жидкостью. При изотермическом уменьшении объема сосуда с водяным паром динамическое равновесие сохранится, но при этом часть водяного пара сконденсируется.

2.3.14(В). Установите соответствие между физическими константами и их размерностями.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ

- А) постоянная Больцмана
- Б) универсальная газовая постоянная

ИХ РАЗМЕРНОСТИ

- 1) К·м/(моль·Н)
- 2) Вт·с/К
- 3) К/(Вт·с)
- 4) Дж/(моль·К)

2.4. Задания для самопроверки

2.4.1(A). Сколько молекул содержится в 1 г углекислого газа CO_2 ?

1 2 3 4

- 1) $3 \cdot 10^{21}$
- 2) $9 \cdot 10^{21}$
- 3) $5,2 \cdot 10^{22}$
- 4) $1,4 \cdot 10^{22}$

2.4.2(A). В результате охлаждения одноатомного идеального газа его давление уменьшилось в 4 раза, а концентрация молекул газа не изменилась. При этом средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа

1 2 3 4

- 1) уменьшилась в 16 раз
- 2) уменьшилась в 2 раза
- 3) уменьшилась в 4 раза
- 4) не изменилась

2.4.3(A). Хаотичность теплового движения молекул льда приводит к тому, что

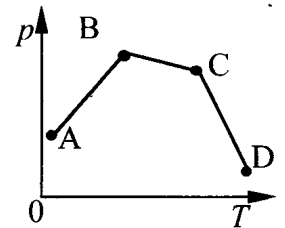
1 2 3 4

- 1) его молекулы участвуют в процессе диффузии
- 2) температура льда во время его плавления не меняется
- 3) лед очень трудно сжать
- 4) кристалл льда не рассыпается на отдельные молекулы

2.4.4(A). В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. График зависимости давления газа от температуры при изменении его состояния представлен на рисунке. Какому состоянию газа соответствует наименьшее значение объема?

1 2 3 4

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



2.4.5A. При постоянной температуре объем данной массы идеального газа возрос в 4 раза. Давление газа при этом

1 2 3 4

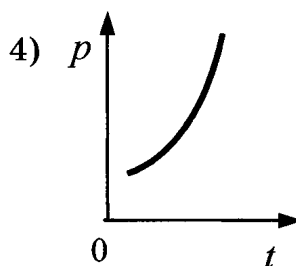
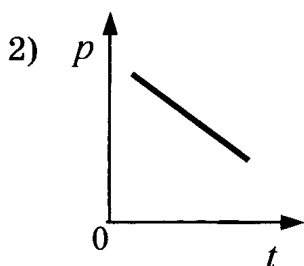
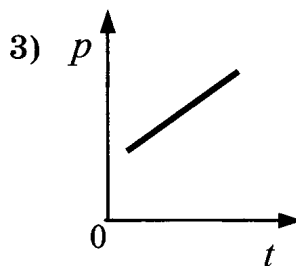
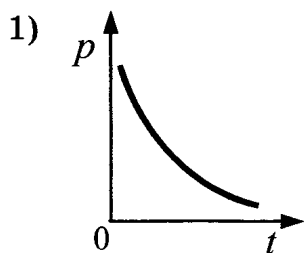
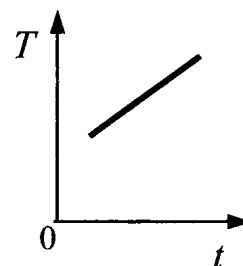
- 1) увеличилось в 2 раза
- 2) увеличилось в 4 раза
- 3) уменьшилось в 2 раза
- 4) уменьшилось в 4 раза

2.4.6(A). Газ, объем которого 8,31 л, находится в баллоне при температуре 127°C и давлении 100 кПа. Какое количество вещества содержится в газе?

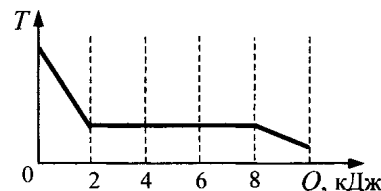
1 2 3 4

- 1) 0,5 моль
- 2) 0,25 моль
- 3) 1 моль
- 4) 2 моль

2.4.7(А). Герметично закрытый сосуд с газом нагревают. Температура газа в сосуде растет со временем так, как показано на рисунке справа. Какой график правильно показывает зависимость давления газа в сосуде от времени? (Объем сосуда считать постоянным.)



2.4.8(А). На графике показано, как менялась температура 0,2 кг газообразного вещества в зависимости от количества выделенной им теплоты. Какова удельная теплота парообразования этого вещества?



- 1) 40 кДж/кг
2) 30 кДж/кг

- 3) 1,6 кДж/кг
4) 1,2 кДж/кг

2.4.9(А). Парциальное давление водяного пара в комнате равно $2 \cdot 10^3$ Па при относительной влажности воздуха 60%. Давление насыщенного водяного пара примерно равно

- 1) $1,2 \cdot 10^3$ Па
2) $3,3 \cdot 10^3$ Па

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

2.4.10(А). В процессе перехода вещества из кристаллического состояния в жидкое

1234

- 1) уменьшается упорядоченность в расположении его молекул
2) молекулы перестают притягиваться друг к другу
3) существенно увеличивается расстояние между молекулами
4) существенно увеличиваются силы отталкивания между молекулами

2.4.11(Ап). В баллоне объемом $1,66 \text{ м}^3$ находятся 2 кг идеального газа при давлении 10^5 Па и температуре 47°C . Какова молярная масса газа?

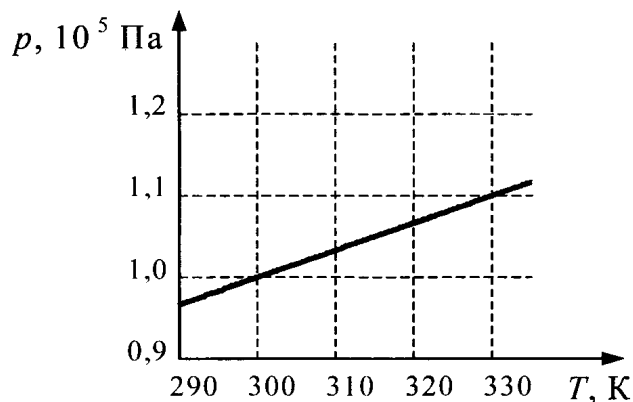
1234

- 1) 2 г/моль
2) 4 г/моль
3) 28 г/моль
4) 32 г/моль

Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

2.4.12(АП). На рисунке показан график зависимости давления идеального газа в запаянном сосуде от температуры. Объем сосуда равен $0,4 \text{ м}^3$. Сколько молей газа содержится в этом сосуде?

1234



- | | |
|------------|------------|
| 1) 4 моль | 3) 28 моль |
| 2) 16 моль | 4) 32 моль |

Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

2.4.13(АП). В ходе изотермического процесса объем идеального газа уменьшился на 150 дм^3 , а давление возросло в 2 раза. Каким был первоначальный объем газа?

1234

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1) $0,1 \text{ м}^3$ | 3) $0,4 \text{ м}^3$ |
| 2) $0,3 \text{ м}^3$ | 4) $0,6 \text{ м}^3$ |

Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

[illegible]

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

3. ТЕРМОДИНАМИКА

3.1. Основные понятия

3.1.1. Внутренняя энергия идеального газа – это суммарная кинетическая энергия теплового движения его «частиц».

3.1.2. Теплоемкость системы – это величина, численно равная количеству теплоты, которое нужно сообщить системе, чтобы изменить ее температуру на 1 К:

$$C = Q/\Delta T,$$

где Q – количество тепла, полученного системой, ΔT – вызванное этим теплом изменение ее температуры.

3.1.3. Молярная теплоемкость вещества есть величина, численно равная тому количеству теплоты, которое нужно сообщить 1 молю вещества, чтобы изменить его температуру на 1 К:

$$C_\mu = Q/(\nu\Delta T),$$

где Q – тепло, полученное веществом в количестве ν молей, ΔT – изменение температуры вещества.

3.1.4. Удельная теплоемкость вещества есть величина, численно равная количеству теплоты, которое нужно сообщить 1 кг вещества, чтобы изменить его температуру на 1 К:

$$c = Q/(m\Delta T),$$

где Q – тепло, полученное веществом, масса которого m , ΔT – изменение температуры вещества.

3.1.5. Тепловая машина – это работающее циклами устройство, предназначенное для преобразования тепла в механическую работу.

3.1.6. КПД тепловой машины – это величина, равная отношению работы тепловой машины в ходе одного цикла к получаемому ею при этом количеству тепла:

$$\eta = A/Q_n = (Q_n - Q_x)/Q_n,$$

где A – работа тепловой машины за цикл, Q_n – количество теплоты, полученное машиной от нагревателя, Q_x – количество теплоты, отданное ею холодильнику.

3.1.7. Адиабатическим называется процесс в системе, при котором не происходит теплообмена системы с окружающими телами.

3.1.8. Цикл Карно – это циклический процесс в системе, состоящий из двух изотерм и двух адиабат.

3.2. Формулировки законов и формулы

3.2.1. Первое начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A,$$

где Q – количество теплоты, полученное системой, ΔU – изменение ее внутренней энергии, A – работа системы.

3.2.2. Уравнение теплового баланса – это частный случай первого начала термодинамики, когда составные части системы обмениваются между собой теплом, не получая при этом тепла извне и не совершая работы.

3.2.3. Формула для внутренней энергии одноатомного идеального газа:

$$U = (3/2)\nu RT,$$

где ν – число молей, T – температура, R – газовая постоянная.

3.2.4. Второе начало термодинамики:

невозможен такой циклический процесс, в результате которого все тепло, взятое у какого-то одного тела, было бы полностью преобразовано в механическую работу.

3.2.5. Формула для КПД цикла Карно:

$$\eta = (T_{\text{н}} - T_{\text{х}})/T_{\text{н}},$$

где $T_{\text{н}}$ – температура нагревателя, $T_{\text{х}}$ – температура холодильника.

3.3. Примеры и пояснения к решениям

3.3.1(А). Температура газа уменьшилась до 0°C . При этом внутренняя энергия газа

1 2 3 4

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась
- 4) стала равной нулю

Пояснение. Средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул газа и его температура пропорциональны друг другу. Значит, при уменьшении одной из них уменьшается и другая.

3.3.2(А). Как изменяется внутренняя энергия тела при повышении его температуры?

1 2 3 4

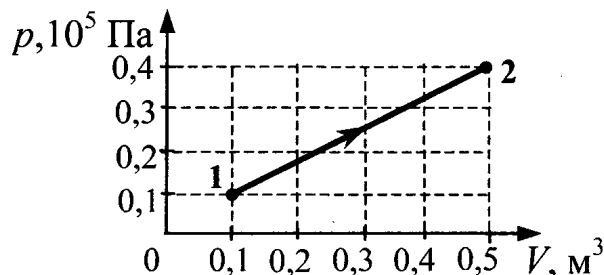
- 1) Увеличивается
- 2) Уменьшается
- 3) У газообразных тел увеличивается, у жидких и твердых тел не изменяется
- 4) У газообразных тел не изменяется, у жидких и твердых тел увеличивается

Пояснение. Понятие «внутренняя энергия» – одно из важнейших в термодинамике. Это задание связано с молекулярно-кинетической трактовкой этого понятия.

3.3.3(А). Какую работу совершил одноатомный газ в процессе, изображенном на pV -диаграмме?

1 2 3 4

- 1) 20 кДж
- 2) 7,5 кДж
- 3) 16 кДж
- 4) 10 кДж



Пояснение. Это задание – напоминание о простом приеме, с помощью которого, пользуясь pV -диаграммой для газа, можно определить его работу: работа численно равна площади под соответствующим графиком процесса. Для нахождения работы газа надо вычислить площадь трапеции, ограниченной слева и справа вертикальными отрезками 1 и 2.

3.3.4(А). Идеальный газ, находясь в тепловом контакте с окружающими телами, совершил работу 300 Дж. При этом внутренняя энергия газа увеличилась на 300 Дж. В этом процессе газ

1234

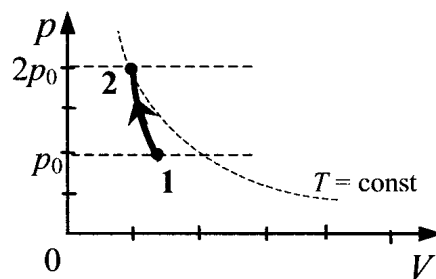
- 1) отдал 600 Дж
- 2) отдал 300 Дж
- 3) получил 600 Дж
- 4) получил 300 Дж

Пояснение. Вот еще одно задание на тему о взаимосвязи физических величин. На сей раз о том, как связаны между собой три величины, входящие в уравнение для первого начала термодинамики (3.2.1): количество тепла Q , полученного (или отданного) системой, изменение ее внутренней энергии ΔU и работа системы A . Надо обратить внимание на знаки этих трех величин. Согласно первому началу термодинамики, тепло Q – это сумма двух слагаемых: ΔU и A . Для получения ответа остается найти эту сумму.

3.3.5(А). На рисунке представлен график зависимости давления идеального одноатомного газа от объема при его адиабатическом сжатии. Внешние силы совершили работу, равную 30 кДж. Внутренняя энергия газа при этом

1234

- 1) не изменилась
- 2) увеличилась на 30 кДж
- 3) уменьшилась на 30 кДж
- 4) увеличилась на 60 кДж



Пояснение. Не надо торопиться при выполнении этого задания. Обращаем внимание: для его выполнения вовсе не требуется приведенный график. Это – пример задания с «лишними» данными. Поскольку в процессе сжатия не происходит теплообмена газом с окружающими телами, работа газа и изменение его внутренней энергии равны по величине и противоположны по знаку. Для получения ответа надо еще учесть, что работа внешних сил положительна, а значит, работа самого газа отрицательна.

3.3.6(А). Тепловая машина за цикл совершает работу 50 Дж и отдает холодильнику 100 Дж. Каков КПД тепловой машины?

1234

- 1) 100%
- 2) 50%
- 3) 33%
- 4) 67%

Пояснение. Выполняя задания о КПД тепловой машины (3.1.6), надо уметь связать КПД с первым началом термодинамики (3.2.1). Это поможет и в данном случае: КПД тепловой машины равен отношению ее работы A за цикл к сумме двух слагаемых – работы A и тепла Q_x , отданного при этом холодильнику. Вычисляя КПД тепловой машины, учтем, что за один цикл тепловая машина получает от нагревателя количество тепла $Q_n = A + Q_x = 50 \text{ Дж} + 100 \text{ Дж} = 150 \text{ Дж}$. Остается найти отношение A к Q_n .

3.3.7(А). При передаче твердому телу массой m количества теплоты Q его температура повысилась на ΔT . Какое из приводимых ниже выражений определяет удельную теплоемкость вещества этого тела?

1234

- 1) Q/m
- 2) $Q/\Delta T$
- 3) $Q/(m\Delta T)$
- 4) $Q \cdot m \cdot \Delta T$

Пояснение. Задания такого типа дают возможность проверить знания определений физических величин. Выполняя это задание, нередко забывают, что в школьном курсе физики встречаются три различных по смыслу теплоемкости: теплоемкость системы (3.1.2), молярная теплоемкость вещества (3.1.3) и удельная теплоемкость вещества (3.1.4). Полезно еще обратить внимание на размерность предлагаемых в задании комбинаций величин. Это и даст возможность осмысленного выбора ответа.

3.3.8(А). Температура медного образца массой 100 г повысилась с 20°C до 60°C . Какое количество теплоты получил образец?

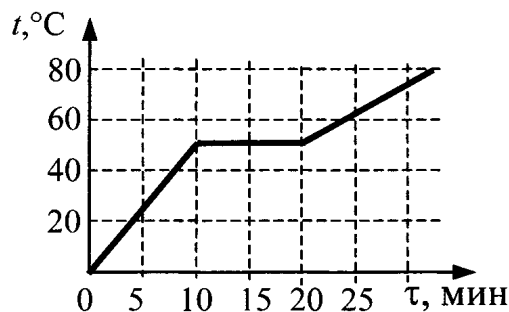
1234

- 1) 760 Дж
- 2) 1520 Дж
- 3) 3040 Дж
- 4) 2280 Дж

Пояснение. Для выполнения задания необходимо умение искать и находить табличные величины. В данном случае надо отыскать в одной из таблиц, прилагаемых к заданию ЕГЭ, значение удельной теплоемкости меди. После этого останется найти произведение трех сомножителей – удельной теплоемкости (c), массы образца (m) и изменения его температуры. Это и будет искомое количество тепла.

3.3.9(А). Кристаллическое тело нагревается с помощью источника постоянной мощности. Температура тела изменяется в соответствии с приведенным графиком. Какова температура плавления тела?

1234



- 1) 50°C
- 2) 60°C
- 3) 80°C
- 4) 45°C

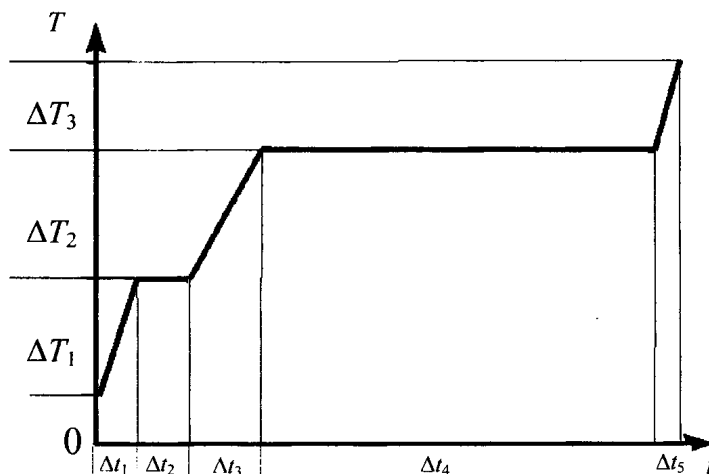
Пояснение. Здесь мы имеем одно из простейших заданий на тему о фазовых переходах. Чтобы выполнить его, надо помнить, что в ходе плавления кристаллического вещества его температура неизменна. Судя по графику, фазовый переход «твердое тело – жидкость» начинается в момент времени $\tau_1 = 10$ мин и кончается в момент $\tau_2 = 20$ мин. По этим данным нетрудно отыскать на графике, при какой температуре это происходит.

3.3.10(А). На графике показана зависимость

1234

температуры T воды массой m от времени t при передаче ей тепла с постоянной мощностью. В момент времени $t = 0$ вода находилась в твердом состоянии. В течение какого интервала времени лед нагревался и в течение какого – плавился?

- 1) Δt_1 и Δt_2
- 2) Δt_1 и Δt_3
- 3) Δt_1 и Δt_4
- 4) Δt_3 и Δt_4



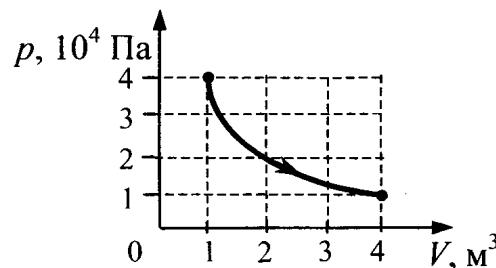
Пояснение. Сначала надо суметь «прочитать» график, задавшись вопросом: какие «события» происходят с водой на всем протяжении графика? При этом надо помнить, что горизонтальные участки на графике зависимости $T(t)$ соответствуют изменениям агрегатного состояния вещества, а наклонные – нагреванию этого вещества в неизменном агрегатном состоянии. Итак, «читаем» график. Он состоит из трех наклонных участков и двух горизонтальных. На оси времени выделено пять интервалов, от Δt_1 до Δt_5 : Δt_1 – вода находится в твердой фазе, Δt_2 – происходит плавление льда, Δt_3 – вода находится в жидкой фазе и постепенно нагревается вплоть до температуры кипения, Δt_4 – вода кипит, превращаясь в пар, Δt_5 – происходит нагревание пара, в который превратилась вся вода. В этом описании «событий», происходящих с водой, нетрудно отыскать ответы на оба вопроса задания.

3.3.11(АП). На рисунке показан процесс изменения состоя-

1234

ния идеального газа. Какую работу совершил газ в этом процессе, если он получил количество теплоты $6 \cdot 10^5$ Дж? Ответ выразите в килоджоулях.

- 1) 60 Дж
- 2) 300 кДж
- 3) 60 кДж
- 4) 600 кДж



Пояснение. Не всякий заметит, что на графике показан изотермический процесс (в виде отрезка гиперболы). Если вы это заметили, то сразу можете записать ответ, поскольку изменение внутренней энергии газа равно нулю и все полученное им тепло превращается в механическую работу.

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

3.3.12(АП). Идеальный одноатомный газ находится в сосуде объемом $0,6 \text{ м}^3$. Его внутрен-

1234

няя энергия равна $1,8 \text{ кДж}$. Определите давление газа.

- 1) 1 кПа
- 2) 2 кПа
- 3) 6 кПа
- 4) 8 кПа

Пояснение. Снова встретилось задание, для выполнения которого нужны знания из различных разделов курса физики. В данном случае – из термодинамики и молекулярной физики. Надо заблаговременно потренироваться в решении подобных «комбинированных» задач. Основных уравнений здесь два: формула для внутренней энергии идеального одноатомного газа (3.2.3) и уравнение Клапейрона – Менделеева (2.2.3).

Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

3.3.13(В). В сосуде, объем которого можно изменять, находится разреженный газ. Как изменятся при адиабатическом увеличении объема сосуда следующие три величины: температура газа, его давление, концентрация молекул 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.

Температура газа	Давление газа	Концентрация молекул газа

Пояснение. Для анализа изменений, которые возникнут в газе, необходимо воспользоваться первым началом термодинамики и формулой, которая связывает давление газа с концентрацией его молекул и температурой.

3.3.14(В). Установите соответствие между терминами термодинамики и их определениями. К каждой позиции первого столбца подберите нужную позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ТЕРМИНЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

- А) тепловая машина
- Б) тепловое равновесие

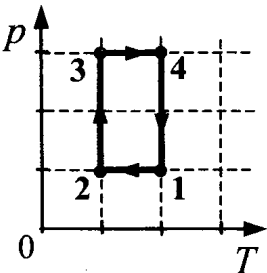
ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- 1) такое состояние системы тел, при котором все тела имеют одинаковую температуру
- 2) устройство, назначение которого – преобразование теплоты в механическую работу
- 3) машина, преобразующая механическую работу в тепло
- 4) состояние системы, при котором тепло, поступающее в систему в единицу времени, поддерживается постоянным

А	Б

Пояснение. Понятия термодинамики относятся к числу наиболее трудных в курсе физики. Это задание позволяет не только проверить знание терминологии по данному разделу, но и знакомит с примерами часто встречающихся заблуждений. В качестве одной из радикальных мер профилактики ошибок можно порекомендовать первую из разновидностей типовых учебных вопросов по физике: «Что это такое?» (см. стр. 5).

3.3.15(С). На pT -диаграмме показан цикл тепловой машины, у которой рабочим телом является идеальный газ (см. рисунок). Найдите модуль отношения работ газа $\frac{A_{34}}{A_{12}}$ на участках 3–4 и 1–2.



Пояснение. Для вычисления работы газа с помощью графика pV -диаграмма значительно удобнее, чем pT -диаграмма. На pV -диаграмме работа газа в ходе процесса равна площади под отрезком, соответствующим этому процессу. Надо перевести заданный цикл на pV -диаграмму (с соблюдением масштаба!) и сравнить на этом новом графике площади под изобарами 3 – 4 и 1 – 2.

Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

3.3.16(С). В калориметре находился 1 кг льда. Какой была температура льда, если после добавления в калориметр 15 г воды, имеющей температуру 20 °С, в нем установилось тепловое равновесие при – 2 °С? (Теплообменом с окружающей средой и теплоемкостью калориметра пренебречь.)

Пояснение. Это задание – на тему «Уравнение теплового баланса». Практика выполнения такого типа заданий показывает, что самое трудное – правильная трактовка знаков изменения количеств тепла, которыми обмениваются составные части системы. В данном случае тепло, которое получил находившийся в калориметре лед при его нагревании до конечной температуры, можно представить в виде трех слагаемых. Эти слагаемые соответствуют тому, что вода, добавленная в калориметр, сначала остывает до 0 °С, затем она постепенно затвердевает при 0 °С, превращаясь в «новый» лед, и, наконец, этот «новый» лед остывает до конечной температуры.

Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

3.4. Задания для самопроверки

3.4.1(А). Внутренняя энергия 10 молей одноатомного идеального газа при 27 °С равна

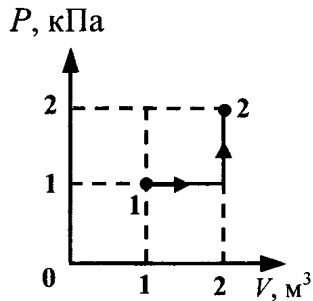
1 2 3 4

- 1) 3361 Дж
- 2) 4500 Дж
- 3) 24900 Дж
- 4) 37395 Дж

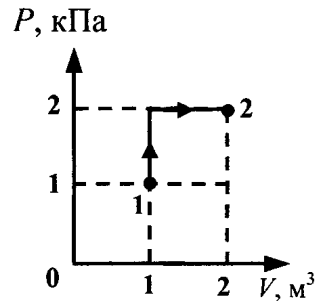
3.4.2(А). Состояние газа изменялось в соответствии с графиками на рисунках А, Б, В.

1 2 3 4

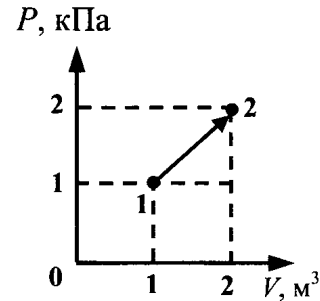
В каком случае изменение внутренней энергии больше?



А



Б



В

- 1) В первом
- 2) Во втором
- 3) В третьем
- 4) Во всех случаях одинаково

3.4.3(А). Температура тела А 300 К, температура тела Б 100 °С. Оба они изолированы от других тел. Температура какого из тел повысится при их тепловом контакте?

1 2 3 4

- 1) Тела А
- 2) Тела Б
- 3) Температуры тел А и Б не изменятся
- 4) Температуры тел А и Б могут только понижаться

3.4.4(А). Одноатомный идеальный газ в количестве 4 молей поглощает количество теплоты 2 кДж. При этом температура газа повышается на 20 К. Работа, совершаемая газом в этом процессе, равна

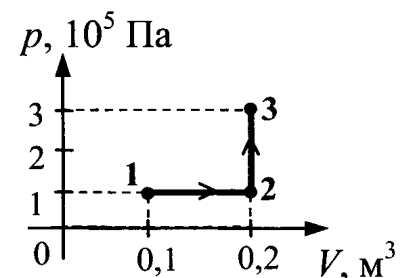
1 2 3 4

- | | |
|------------|------------|
| 1) 0,5 кДж | 3) 1,5 кДж |
| 2) 1,0 кДж | 4) 2,0 кДж |

3.4.5(А). Какую работу совершает газ при переходе из состояния 1 в состояние 3?

1 2 3 4

- 1) 10 кДж
- 2) 20 кДж
- 3) 30 кДж
- 4) 40 кДж



3.4.6(A). Двум молям идеального одноатомного газа при изобарном нагревании на 50 К было сообщено количество теплоты

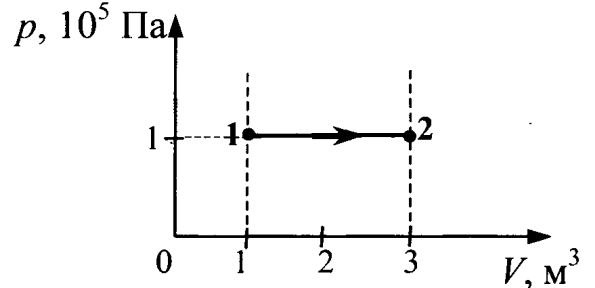
1234

- 1) 415 Дж
- 2) 831 Дж
- 3) 1246 Дж
- 4) 2078 Дж

3.4.7(A). На рисунке представлен график изобарического изменения объема идеального одноатомного газа. Газ получил 500 кДж теплоты. Внутренняя энергия газа при этом

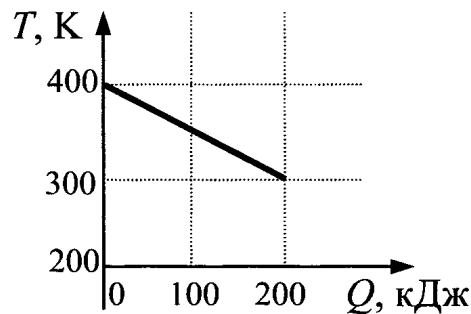
1234

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



3.4.8(A). На рисунке приведен график зависимости температуры твердого тела от отданного им количества теплоты. Масса тела 4 кг. Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?

1234



- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1) 0,125 Дж/(кг·К) | 3) 500 Дж/(кг·К) |
| 2) 0,25 Дж/(кг·К) | 4) 4000 Дж/(кг·К) |

3.4.9(A). У тепловой машины Карно температура нагревателя 527 °С, а температура холодильника 27 °С. За один цикл рабочее тело получает от нагревателя 25 кДж теплоты. Какую работу совершает за цикл рабочее тело машины?

1234

- 1) 15,6 Дж
- 2) 23,7 Дж
- 3) 15,6 кДж
- 4) 23,7 кДж

3.4.10(A). При любом циклическом процессе с газом в качестве рабочего тела

1234

- 1) работа, совершаемая газом за цикл, равна нулю
- 2) количество теплоты, получаемой газом за цикл, равно нулю
- 3) изменение объема газа за цикл не равно нулю
- 4) изменение внутренней энергии газа за цикл равно нулю

1234

1) 43 МИН

3) 33 МИН

2) 37 мин

4) 22 мин

1 2 3 4

1) 60 Дж

2) 200 Дж

3) 400 Дж

4) 40 кДж

1 2 3 4

1) 1

2) 2

3) 4

4) 8



3.4.14(В). Температуру нагревателя тепловой машины Карно уменьшили, оставив температуру холодильника неизменной. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменили при этом КПД теплового двигателя, количество теплоты, отданное газом холодильнику, и работу, совершаемую газом за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличили
- 2) уменьшили
- 3) не изменили

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

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

3.4.15(В). Установите соответствие между физическими величинами и их определениями.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) внутренняя энергия идеального газа

Б) удельная теплота плавления вещества

ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1) величина, численно равная количеству тепла, которое необходимо для плавления одного моля вещества

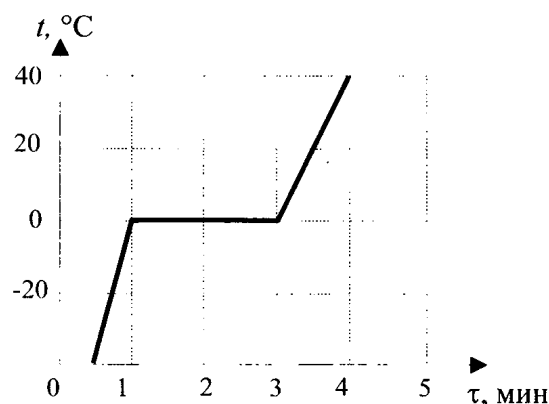
2) суммарная кинетическая энергия внутримолекулярного движения в газе

3) суммарная кинетическая энергия «частиц» газа

4) величина, численно равная количеству тепла, которое нужно сообщить единице массы этого вещества для его перехода из твердого состояния в жидкое

А	Б

3.4.16(С). На рисунке представлен график изменения температуры некоторого количества вещества в калориметре с течением времени. Удельная теплота плавления вещества 100 кДж/кг. В начальный момент времени вещество находилось в твердом состоянии. Рассчитайте удельную теплоемкость этого вещества в жидком состоянии. (Теплоемко-



стью калориметра пренебречь; считать, что подводимая к сосуду мощность постоянна.)

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

3.4.17(С). Сосуд объемом 2 м^3 разделен пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в одной части сосуда находится 1 кг гелия, а в другой 1 кг аргона. Атомы гелия могут проникать через перегородку, а атомы аргона – не могут. Начальная температура гелия и аргона одинакова и равна 300 К . Определите внутреннюю энергию гелий-аргоновой смеси после установления равновесия в системе.

[illegible]

3.4.18(С). В сосуде постоянного объема находятся $\nu_1 = 2$ моля одноатомного идеального газа при температуре $T_1 = 300$ К. В некоторый момент времени начинают выпускать газ из сосуда через клапан, уменьшая его массу каждую секунду на Δm . При этом с помощью нагревателя повышают температуру газа в сосуде с таким расчетом, чтобы температура газа в сосуде каждую секунду повышалась на ΔT вплоть до конечной температуры $T_2 = 600$ К. Какое число ν_2 молей газа осталось в сосуде к концу нагревания, если газу сообщили в итоге 6 кДж тепла?

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

4. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

4.1. Основные понятия

4.1.1. **Точечный заряд** – это заряженное тело пренебрежимо малых размеров.

4.1.2. **Напряженность электростатического поля** в данной точке пространства есть величина, измеряемая кулоновской силой, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в эту точку.

4.1.3. **Силовая линия электростатического поля** (линия вектора $\vec{E}$) – это линия, касательная к которой в любой ее точке направлена вдоль вектора напряженности поля $\vec{E}$ в этой точке.

4.1.4. **Потенциалом** данной точки пространства называется величина, численно равная той работе, которую совершают внешние силы по перемещению единичного положительного заряда из точки, потенциал которой принимается равным нулю, в данную точку.

4.1.5. **Эквипотенциальными** называются точки, потенциалы которых одинаковы.

4.1.6. **Конденсатор** – совокупность двух заряженных проводников (обкладок), для которой силовые линии электростатического поля, начинаясь на одном из них, кончаются на другом.

4.1.7. **Емкость конденсатора** есть величина, численно равная модулю заряда на одной из его обкладок, при разности потенциалов между ними 1 В.

4.1.8. **Напряжение** между двумя точками пространства – это разность потенциалов между ними.

4.1.9. **Электрический ток** – это упорядоченное движение электрических зарядов.

4.1.10. **Сила тока**, текущего в проводнике, есть величина, численно равная электрическому заряду, который проходит через поперечное сечение проводника в единицу времени.

4.1.11. **Постоянным** называется ток, величина и направление которого не меняются с течением времени во всех точках электрической цепи.

4.1.12. **Электрическое сопротивление участка цепи** R – это величина, равная отношению напряжения U между концами этого участка к силе тока I , текущего через него:

$$R = U/I.$$

4.1.13. **ЭДС источника тока**, действующего в цепи, есть величина, численно равная той работе, которую совершают сторонние силы источника тока при перемещении единичного положительного заряда по всей замкнутой цепи.

4.1.14. **Работа тока** – это работа ΔA сил кулоновского поля по перемещению заряда $\Delta q = I\Delta t$ между точками с разностью потенциалов U :

$$\Delta A = UI\Delta t,$$

где Δt – время протекания тока I .

4.1.15. Мощность тока – это величина, численно равная работе тока в единицу времени:

$$P = UI.$$

4.1.16. Сила Ампера – это сила, действующая на проводник с током, помещенный в магнитное поле.

4.1.17. Сила Лоренца – это сила, действующая на заряд q , который движется со скоростью $\vec{v}$ в магнитном поле с индукцией $\vec{B}$:

$$F_{\text{Лор}} = q \vec{v} B \sin \alpha,$$

где α – угол между векторами $\vec{v}$ и $\vec{B}$.

4.1.18. Магнитный поток Φ через плоскую поверхность площадью S определяется формулой:

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

где $\vec{B}$ – индукция магнитного поля, α – угол между вектором $\vec{B}$ и нормалью к поверхности.

4.1.19. Коэффициент самоиндукции контура есть величина, численно равная ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре при скорости изменения тока в нем, равной 1 А/с.

4.2. Формулировки законов и формулы

4.2.1. Закон Кулона. В этом законе два утверждения:

- 1) одноименные заряды отталкиваются, разноименные – притягиваются.
- 2) величина кулоновской силы определяется формулой

$$F_{12} = (1/(4\pi\epsilon_0)) \cdot q_1 q_2 / r_{12}^2,$$

где F_{12} – кулоновская сила, с которой один точечный заряд действует на другой, q_1 и q_2 – взаимодействующие точечные заряды, r_{12} – расстояние между ними, $1/(4\pi\epsilon_0)$ – коэффициент, соответствующий выбору системы единиц СИ для записи закона Кулона.

4.2.2. Закон сохранения заряда:

в изолированной системе зарядов алгебраическая сумма зарядов сохраняется неизменной.

4.2.3. Принцип суперпозиции: результирующая кулоновская сила, создаваемая системой зарядов, равна геометрической сумме кулоновских сил, создаваемых каждым из зарядов в отдельности.

4.2.4. Формула для энергии заряженного конденсатора:

$$W = CU^2/2 = q^2/(2C),$$

где C – емкость конденсатора, U – напряжение между его обкладками, q – заряд на его обкладках.

4.2.5. Закон Ома для участка цепи, не содержащего ЭДС:

$$I = U/R,$$

где I – сила тока, текущего через участок цепи, U – напряжение между концами участка, R – его электрическое сопротивление.

4.2.6. Закон Ома для замкнутой неразветвленной цепи:

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

где I – сила тока в цепи, $\mathcal{E}$ и r – ЭДС источника тока и его внутреннее сопротивление, R – сопротивление внешнего участка цепи.

4.2.7. Закон Джоуля – Ленца:

устанавливает взаимосвязь между количеством тепла ΔQ , выделяющегося в проводнике, с силой текущего по нему постоянного тока I , сопротивлением проводника R и временем Δt :

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

4.2.8. Закон Ампера:

сила Ампера, действующая на участок проводника длиной Δl с током I , помещенный в магнитное поле с индукцией $\vec{B}$, равна

$$F_A = IB\Delta l \sin\alpha,$$

где α – угол между отрезком проводника Δl и вектором $\vec{B}$.

4.2.9. Правило левой руки:

раскрытую ладонь левой руки надо расположить так, чтобы линии вектора $\vec{B}$ входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены вдоль тока I (или вдоль вектора скорости положительного заряда $\vec{v}$); отогнутый под прямым углом большой палец руки укажет тогда направление силы Ампера $\vec{F}_A$ (или силы Лоренца $\vec{F}_{\text{Лор}}$).

4.2.10. Закон электромагнитной индукции:

ЭДС электромагнитной индукции $\mathcal{E}_{\text{инд}}$, возникающая в замкнутом контуре при изменении магнитного потока $\Delta\Phi$ через площадь контура за время Δt , равна взятой с обратным знаком скорости изменения магнитного потока:

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = - \Delta\Phi/\Delta t.$$

4.2.11. Правило Ленца:

индукционный ток имеет всегда такое направление, что создаваемое им магнитное поле стремится скомпенсировать изменение магнитного потока, которым вызван данный индукционный ток.

4.2.12. Правило правой руки:

раскрытую ладонь правой руки надо расположить так, чтобы линии вектора $\vec{B}$ входили в ладонь, а отогнутый под прямым углом большой палец руки был направлен вдоль скорости движения отрезка проводника; четыре вытянутых пальца укажут тогда направление индукционного тока на этом отрезке.

4.3. Примеры и пояснения к решениям

4.3.1(А). Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов, если 1234 расстояние между ними увеличить в 3 раза?

- 1) Увеличится в 3 раза
- 2) Уменьшится в 9 раз

- 3) Уменьшится в 3 раза
- 4) Увеличится в 9 раз

Пояснение. Это пример задания, в котором проверяется знание одного из основных законов школьного курса физики. Для выполнения его надо воспользоваться законом Кулона (4.2.1). Согласно этому закону, сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

4.3.2(А). Напряженность однородного электрического поля равна 100 В/м, расстояние между двумя точками, расположенными на одной силовой линии поля, равно 5 см. Модуль разности потенциалов между этими точками равен

1234

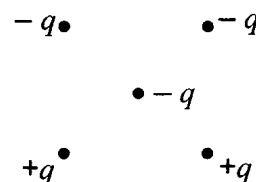
- 1) 5 В
- 2) 20 В
- 3) 500 В
- 4) 2000 В

Пояснение. Здесь мы имеем еще один пример задания на тему о взаимосвязях между физическими величинами – на сей раз между напряженностью поля (4.1.2) и разностью потенциалов (4.1.4) между точками, находящимися на некотором расстоянии друг от друга вдоль силовой линии (4.1.3). В соответствии с определениями понятий «напряженность поля» и «потенциал», искомая величина равна произведению указанных в задании величин напряженности поля и расстояния между двумя точками.

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

1234

- 1) $\rightarrow$
- 2) $\leftarrow$
- 3) $\uparrow$
- 4) $\downarrow$



Пояснение. При помощи этого задания предлагается вспомнить принцип суперпозиции – один из основных законов электростатики. Многие школьники не знают его формулировки, а потому и не умеют применять его при решении задач. По принципу суперпозиции суммарная кулоновская сила равна сумме четырех независимых вкладов в нее – от четырех зарядов, расположенных в вершинах квадрата. Кулоновские силы от двух отрицательных зарядов дают равнодействующую, направленную «вниз» ($\downarrow$) в плоскости чертежа. Два положительных заряда дают равнодействующую, точно такую же по величине и направлению. Значит, сумма всех четырех вкладов имеет такое же направление, как и сумма первых двух слагаемых.

4.3.4(А). Ток в металлах создается движением

1234

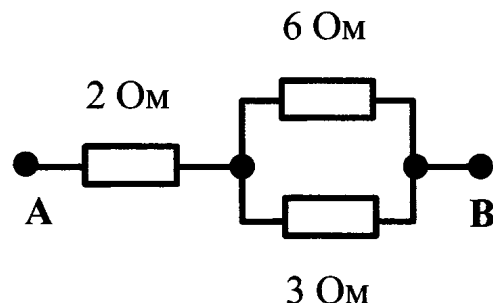
- 1) электронов
- 2) только положительных ионов
- 3) отрицательных и положительных ионов
- 4) только отрицательных ионов

Пояснение. Снова качественное задание – в том смысле, что ничего не надо считать. С его помощью проверяется наличие простейших представлений о природе электрического тока. Напомним, что электрический ток – это упорядоченное движение электрических зарядов. В случае металлов в роли носителей тока могут выступать, как это хорошо известно из многочисленных опытов, только свободные электроны – так называемые электроны проводимости.

4.3.5(А). Сопротивление между точками А и В участка электрической цепи, представленного на рисунке, равно

1 2 3 4

- 1) 11 Ом
- 2) 6 Ом
- 3) 4 Ом
- 4) 1 Ом

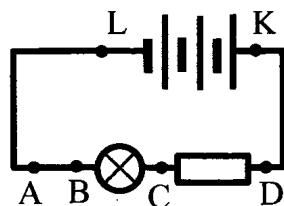


Пояснение. Здесь представлена комбинация двух различных способов соединения проводников – последовательного и параллельного. Искомое сопротивление можно представить как сумму сопротивлений двух последовательно соединенных проводников. Первое слагаемое – это сопротивление левого резистора (2 Ом), второе – сопротивление двух правых параллельно соединенных резисторов (согласно известной формуле для такого соединения, оно также равно 2 Ом).

4.3.6(АП). Для увеличения накала лампы (см. рисунок) следует подключить дополнительное сопротивление к точкам

1 2 3 4

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

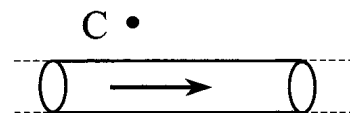


Пояснение. Данное задание имеет повышенный уровень сложности (а потому и помечено буквой П). Для его выполнения необходимо провести исследование – сравнить различные случаи подключения дополнительного резистора. Первый, третий и четвертый варианты ответов отпадают как неправильные: при этих способах подключения дополнительного резистора ток через лампу не изменяется. Оставшийся для рассмотрения вариант удовлетворяет поставленному требованию, поскольку при таком подключении резистора ток в цепи увеличится.

4.3.7(А). На рисунке изображен проводник, через который течет электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции в точке С?

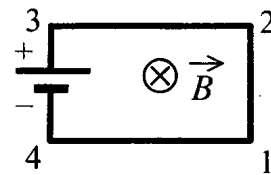
1 2 3 4

- 1) В плоскости чертежа ↑
- 2) В плоскости чертежа ↓
- 3) От нас перпендикулярно плоскости чертежа ⊗
- 4) К нам перпендикулярно плоскости чертежа ⊙



Пояснение. Понятие магнитного поля – одно из труднейших в школьном курсе физики. Помочь преодолеть трудности нередко помогают мнемонические правила. В данном случае – правило буравчика. Пользуясь этим правилом, располагаем буравчик (в виде винта с правой нарезкой) так, чтобы его острие было направлено в сторону протекания тока. «Завинчивая» его туда, куда течет ток, обращаем внимание на направление скорости точек рукоятки буравчика. В данном случае это надо сделать в тот момент, когда заданная точка С совпадет с одной из точек рукоятки.

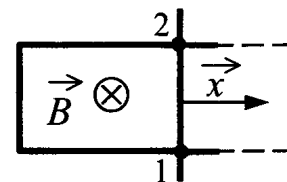
4.3.8(А). Электрическая цепь, состоящая из четырех прямолинейных горизонтальных проводников (1 – 2, 2 – 3, 3 – 4, 4 – 1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого $\vec{B}$ направлен вертикально вниз (см. рисунок). Куда направлена сила Ампера, действующая на проводник 1 – 2?



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

Пояснение. Как и в предыдущем задании, здесь также удобно применить мнемоническое правило. На сей раз – правило левой руки (4.2.9). Для определения силы Ампера с помощью левой руки необходимо, кроме направления магнитного поля, знать еще направление тока в проводнике. Судя по рисунку, в проводнике 1 – 2 ток течет от точки 2 к точке 1. Теперь остается расположить должным образом раскрытую ладонь левой руки, и большой ее палец укажет направление силы Ампера, действующей на проводник 1 – 2.

4.3.9(АП). Два рельса замкнуты на левом конце третьим проводником (см. рисунок, вид сверху). Четвертый проводник, параллельный ему и имеющий с рельсами надежный контакт в точках 1 и 2, катится по ним с некоторой скоростью $\vec{x}$ в магнитном поле, вектор магнитной индукции которого $\vec{B}$. Как направлен индукционный ток на участке цепи 1 – 2 и в какой из точек 1 и 2 потенциал ϕ больше?



- 1) От 2 к 1, $\phi_2 > \phi_1$
- 2) От 1 к 2, $\phi_2 > \phi_1$
- 3) От 2 к 1, $\phi_1 > \phi_2$
- 4) От 1 к 2, $\phi_1 > \phi_2$

Пояснение. Это еще один удобный случай применения мнемонического правила – правила правой руки (4.2.12). Задание помечено буквой П, потому что надо ответить на два вопроса (а не на один, как обычно в заданиях части А). Пользуясь этим правилом, располагаем правую руку так, чтобы линии вектора магнитной индукции входили в ее раскрытую ладонь, а отогнутый под прямым углом большой палец был направлен вдоль вектора скорости проводника 1 – 2. Четыре вытянутых пальца этой руки укажут направление индукционного тока в проводнике 1 – 2. Зная это направление, можно будет ответить на вопрос о потенциале. Полезно помнить при этом, что во всех точках внешней цепи постоянного тока ток течет от точки с большим потенциалом к точке с меньшим потенциалом.

4.3.13(В). К концам длинного однородного проводника приложено напряжение U . Провод укоротили вдвое и приложили к нему прежнее напряжение U . Как изменили при этом: силу тока в проводнике, сопротивление проводника и выделяющуюся в проводнике тепловую мощность?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличили
- 2) уменьшили
- 3) не изменили

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

Сила тока в проводнике	Сопротивление проводника	Мощность выделяющегося в проводнике тепла

Пояснение. Это задание «на соответствие». Так мы договорились выше кратко именовать данную разновидность. Подобные задания проверяют умение ориентироваться в ситуации, анализировать и сравнивать различные физические понятия. Чтобы не было неожиданностей на экзамене, надо заранее порешать такие задачи, взяв их из вариантов ЕГЭ последних лет.

4.3.14(В). Установите соответствие между физическими законами и формулами для них.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ

- А) закон Ампера
- Б) закон Джоуля – Ленца

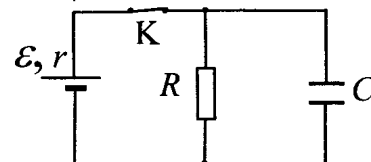
ФОРМУЛЫ ДЛЯ НИХ

- 1) $I = U/R$
- 2) $F = IB\Delta l \sin\alpha$
- 3) $Q = I^2Rt$
- 4) $F = qvB \sin\alpha$

А	Б

Пояснение. Физические законы – самое важное, что есть в физике. Чтобы успешно сдать экзамен по физике, надо специально потратить время на выучивание формул и названных физических законов. Задания на «соответствие» помогут в этом. Полезный ориентир: признаком успеха в этом деле будет то, что задачи подобного типа станут казаться вам простыми.

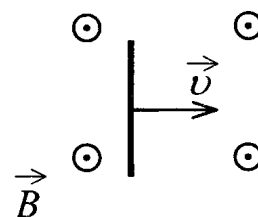
4.3.15(С). В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ K замкнут. Заряд конденсатора $q = 2$ мкКл, ЭДС батареи $\mathcal{E} = 24$ В, ее внутреннее сопротивление $r = 5$ Ом, сопротивление резистора $R = 25$ Ом. Найдите количество теплоты, которое выделится на резисторе после размыкания ключа K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



Пояснение. Задание примечательно тем, что для его выполнения используются сразу три физических закона. Вот их названия: закон сохранения энергии (согласно которому вся энергия конденсатора (4.2.4) превращается в тепло), закон Ома (4.2.5) для участка цепи (имеющего сопротивление R), закон Ома (4.2.6) для замкнутой цепи (состоящей из источника тока, резистора и замкнутого ключа K).

Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

4.3.16(С). Горизонтально расположенный проводник длиной 1 м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тл и направлена перпендикулярно проводнику и скорости его движения (см. рисунок). При начальной скорости проводника, равной нулю, проводник к некоторому моменту времени переместился на 1 м. ЭДС индукции на концах проводника в этот момент времени равна 2 В. Каково ускорение проводника?



Пояснение. Для выполнения этого задания требуются знания из двух различных разделов физики – электромагнетизма и механики. Исходная система уравнений будет включать в себя: закон электромагнитной индукции (для ЭДС на концах проводника), формулу для потока (4.1.18) линий магнитной индукции (4.2.10) (пересекаемых проводником за малое время Δt) и формулу из кинематики (связывающую искомое ускорение, скорость проводника и пройденный им путь).

Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

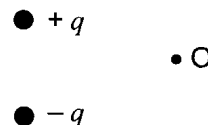
4.4. Задания для самопроверки

4.4.1(А). Какое направление имеет вектор напряженности электрического поля $\vec{E}$, созданного двумя разноименными равными по модулю зарядами в точке О (см. рисунок)?

1 2 3 4

- 1) $\rightarrow$
2) $\leftarrow$

- 3) $\uparrow$
4) $\downarrow$



4.4.2(A). Сила взаимодействия между двумя точечными зарядами равна F . Какой она будет, если величину каждого из зарядов и расстояние между ними увеличить в 3 раза?

1 2 3 4

1) $9F$

3) F

2) $3F$

4) $\frac{1}{3}F$

4.4.3(A). Если заряд каждой из обкладок конденсатора увеличить в n раз, то его емкость

1 2 3 4

1) увеличится в n раз

3) не изменится

2) уменьшится в n раз

4) увеличится в n^2 раз

4.4.4(A). Как изменится сила тока, протекающего по проводнику, если уменьшить в 2 раза напряжение на его концах, а площадь поперечного сечения проводника увеличить в 2 раза?

1 2 3 4

1) Не изменится

2) Уменьшится в 2 раза

3) Увеличится в 2 раза

4) Увеличится в 4 раза

4.4.5(A). Рассчитайте силу тока в замкнутой цепи, состоящей из источника тока с ЭДС 10 В и внутренним сопротивлением 1 Ом и резистора с сопротивлением 4 Ом.

1 2 3 4

1) 2 А

2) 2,5 А

3) 10 А

4) 50 А

4.4.6(A). Сопротивление между точками А и В электрической цепи, представленной на рисунке, равно

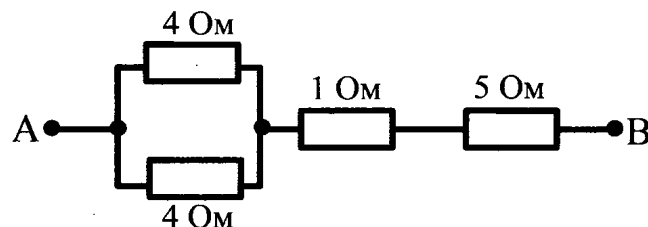
1 2 3 4

1) 14 Ом

2) 8 Ом

3) 7 Ом

4) 6 Ом



4.4.7(A). По участку цепи, состоящему из резисторов $R_1 = 1$ кОм и $R_2 = 3$ кОм (см. рисунок), протекает постоянный ток $I = 100$ мА. Какое количество теплоты выделится на этом участке за время $t = 1$ мин?

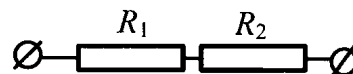
1 2 3 4

1) 2,4 Дж

2) 40 Дж

3) 2,4 кДж

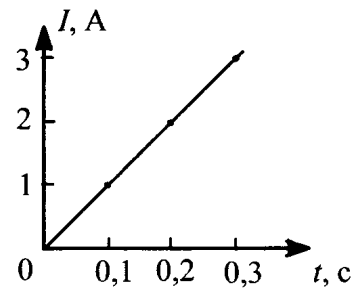
4) 40 кДж



4.4.8(A). Если сила тока в катушке с индуктивностью $0,1$ Гн изменяется с течением времени, как показано на графике, то в катушке возникает ЭДС самоиндукции, равная по величине

1 2 3 4

- 1) 1 В
- 2) 2 В
- 3) 10 В
- 4) $0,5$ В



4.4.9(A). На проводник длиной $0,5$ м, расположенный в магнитном поле с индукцией $2 \cdot 10^{-2}$ Тл перпендикулярно вектору магнитной индукции, действует сила Ампера $0,15$ Н. Сила тока в проводнике равна

1 2 3 4

- 1) 5 А
- 2) 10 А
- 3) 15 А
- 4) 20 А

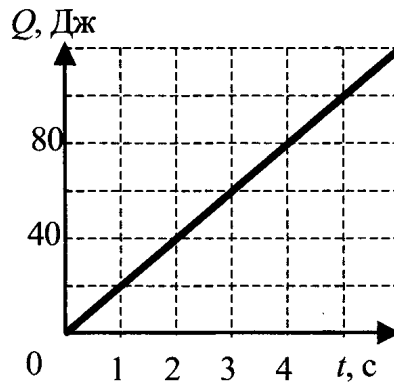
4.4.10(A). В основе работы электродвигателя лежит

1 2 3 4

- 1) действие магнитного поля на проводник с электрическим током
- 2) электростатическое взаимодействие зарядов
- 3) явление самоиндукции
- 4) действие электрического поля на электрический заряд

4.4.11(АП). По резистору течет постоянный ток. На рисунке приведен график зависимости количества теплоты, выделяемого в резисторе, от времени. Сопротивление резистора 5 Ом. Какова сила тока в резисторе?

1 2 3 4



- 1) 5 А
- 2) 4 А
- 3) 2 А
- 4) 1 А

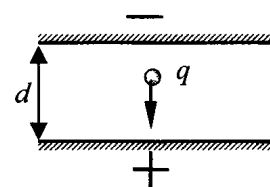
Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

4.4.12(АП). Участок проводника длиной 10 см расположен в магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Сила тока через проводник 10 А. При перемещении проводника на 8 см в направлении действия силы Ампера она совершает работу 0,004 Дж. Какова индукция магнитного поля?

- | | |
|------------|------------|
| 1) 0,07 Тл | 3) 0,04 Тл |
| 2) 0,05 Тл | 4) 0,02 Тл |

[illegible]

4.4.13(АП). Пластины большого по размерам плоского заряженного конденсатора расположены горизонтально на расстоянии $d = 1$ см друг от друга (см. рисунок). В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Масса капли $4 \cdot 10^{-6}$ кг, ее заряд $q = 8 \cdot 10^{-11}$ Кл. При каком напряжении между пластинами скорость капли будет постоянной? (Влиянием воздуха на движение капли пренебречь.)



- 1) 5 кВ 2) 1 кВ 3) 800 В 4) 500 В

[illegible]

4.4.14(В). Замкнутая цепь постоянного тока состоит из аккумуляторной батареи (с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением) и нагрузочного сопротивления. При подключении к первоначальной нагрузке, параллельно ей, точно такого же второго сопротивления как изменятся следующие три величины: ток через первую нагрузку, напряжение на ней, мощность выделяющегося в ней тепла?

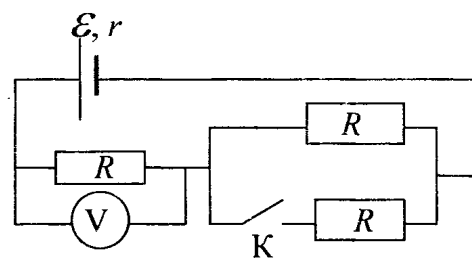
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Ток через первую нагрузку	Напряжение на первой нагрузке	Мощность выделяющегося в нагрузке тепла

4.4.18(С). На рисунке показана цепь постоянного тока. Как изменится напряжение, которое показывает вольтметр, если замкнуть ключ К? (ЭДС источника тока $\mathcal{E} = 20$ В, его внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом, сопротивление каждого из трех резисторов $R = 2$ Ом.)



Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

5. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

5.1. Основные понятия

5.1.1. **Колебания** – это повторяющиеся изменения в системе.

5.1.2. **Период колебаний** – это минимальное время повторения для любого из состояний системы.

5.1.3. **Частота колебаний** ν – это величина, обратная периоду колебаний T :

$$\nu = 1/T.$$

5.1.4. **Гармоническими** называются колебания, которые описываются гармонической функцией:

$$x = X \cos(\omega t + \varphi),$$

где x – отклонение системы от положения равновесия в момент времени t , X – амплитуда колебаний, $\omega = 2\pi/T$ – циклическая (угловая, круговая) частота колебаний, $(\omega t + \varphi)$ – фаза колебаний, φ – начальная фаза.

5.1.5. **Колебательный контур** – это замкнутая цепь, состоящая из последовательно соединенных катушки индуктивности с коэффициентом самоиндукции L , конденсатора емкости C и резистора с активным сопротивлением R .

5.1.6. **Период собственных колебаний контура** – это наименьший промежуток времени T , через который все основные величины, характеризующие колебательный процесс в контуре, не имеющем активного сопротивления, повторяются.

5.1.7. **Резонанс** – это резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний системы при приближении частоты внешнего воздействия к частоте собственных колебаний.

5.1.8. **Переменный ток** – это ток, сила которого изменяется с течением времени по гармоническому закону:

$$i = I \cos(\omega t + \varphi),$$

где i – сила тока в цепи в момент времени t , I – амплитуда силы тока, ω – циклическая (угловая, круговая) частота, $(\omega t + \varphi)$ – фаза колебаний тока, φ – начальная фаза.

5.1.9. **Действующее значение силы переменного синусоидального тока** на данном участке цепи – это сила постоянного тока, при которой за период выделяется на участке такое же количество тепла, что и при переменном токе.

5.1.10. **Действующее значение напряжения переменного синусоидального тока** на данном участке цепи – это постоянное напряжение, при котором за период выделяется на участке такое же количество тепла, что и при переменном токе.

5.1.11. **КПД трансформатора** – это величина, равная отношению мощности переменного тока во вторичной обмотке к его мощности в первичной:

$$\eta = U_2 I_2 / (U_1 I_1),$$

где U_1 и U_2 – действующие значения напряжения переменного тока в первичной и вторичной обмотках, I_1 и I_2 – соответствующие значения силы тока в этих обмотках.

5.1.12. Волна – это процесс распространения изменений состояния системы.

5.1.13. Длина волны – это минимальное расстояние между точками, которые имеют одинаковую фазу колебаний в ходе распространения волны.

5.1.14. Поперечность электромагнитных волн:

в электромагнитной волне векторы напряженности электрического поля $\vec{E}$, магнитной индукции $\vec{B}$ и скорости распространения волны $\vec{v}$ образуют правовинтовую тройку: если вектор $\vec{E}$ рассматривать как рукоятку буравчика и поворачивать этот вектор по кратчайшему расстоянию к вектору $\vec{B}$, то направление движения буравчика укажет направление вектора $\vec{v}$.

5.2. Формулировки законов и формулы

5.2.1. Формула для периода колебаний математического маятника:

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

где l – длина маятника, g – ускорение свободного падения.

5.2.2. Формула для периода колебаний пружинного маятника:

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

где m – масса груза, k – жесткость пружины.

5.2.3. Формула для периода собственных электромагнитных колебаний в контуре (формула Томсона):

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

где L – коэффициент самоиндукции катушки, C – емкость конденсатора.

5.3. Примеры и пояснения к решениям

5.3.1(А). Тело, подвешенное на пружине, совершает гармонические колебания с частотой ν . С какой частотой происходит изменение кинетической энергии тела?

1234

- 1) $\frac{\nu}{2}$
- 2) 2ν
- 3) ν
- 4) ν^2

Пояснение. Изучая колебания пружинного маятника, учащиеся нередко упускают из виду, что кинетическая энергия маятника зависит от квадрата скорости груза, а значит, не зависит от направления движения. С этим упущением связан неправильный ответ на поставленный вопрос: считают, будто бы частота колебаний кинетической энергии такова же, как и для скорости маятника (тогда как она вдвое больше).

5.3.2(А). Если длину математического маятника и массу его груза уменьшить в 4 раза, то частота свободных гармонических колебаний маятника

1 2 3 4

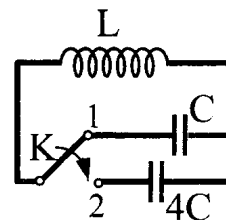
- 1) увеличится в 4 раза
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) уменьшится в 4 раза
- 4) уменьшится в 2 раза

Пояснение. В отличие от большинства школьных задач по физике, это задание содержит так называемые «лишние» данные. В формулу (5.2.1) для периода, а значит, и для частоты колебаний математического маятника, масса его груза не входит. Поэтому изменение массы груза не повлияет на частоту колебаний. Из-за уменьшения длины маятника период уменьшится, так что частота увеличится.

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

1 2 3 4

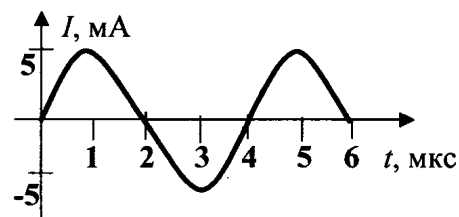
- 1) Увеличится в 4 раза
- 2) Уменьшится в 4 раза
- 3) Увеличится в 2 раза
- 4) Уменьшится в 2 раза



Пояснение. «Сюжет» задания связан с формулой Томсона (5.2.3). С помощью ключа емкость конденсатора в колебательном контуре увеличивается в четыре раза. Это изменение надо учесть, пользуясь упомянутой формулой.

5.3.4(А). На рисунке приведен график зависимости силы тока в колебательном контуре от времени. Период изменения энергии магнитного поля катушки равен

1 2 3 4



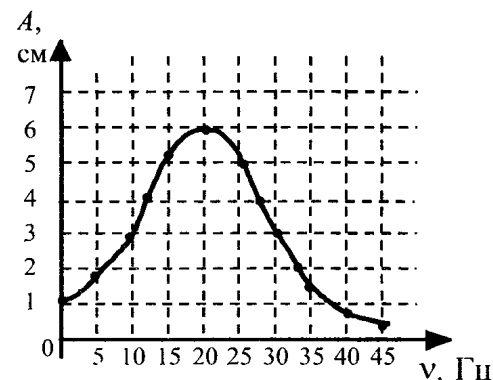
- 1) 1 мкс
- 2) 2 мкс
- 3) 4 мкс
- 4) 8 мкс

Пояснение. К этому заданию можно полностью отнести комментарии, данные к заданию 5.3.1(А). Надо лишь сделать замену: скорость и кинетическую энергию груза в случае пружинного маятника надо заменить на силу тока и энергию магнитного поля в случае колебательного контура.

5.3.5(А). На рисунке представлен график зависимости амплитуды A вынужденных колебаний пружинного маятника от частоты ν вынуждающей силы. Резонанс происходит при частоте

1 2 3 4

- 1) 0 Гц
- 2) 10 Гц
- 3) 20 Гц
- 4) 30 Гц



Пояснение. В курсе физики встречаются задания, в которых для решения надо вспомнить определение нужного явления или физической величины. Это задание – именно такое: нужно вспомнить определение резонанса (5.1.7) и применить его при анализе резонансной кривой. Резонансная частота – в том месте графика, где амплитуда A максимальна.

5.3.6(A). По участку цепи с некоторым сопротивлением R течет переменный ток. Как изменится мощность переменного тока на этом участке цепи, если действующее значение силы тока на нем увеличить в 2 раза, а сопротивление также увеличить вдвое?

1234

- 1) Увеличится в 8 раз
- 2) Увеличится в 4 раза
- 3) Увеличится в 2 раза
- 4) Уменьшится в 2 раза

Пояснение. В основе решения – формула для закона Джоуля – Ленца (4.2.7), согласно которой джоулево тепло пропорционально квадрату силы тока и сопротивлению проводника. Увеличение каждой из указанных двух величин в 2 раза приводит в итоге к увеличению мощности тока в 8 раз.

5.3.7(A). Напряжение на концах первичной обмотки трансформатора 127 В, сила тока в ней 1 А. Напряжение на концах вторичной обмотки 12,7 В, сила тока в ней 8 А. Каков КПД трансформатора? (Здесь имеются в виду действующие значения напряжений и токов.)

1234

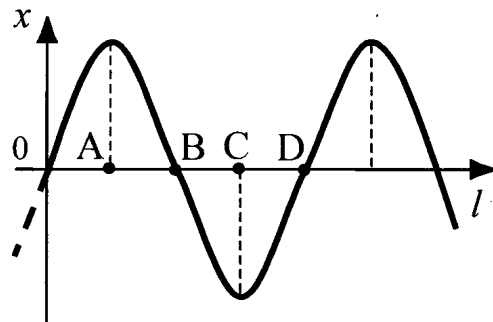
- 1) 100 %
- 2) 90 %
- 3) 80 %
- 4) 70 %

Пояснение. Для выполнения этого задания надо знать, что такое КПД трансформатора и формулу (5.1.11) для его КПД, которая содержит четыре величины. Численные значения этих величин указаны в задании.

5.3.8(A). На рисунке изображена в увеличенном масштабе поперечная волна, распространяющаяся по горизонтальному шнуру, в некоторый момент времени. Расстояние между какими точками шнура равно длине волны?

1234

- 1) О и В
- 2) А и В
- 3) О и D
- 4) А и D



Пояснение. Чтобы ответить на вопрос задания, надо воспользоваться определением длины волны (5.1.13). Судя по графику, изображенная волна – синусоидальная, так что надо выяснить, у какой пары точек фазы колебаний одинаковы. Как видно из графика, только третья пара точек удовлетворяет требованию об одинаковости фазы колебаний.

5.3.9(A). В электромагнитной волне, распространяющейся в вакууме со скоростью $\vec{v}$, происходят колебания векторов напряженности электрического поля $\vec{E}$ и индукции магнитного поля $\vec{B}$. В каком из четырех предложенных вариантов правильно указана взаимная ориентация векторов $\vec{E}$, $\vec{B}$, $\vec{v}$?

1234

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

Пояснение. Сначала – напоминание (5.1.14): электромагнитные волны – поперечные. Все три упомянутых вектора в электромагнитной волне перпендикулярны друг другу. Поэтому, выполняя задание, надо выбрать из четырех предложенных вариантов такой, в котором эти векторы попарно перпендикулярны друг другу.

5.3.10(А). Выберите среди приведенных примеров электромагнитные волны с наименьшей частотой.

1 2 3 4

- 1) Инфракрасное излучение Солнца
- 2) Ультрафиолетовое излучение Солнца
- 3) γ -излучение радиоактивного препарата
- 4) Излучение антенны радиопередатчика

Пояснение. Снова встретилось качественное задание: в нем проверяют ваши знания по теме «Электромагнитные волны». Указанные разновидности электромагнитных волн располагаются на шкале частот следующим образом (в порядке возрастания частоты): излучение антенны радиопередатчика, инфракрасное излучение Солнца, ультрафиолетовое излучение Солнца, γ -излучение радиоактивного препарата.

5.3.11(АП). В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени. Какова емкость конденсатора, если индуктивность катушки контура 32 мГн?

1 2 3 4

- 1) 47 пФ
- 2) 51 пФ
- 3) 57 пФ
- 4) 63 пФ

$t, 10^{-6} \text{ с}$	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

Пояснение. Табличная форма представления информации очень часто используется в физике. Учащиеся должны получить навыки пользования таблицами еще в школе. В задании представлен один из «сюжетов» на эту тему. В данном случае можно поступить следующим образом: сначала определить период колебаний (по данным таблицы), а затем воспользоваться формулой Томсона (5.2.3), в которую входит искомая емкость. Заметим попутно, что для определения периода колебаний полезно построить по табличным данным график зависимости $q(t)$.

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

5.3.12(АП). Период колебаний электромагнитной волны $4,89 \cdot 10^{-11} \text{ с}$. Какова длина λ для этой волны в сероуглероде? (Показатель преломления сероуглерода 1,63.)

1 2 3 4

- 1) 3 мм
- 2) 5 мм
- 3) 9 мм
- 4) 11 мм

Пояснение. Здесь надо воспользоваться формулой, связывающей длину волны λ_0 в вакууме с ее периодом T и определением абсолютного показателя преломления.

Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

5.3.13(В). Колебательный контур радиоприемника настроен на некоторую длину волны λ . Как изменятся период колебаний в контуре, их частота и соответствующая им длина волны, если площадь пластин конденсатора уменьшить?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Период колебаний	Частота	Длина волны

Пояснение. Это – еще одно качественное задание. В основе его решения – формула Томсона для периода колебаний T контура. С помощью этой формулы надо выразить частоту ν колебаний через емкость C конденсатора, а затем – емкость C через площадь S обкладок конденсатора. Что касается длины волны λ , ее надо выразить через скорость c электромагнитных волн и их частоту ν .

5.3.14(В). Установите соответствие между физическими явлениями и их природой.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

- А) звук
- Б) свет

ИХ ПРИРОДА

- 1) электрические колебания
- 2) электромагнитные колебания
- 3) механические колебания
- 4) электромеханические колебания

А	Б

Пояснение. Звук и свет – эти два явления знакомы нам с глубокого детства. Они так часто встречаются нам в жизни, что мы не задумываемся об их природе. Тем не менее, школа, с ее курсом физики, должна расставить все по местам. Сведения о природе звуковых и световых волн должны попасть в так называемые остаточные знания – те, которые остаются всегда при нас, когда многое уже забыто.

5.3.15(С). Ареометр, погруженный в жидкость, совершает вертикальные гармонические колебания с малой амплитудой (см. рисунок). Масса ареометра 40 г, радиус его трубки 2 мм, плотность жидкости $0,8 \text{ г/см}^3$. Каков период этих колебаний? (Сопротивлением жидкости пренебречь.)

[illegible]

Пояснение. Составляя исходную систему уравнений, надо связать между собой величины, приводимые в условии задачи, – амплитуду тока в контуре, амплитуду напряжения на конденсаторе, напряжение на нем в заданный момент. Исходных уравнений два: одно из них – закон сохранения энергии для колебательного контура, другое – утверждение о равенстве максимальных значений электрической и магнитной энергий.

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

5.4.1(А). При гармонических колебаниях вдоль оси OX координата тела изменяется по закону $x = 0,9 \cdot \sin 3t$ (м). Какова частота колебаний ускорения?

- 1) $\frac{3t}{2\pi}$ 2) $\frac{2\pi}{3}$ 3) 3 4) $\frac{3}{2\pi}$

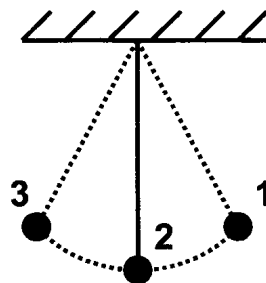
5.4.2(A). Маятниковые часы спешат. Чтобы часы шли точно, необходимо увеличить период колебаний маятника. Для этого надо

- 1) увеличить массу маятника 3) увеличить длину маятника
2) уменьшить массу маятника 4) уменьшить длину маятника

5.4.3(A). Груз на нити колеблется между точками 1 и 3. В каком из указанных положений груза сила натяжения нити максимальна?

1 2 3 4

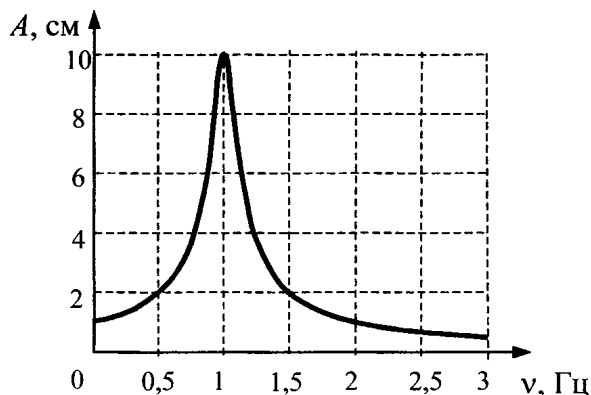
- 1) В точке 2
- 2) В точках 1 и 3
- 3) В точках 1, 2, 3
- 4) Ответ зависит от направления движения



5.4.4(A). На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц равно

1 2 3 4

- 1) 10
- 2) 2
- 3) 5
- 4) 4



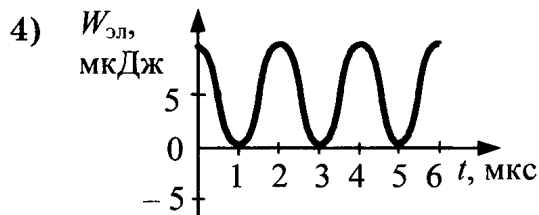
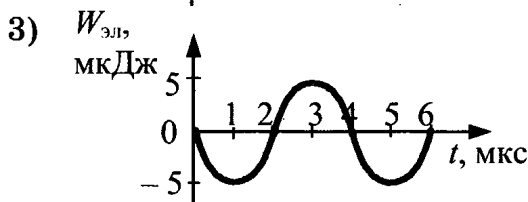
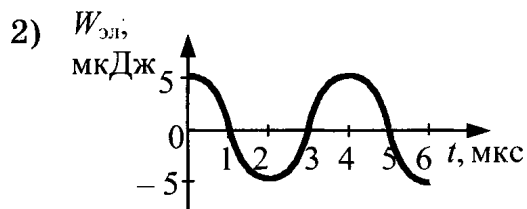
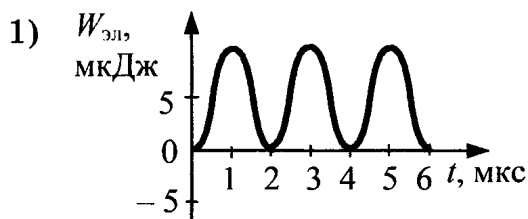
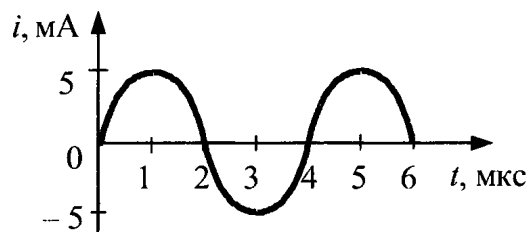
5.4.5(A). Мимо рыбака, сидящего на пристани, прошло 5 гребней волны за 10 с. Каков период колебаний поплавок на волнах?

1 2 3 4

- 1) 5 с
- 2) 50 с
- 3) 2 с
- 4) 0,5 с

5.4.6(A). На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. На каком из графиков правильно показан процесс изменения энергии электрического поля конденсатора?

1 2 3 4



5.4.7(A). Как изменится период собственных колебаний контура, если его индуктивность увеличить в 10 раз, а емкость уменьшить в 2,5 раза?

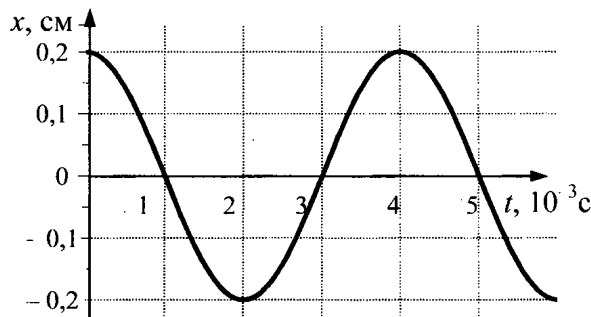
1 2 3 4

- 1) Увеличится в 2 раза
- 2) Уменьшится в 2 раза
- 3) Увеличится в 4 раза
- 4) Уменьшится в 4 раза

5.4.8(A). На рисунке показан в увеличенном масштабе график колебаний одной из точек струны. Согласно графику, период этих колебаний равен

1 2 3 4

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



5.4.9(A). Согласно теории Максвелла, электромагнитные волны излучаются

1 2 3 4

- 1) только при равномерном движении электронов по прямой
- 2) только при гармонических колебаниях заряда
- 3) только при равномерном движении заряда по окружности
- 4) при любом неравномерном движении заряда

5.4.10(A). Электромагнитное излучение оптического диапазона испускают

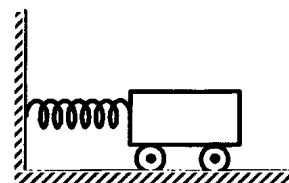
1 2 3 4

- 1) возбужденные атомы и молекулы вещества
- 2) атомы и молекулы в стационарном состоянии
- 3) электроны, движущиеся в проводнике, по которому течет переменный ток
- 4) возбужденные ядра атомов

5.4.11(Ап). Груз массой 2 кг, прикрепленный к пружине жесткости 200 Н/м, совершает гармонические колебания с амплитудой 1 см. Какова максимальная скорость груза в ходе колебаний?

1 2 3 4

- 1) 0.10 Дж
- 2) 0.01 Дж
- 3) 0.05 Дж
- 4) 0.08 Дж



Дано:											Решение:										
Найти:											Ответ:										

5.4.12(АП). Вибратор с частотой колебаний $2,5 \cdot 10^{12}$ Гц возбуждает в среде электромагнитные волны длиной 60 мкм. Каков абсолютный показатель преломления этой среды?

1 2 3 4

- 1) 1,5
- 2) 1,8
- 3) 2
- 4) 2,4

Дано:	Решение:	
Найти:	Ответ:	

5.4.13(АП). Тело массой 0,1 кг колеблется так, что проекция a_x его ускорение зависит от времени в соответствии с уравнением $a_x = 10 \sin(2\pi/10)t$. Какова проекция на ось ОХ силы, действующей на тело в момент времени $t = (5/6)$ с?

1 2 3 4

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

Дано:	Решение:	
Найти:	Ответ:	

5.4.14(В). Груз массой m , прикрепленный к пружине, совершает горизонтальные колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдет с тремя величинами – периодом, максимальной потенциальной энергией пружины и частотой колебаний, если при неизменной амплитуде уменьшить массу? К каждой позиции первого столбца подберите позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

- А) период
 Б) частота
 В) максимальная потенциальная энергия пружины

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

А	Б	В

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

6. ОПТИКА

6.1. Основные понятия

6.1.1. **Угол падения** – это угол между падающим лучом и нормалью к границе раздела двух сред в точке падения.

6.1.2. **Угол отражения** – это угол между отраженным лучом и нормалью к границе раздела двух сред в точке падения.

6.1.3. **Угол преломления** – это угол между преломленным лучом и нормалью к границе раздела двух сред в точке падения.

6.1.4. **Полное внутреннее отражение** – это такой случай отражения света от границы раздела двух сред, при котором интенсивность преломленного луча равна нулю.

6.1.5. **Абсолютным показателем преломления среды** называется величина, равная отношению скорости света в вакууме к скорости света в среде.

6.1.6. **Фокус собирающей линзы** – это точка, через которую проходят преломленные собирающей линзой лучи, падающие на нее параллельно главной оптической оси.

6.1.7. **Фокус рассеивающей линзы** – это точка, через которую проходят продолжения преломленных линзой лучей, падающих на нее параллельно главной оптической оси.

6.1.8. **Оптическая сила линзы D** – это величина, обратная ее фокусному расстоянию f :

$$D = 1/f.$$

6.1.9. **Когерентными** называются источники света, у которых частота одинакова и, кроме того, разность фаз не меняется с течением времени.

6.1.10. **Интерференция света** – это взаимное усиление и ослабление волн от когерентных источников света.

6.1.11. **Дифракция света** – это огибание световыми волнами препятствий.

6.1.12. **Дисперсия света** – это зависимость скорости распространения световых волн от их частоты.

6.2. Формулировки законов и формулы

6.2.1. **Закон прямолинейного распространения света:**
в однородной среде свет распространяется прямолинейно.

6.2.2. **Закон отражения** содержит два утверждения:

- 1) луч падающий, луч отраженный и нормаль к границе раздела двух сред в точке падения лежат в одной плоскости,
- 2) угол падения равен углу отражения.

6.2.3. **Закон преломления** также содержит два утверждения:

- 1) луч падающий, луч преломленный и нормаль к границе раздела двух сред в точке падения лежат в одной плоскости,

2) отношение синуса угла падения $\sin \alpha_1$ к синусу угла преломления $\sin \alpha_2$ равно отношению абсолютных показателей преломления второй и первой сред:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

6.2.4. Формула тонкой собирающей линзы:

$$1/d + 1/f = 1/F,$$

где d и f – соответственно расстояния вдоль главной оптической оси от оптического центра линзы до объекта и его изображения, F – фокусное расстояние линзы; формула справедлива, если выполнены два условия:

- 1) линза является тонкой,
- 2) лучи, формирующие изображение, составляют малый угол с главной оптической осью линзы (параксиальные лучи).

6.3. Примеры и пояснения к решениям

6.3.1(А). Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен 30° . Угол между отраженным лучом и зеркалом равен

1234

- 1) 75°
- 2) 115°
- 3) 30°
- 4) 15°

Пояснение. Трудно обойтись без чертежа. На нем надо изобразить не только падающий и отраженный лучи, но и нормаль к границе раздела двух сред в точке падения – в полном соответствии с формулировкой закона отражения (6.2.2). Часто встречающаяся ошибка: угол падения и угол отражения отсчитывают от плоскости зеркала, а надо – от нормали.

6.3.2(А). Показатели преломления относительно воздуха для воды, стекла и алмаза равны соответственно 1,33; 1,50; 2,42. Для какого из этих веществ предельный угол полного отражения на границе с воздухом имеет наибольшее значение?

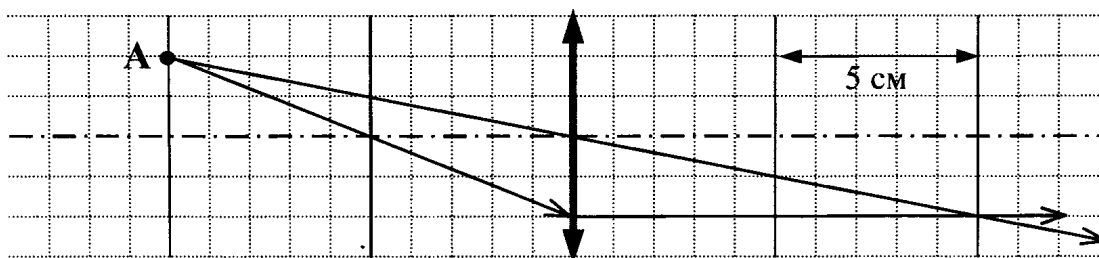
1234

- 1) Для воды
- 2) Для стекла
- 3) Для алмаза
- 4) Для всех трех веществ угол одинаков

Пояснение. Для ответа на поставленный вопрос надо провести маленькое исследование. Это одновременно геометрическая и физическая задача. При анализе взаимосвязи трех лучей – падающего, отраженного и преломленного – следует использовать два закона геометрической оптики: законы отражения и преломления. В случае явления полного внутреннего отражения (6.1.4) из названных трех лучей имеются только два: падающий и отраженный. Явление внутреннего отражения можно, как известно, наблюдать при достаточно больших углах падения, начиная с некоторого минимального значения – его называют предельным. Согласно закону преломления, синус этого предельного угла обратно пропорционален показателю преломления вещества, в котором находится падающий луч. Отсюда и следует, что предельный угол будет наибольшим у вещества с наименьшим показателем преломления.

6.3.3(А). На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую линзу. Какова оптическая сила линзы?

1 2 3 4



1) – 10 дптр

3) 20 дптр

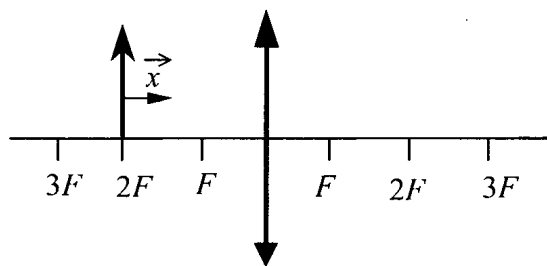
2) – 20 дптр

4) 10 дптр

Пояснение. Имея перед глазами чертеж, можно решить эту задачу в уме. Обратим внимание на знаки величин в предлагаемых ответах. Линза собирающая, а значит, первые два ответа можно сразу отбросить как неправильные. Один из двух показанных на рисунке лучей пересекает главную оптическую ось в месте расположения фокуса, а после преломления идет далее параллельно ей. Согласно рисунку (где дана масштабная разметка), фокусное расстояние линзы равно 5 см, что и дает требуемый ответ для оптической силы (6.1.8).

6.3.4(А). Предмет, расположенный на двойном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы, начинают передвигать к фокусу линзы. Его изображение при этом

1 2 3 4



1) попадает в область между двойным и тройным фокусами линзы

2) попадает в область между фокусом и двойным фокусом линзы

3) попадает в область между фокусом и линзой

4) исчезает

Пояснение. Если вы чувствуете взаимосвязь трех величин, входящих в формулу тонкой собирающей линзы, вы быстро выполните это задание. Согласно формуле линзы (6.2.4), изображение предмета первоначально находилось справа от нее на двойном фокусном расстоянии. Согласно той же формуле, если уменьшать расстояние от предмета до линзы, то расстояние от линзы до изображения предмета будет, наоборот, увеличиваться. В этих словах нетрудно увидеть правильный ответ.

6.3.5(А). Человек с нормальным зрением рассматривает предмет невооруженным глазом. На сетчатке глаза изображение предмета получается

1 2 3 4

1) увеличенным прямым

2) увеличенным перевернутым

3) уменьшенным прямым

4) уменьшенным перевернутым

Пояснение. Выполняя это задание, многие опираются не на физику (и формулу линзы), а на «житейскую мудрость», выбирая в качестве правильного ответа третий. В данном случае надо выяснить два вопроса, касающихся изображения: 1) увеличенным оно будет или уменьшенным, 2) будет ли оно прямым или же перевернутым. На оба вопроса можно ответить, пользуясь формулой тонкой собирающей линзы (6.2.4). Размеры глаза таковы, что обычно расстояние от хрусталика (играющего роль

собирающей линзы) до сетчатки глаза (она выполняет роль экрана) гораздо меньше, чем расстояние от глаза до предмета. Поэтому изображение предмета на сетчатке получается уменьшенным. Кроме того, оба эти расстояния (от хрусталика до предмета и до его изображения) больше фокусного расстояния. Поэтому изображение получается еще и перевернутым. Объединяя два сделанных вывода, получим правильный ответ.

6.3.6(A). Рассеивающая линза с фокусным расстоянием

1 2 3 4

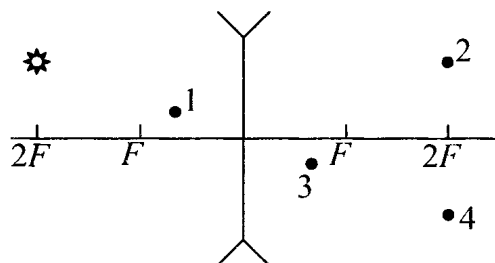
F дает изображение светящейся точки, расположенной на расстоянии $2F$ от линзы (см. рисунок). Выберите правильное положение изображения.

1) 1

2) 2

3) 3

4) 4



Пояснение. Чтобы указать правильный ответ, надо построить изображение светящейся точки. Это можно сделать с помощью двух лучей, ход которых наперед известен. Выберем их так: один из них проходит через центр линзы, не преломляясь; второй сначала идет в сторону рассеивающей линзы параллельно главной оптической оси, а после преломления через нее своим продолжением в область перед линзой пересекает главную оптическую ось в месте расположения переднего фокуса. Точка, где пересекаются продолжения двух названных лучей, и будет местом изображения.

6.3.7(A). Световая волна, распространяясь в стекле, выходит в воздух. При этом на грани-

1 2 3 4

це «стекло-воздух» не изменяется

1) скорость распространения волны

2) интенсивность света

3) длина волны

4) частота волны

Пояснение. Свет – это, как известно, электромагнитная волна, частота которой задается не средой, в которой она распространяется, а источником излучения. Каждая из трех первых указанных величин зависит от свойств среды, в которой распространяется волна. В данном случае все три изменяются, а четвертая – неизменна.

6.3.8(A). В классическом опыте Юнга по дифракции пучок света,

1 2 3 4

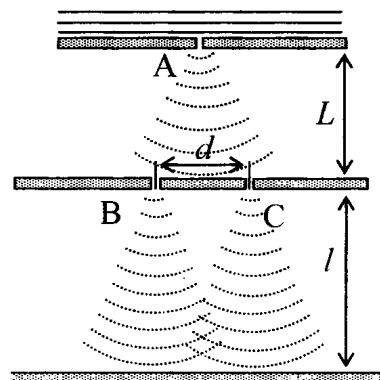
прошедший через узкое отверстие А, освещает отверстия В и С, за которыми на экране возникает интерференционная картина (см. рисунок). Если увеличить расстояние L вдвое, отодвинув отверстие А от отверстий В и С, и сохранить при этом расстояние l неизменным, то

1) интерференционная картина останется на месте

2) расстояние между интерференционными полосами увеличится

3) расстояние между интерференционными полосами уменьшится

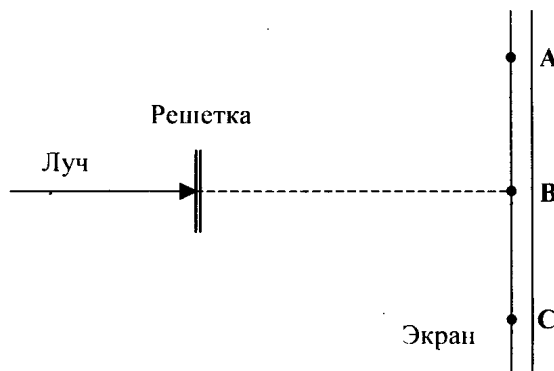
4) интерференционная картина сместится по экрану



Пояснение. Классических опытов сравнительно немного в школьном курсе физики. Тем большего внимания они заслуживают. Напомним, что в роли когерентных источников света в этом опыте выступают щели В и С. Их положение относительно экрана не изменится, так что интерференционная картина останется прежней.

6.3.9(А). Лазерный луч зеленого цвета падает перпендикулярно на дифракционную решетку. На экране (см. рисунок) наблюдается серия ярких зеленых пятен. Какие изменения произойдут в расположении пятен на экране при замене луча зеленого цвета на луч красного цвета?

1234



- 1) Пятно в точке В исчезнет, остальные раздвинутся от точки В
- 2) Пятно в точке В исчезнет, остальные сдвинутся к точке В
- 3) Пятно в точке В не исчезнет, остальные раздвинутся от него
- 4) Пятно в точке В не исчезнет, остальные сдвинутся к нему

Пояснение. Обратим внимание на два обстоятельства. Во-первых, замена зеленого луча на красный соответствует увеличению длины волны лучей, дающих дифракционную картину. Во-вторых, для любого порядка m дифракционного максимума (кроме нулевого) условие максимума в случае возросшей длины волны будет выполняться при большем угле дифракции φ . Эти обстоятельства убеждают в правильности третьего ответа.

6.3.10(А). Разложение белого света в спектр при прохождении через призму обусловлено

1234

- 1) интерференцией света
- 2) отражением света
- 3) дисперсией света
- 4) дифракцией света

Пояснение. Здесь мы имеем еще один пример задания на ориентировку в ситуации. Чтобы разобраться в четырех терминах, предлагаемых в качестве «ответов», достаточно задать себе четыре соответствующих вопроса, пользуясь типовой конструкцией: «Что это такое?», и ответить на них. Призма разлагает белый свет в спектр по той причине, что показатель преломления, а значит, и скорость распространения световой волны, зависит от частоты. Это явление называется дисперсией (6.1.12).

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

1234

- 1) 12 см
- 2) 16 см
- 3) 20 см
- 4) 24 см

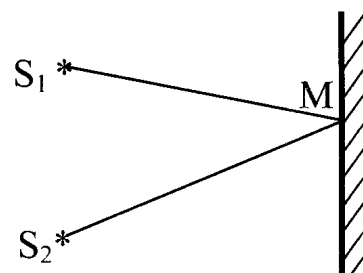
Пояснение. Это стандартное задание из раздела «Геометрическая оптика». Исходных уравнений здесь три: одно уравнение – формула тонкой собирающей линзы (6.2.4), второе – определение оптической силы линзы (6.1.8), третье – условие подобия двух прямоугольных треугольников (их катетами являются высота предмета и высота изображения).

Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

6.3.12(АП). Когерентные источники света S_1 и S_2 , находящиеся в среде с показателем преломления 2, испускают свет с частотой $4 \cdot 10^{14}$ Гц (см. рисунок). Каков порядок интерференционного максимума в точке М, для которой геометрическая разность хода лучей равна 1,5 мкм?

1234

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



Пояснение. Как и в предыдущем задании, начать следует с исходных утверждений. На сей раз их два: первое – условие интерференционного максимума, второе – формула, выражающая длину волны света через частоту (и скорость света в среде).

Дано:		Решение:	
Найти:		Ответ:	

6.3.13(В). Небольшой предмет находится на главной оптической оси тонкой собирающей линзы, на двойном фокусном расстоянии от нее. Как изменятся при удалении предмета от линзы следующие три величины: размер изображения, его расстояние от линзы, оптическая сила линзы?

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.

6.3.16(С). Плоская монохроматическая световая волна падает по нормали на дифракционную решетку с периодом 5 мкм. Параллельно решетке позади нее размещена собирающая линза с фокусным расстоянием 20 см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние между максимумами нулевого и 1-го порядков равно 18 мм. Найдите длину волны света. Ответ выразите в нанометрах (нм), округлив до целых.

Пояснение. И здесь очень важен порядок действий. Сначала надо нарисовать чертеж, изобразив на нем: дифракционную решетку, собирающую линзу, экран и два луча, формирующих дифракционный максимум. Имея перед собой чертеж, удобно будет записать исходную систему из двух уравнений: первое из них — условие дифракционного максимума, второе — геометрическое условие для расстояния дифракционного максимума от центра картины.

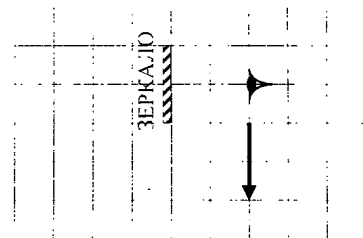
Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

6.4. Задания для самопроверки

6.4.1(А). На сколько клеток и в каком направлении следует переместить глаз, чтобы изображение стрелки в плоском зеркале было видно ему полностью?

1 2 3 4

- 1) На 1 клетку влево
- 2) На 1 клетку вправо
- 3) На 1 клетку вниз
- 4) Или на 1 клетку влево, или на 1 клетку вверх



6.4.2(А). Луч света падает на плоское зеркало. Угол падения 40° . Угол между отраженным лучом и зеркалом

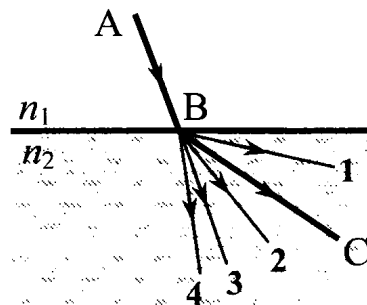
1 2 3 4

- 1) 80°
- 2) 140°
- 3) 40°
- 4) 50°

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

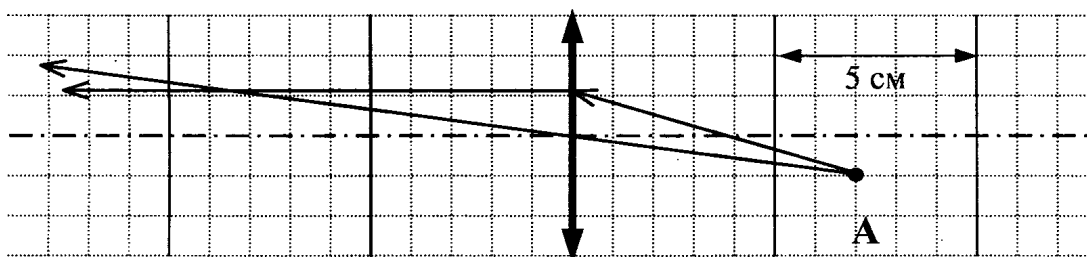
1 2 3 4

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



- 6.4.4(A).** На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую линзу. Определите оптическую силу линзы.

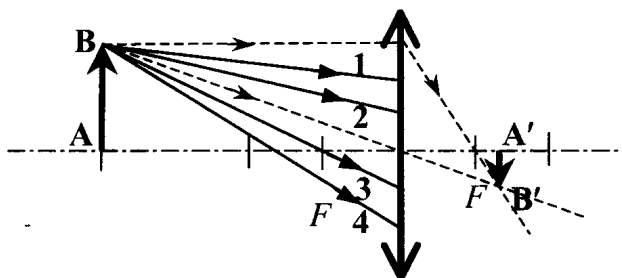
1 2 3 4



- 1) 11,1 дптр
- 2) – 25,0 дптр
- 3) 25,0 дптр
- 4) – 14,3 дптр

- 6.4.5(A).** Ученик построил изображение $A'B'$ предмета AB в тонкой линзе.

1 2 3 4



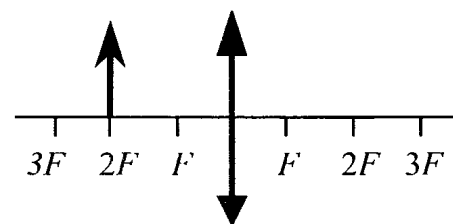
Какие из лучей 1, 2, 3, 4 пройдут через точку B' ?

- 1) Только 1
- 2) Только 1 и 2
- 3) Только 1, 2, 3
- 4) Все лучи – 1, 2, 3, 4

- 6.4.6(A).** Предмет расположен на двойном фокусном расстоянии от тонкой линзы. Его изображение будет

1 2 3 4

- 1) перевернутым и увеличенным
- 2) прямым и увеличенным
- 3) прямым и равным по размерам предмету
- 4) перевернутым и равным по размеру предмету



- 6.4.7(A).** На каком расстоянии от собирающей линзы нужно поместить предмет, чтобы его изображение было действительным?

1 2 3 4

- 1) Большем, чем фокусное расстояние
- 2) Меньшем, чем фокусное расстояние
- 3) При любом расстоянии изображение будет действительным
- 4) При любом расстоянии изображение будет мнимым

6.4.8(A). Два когерентных источника излучают волны в одинаковых фазах. Период колебаний 0,2 с, скорость распространения волн 300 м/с. В точке, для которой разность хода волн от источников равна 90 м, будет наблюдаться

1 2 3 4

- 1) максимум интерференции, так как разность хода равна нечетному числу полуволн
- 2) минимум интерференции, так как разность хода равна четному числу полуволн
- 3) максимум интерференции, так как разность хода равна четному числу полуволн
- 4) минимум интерференции, так как разность хода равна нечетному числу полуволн

6.4.9(A). При освещении дифракционной решетки монохроматическим светом на экране, установленном за ней, возникает дифракционная картина, состоящая из темных и светлых полос. В первом опыте расстояние между светлыми полосами оказалось больше, чем во втором, а во втором больше, чем в третьем. В каком из ответов правильно указана последовательность цветов монохроматического света, которым освещалась решетка?

1 2 3 4

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

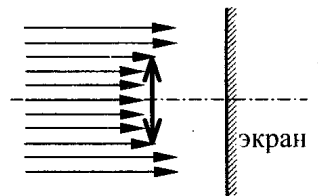
6.4.10(A). Разложение пучка солнечного света в спектр при прохождении его через призму объясняется тем, что свет состоит из электромагнитных волн разной частоты, которые в призме

1 2 3 4

- | | |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1) имеют разную скорость | 3) поглощаются в разной степени |
| 2) имеют одинаковую скорость | 4) имеют одинаковую длину волны |

6.4.11(АП). Пучок параллельных световых лучей падает нормально на тонкую собирающую линзу диаметром 6 см с оптической силой 5 дптр (см. рисунок). Экран расположен за линзой на расстоянии 10 см. Рассчитайте диаметр светлого пятна, создаваемого линзой на экране.

1 2 3 4



- | | |
|----------|---------|
| 1) 12 см | 3) 4 см |
| 2) 6 см | 4) 3 см |

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

6.4.12(АП). На поверхность стеклянной пластинки с показателем преломления n_1 нанесена тонкая пленка толщиной $d = 200$ нм с показателем преломления $n_2 < n_1$. На пленку по нормали к ней падает свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм. При какой величине показателя преломления пленки она будет максимально отражающей?

1 2 3 4

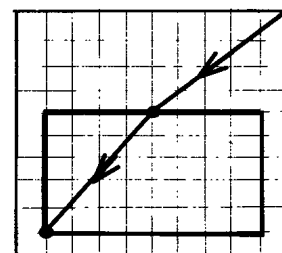
- 1) 1,2
- 2) 1,5
- 3) 1,8
- 4) 2,1

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

6.4.13(АП). На рисунке показан ход лучей через тонкостенный сосуд в форме прямоугольного параллелепипеда, заполненный жидкостью. Каков показатель преломления жидкости?

1 2 3 4

- 1) 2,4
- 2) 1,8
- 3) 1,5
- 4) 1,25



Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

6.4.14(В). Луч света падает на границу раздела «стекло – воздух». Как изменятся при увеличении показателя преломления стекла следующие три величины: длина волны света в воздухе, угол преломления, угол полного внутреннего отражения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Длина волны света в воздухе	Угол преломления	Угол полного внутреннего отражения

6.4.15(В). Установите соответствие между разновидностями тонкой линзы и результатами преломления в ней параллельных лучей.

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

РАЗНОВИДНОСТИ ТОНКОЙ ЛИНЗЫ

А) собирающая

Б) рассеивающая

РЕЗУЛЬТАТ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЛУЧЕЙ

- лучи, параллельные главной оптической оси линзы, пройдя через нее, пройдут затем через ее дальний фокус

2) лучи, параллельные главной оптической оси линзы, пройдя через нее, пересекутся затем в ее ближнем фокусе

3) лучи, параллельные главной оптической оси линзы, пройдя через нее, будут казаться расходящимися из ее ближнего фокуса

4) лучи, параллельные главной оптической оси линзы, пройдя через нее, соберутся в ее дальнем фокусе

А	Б

6.4.16(С). Для «просветления» оптики на поверхность линзы наносят тонкую пленку с показателем преломления 1,25. Какой должна быть минимальная толщина пленки, чтобы свет с длиной волны 600 нм полностью проходил из воздуха через пленку? (Показатель преломления пленки меньше показателя преломления стекла линзы.)

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

6.4.17(С). Каково увеличение, даваемое тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием $0,13\text{ м}$, если предмет отстоит от нее на 15 см ?

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

7. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ (СТО)

7.1. Основные понятия

7.1.1. **Собственная длина** – это длина стержня (отрезка), покоящегося в данной системе отсчета.

7.1.2. **Собственное время** – это время, которое показывают часы, покоящиеся в данной системе отсчета.

7.1.3. **Релятивистское сокращение** – это сокращение длины движущегося стержня (отрезка) в направлении движения с точки зрения наблюдателя, покоящегося относительно данной системы отсчета:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2},$$

где l_0 – собственная длина стержня, v – скорость движения стержня, c – скорость света в вакууме.

7.1.4. **Релятивистское замедление** – это замедление частоты хода движущихся часов с точки зрения наблюдателя, покоящегося относительно данной системы отсчета:

$$\nu = \nu_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2},$$

где ν_0 и ν – соответственно частота хода покоящихся и движущихся часов, v – скорость движущихся часов, c – скорость света в вакууме.

7.2. Формулировки законов и формулы

7.2.1. **Первый постулат СТО (принцип относительности):**

все законы природы, описывающие механические, электромагнитные и оптические явления, во всех инерциальных системах отсчета имеют одинаковый вид.

7.2.2. **Второй постулат СТО (принцип постоянства скорости света):**

скорость света в вакууме во всех инерциальных системах отсчета одинакова и не зависит ни от скорости источника, ни от скорости приемника света.

7.2.3. **Энергия покоя тела (собственная энергия):**

$$E_0 = m_0 c^2,$$

где m_0 – масса покоя тела, c – скорость света в вакууме.

7.3. Примеры и пояснения к решениям

7.3.1(A). Какое из приведенных ниже утверждений содержит постулат специальной теории относительности?
1 2 3 4

А. Принцип относительности – это утверждение о равноправности всех инерциальных систем отсчета

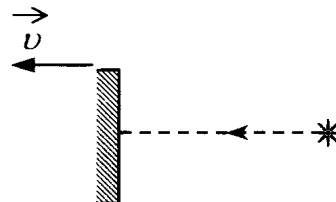
В. Принцип постоянства скорости света в вакууме – это утверждение о неизменности ее при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую

- 1) Только А
- 2) Только В
- 3) А и В
- 4) Ни А, ни В

Пояснение. Задание напоминает о необходимости знать не только наименования постулатов, но и их формулировки (7.2.1) и (7.2.2).

7.3.2(A). Свет от неподвижного источника падает на зеркало перпендикулярно его поверхности. Зеркало удаляется от источника со скоростью v . Какова скорость отраженного света в инерциальной системе отсчета, связанной с зеркалом?

1 2 3 4



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

Пояснение. Вспомним, как называется второй постулат СТО (7.2.2). Его название: принцип постоянства скорости света. В этом названии – подсказка к выбору правильного ответа.

7.3.3(A). Одинаковые опыты по наблюдению спектра водорода выполнялись в одинаковых лабораториях – на Земле и в космическом корабле, движущемся относительно Земли с постоянной скоростью. Наблюдаемые спектры были

1 2 3 4

- 1) одинаковы
- 2) существенно различны
- 3) сходны, но расстояния между спектральными линиями были разные
- 4) сходны, но ширина спектральных линий была различна

Пояснение. Это задание столь же простое, что и предыдущее. Для его выполнения надо знать один из постулатов СТО – на сей раз принцип относительности Эйнштейна (7.2.1).

7.4. Задания для самопроверки

7.4.1(А). Для описания любых физических процессов

1234

А: все системы отсчета являются равноправными

Б: все инерциальные системы отсчета являются равноправными

Какое из этих утверждений справедливо согласно СТО?

- 1) Только А
- 2) Только Б
- 3) И А, и Б
- 4) Ни А, ни Б

7.4.2(А). В некоторой системе отсчета движутся вдоль оси X с одинаковыми скоростями v две светящиеся кометы: одна в сторону возрастания координаты X , другая – в сторону ее убывания. В системе отсчета, связанной с первой кометой, скорость света, испускаемого второй кометой, равна

1234

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

7.4.3(А). В космическом корабле, летящем к далекой звезде с постоянной скоростью, проводят экспериментальное исследование взаимодействия заряженных шаров. Будут ли отличаться результаты этого исследования от аналогичного проводимого на Земле?

1234

- 1) Да, так как корабль движется с некоторой скоростью
- 2) Да – из-за релятивистских эффектов, если скорость корабля близка к скорости света; нет – при малых скоростях корабля
- 3) Нет, будут одинаковыми при любых скоростях корабля
- 4) Да, так как к электрическому взаимодействию добавится магнитное взаимодействие движущихся заряженных шаров

8. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

8.1. Основные понятия

8.1.1. **Фотоэффект** – это выбивание светом электронов из металла.

8.1.2. **Работа выхода** – это минимальная энергия, необходимая для вырывания электрона из металла.

8.1.3. **α -распад** – это распад ядра с испусканием α -частицы.

8.1.4. **β -распад** – это распад ядра с испусканием электрона (позитрона).

8.1.5. **Период полураспада радиоактивного изотопа** – это время, в течение которого распадается половина имевшихся радиоактивных ядер этого изотопа.

8.1.6. **Нуклоны** – это общее название для частиц, из которых состоит атомное ядро, – протонов и нейтронов.

8.1.7. **Массовое число ядра** – число нуклонов в ядре.

8.2. Формулировки законов и формулы

8.2.1. **Формула для энергии фотона:**

$$\varepsilon = h\nu,$$

где h – постоянная Планка, ν – частота излучения.

8.2.2. **Формула для импульса фотона:**

$$p = h\nu/c,$$

где c – скорость света в вакууме.

8.2.3. **Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:**

$$h\nu = A + mv^2/2,$$

где $h\nu$ – энергия фотона, A – работа выхода электрона из металла, $mv^2/2$ – максимальная кинетическая энергия вылетевшего фотоэлектрона.

8.2.4. **Формула для длины волны де Бройля:**

$$\lambda = h/(mv),$$

где m – масса частицы, v – ее скорость.

8.2.5. **Первый постулат Бора:**

атом может находиться только в одном из стационарных состояний с определенным значением энергии E_n .

8.2.6. **Второй постулат Бора:**

переходя из одного стационарного состояния в другое, атом излучает (или поглощает) квант энергии, равный разности энергий атома в начальном и конечном состояниях:

$$h\nu_{ni} = E_n - E_i.$$

8.2.7. Закон радиоактивного распада:

у каждого радиоактивного вещества за любые равные промежутки времени распадается одна и та же доля имевшихся радиоактивных ядер. В частности, если $T_{1/2}$ – период полураспада и N_0 – число радиоактивных ядер при $t = 0$, то

$$N = N_0 2^{-t/T_{1/2}},$$

где N – число не распавшихся радиоактивных ядер к моменту времени t .

8.3. Примеры и пояснения к решениям

8.3.1(А). При исследовании фотоэффекта Столетов выяснил, что

1234

- 1) атом состоит из ядра и окружающих его электронов
- 2) атом может поглощать свет только определенных частот
- 3) сила фототока прямо пропорциональна интенсивности падающего света
- 4) фототок возникает при частотах падающего света, меньших некоторого значения

Пояснение. Снова встречаем задание про знаменитые физические опыты. Конечно, надо знать прежде всего, в чем состояли опыты Столетова и каким был их результат. Для самоконтроля можно воспользоваться дополнительным приемом: отбросить явно абсурдные версии ответа. Вот и выяснится, что первые два варианта ответа – не по теме разговора, а последний – противоречит закону сохранения энергии.

8.3.2(А). Металлическую пластину освещают светом с энергией фотонов 6,2 эВ. Работа выхода для металла пластины равна 2,5 эВ. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

1234

- | | |
|-----------|-----------|
| 1) 3,7 эВ | 3) 6,2 эВ |
| 2) 2,5 эВ | 4) 8,7 эВ |

Пояснение. Если вы знаете, в чем смысл уравнения Эйнштейна для фотоэффекта (8.2.3), вы сумеете выполнить это задание «в уме». Это уравнение – разновидность закона сохранения энергии. Для получения правильного ответа надо найти разность между энергией фотона и работой выхода.

8.3.3(А). Два источника света излучают волны, длины которых $\lambda_1 = 3,75 \cdot 10^{-7}$ м и $\lambda_2 = 7,5 \cdot 10^{-7}$ м. Каково отношение импульсов p_1/p_2 фотонов, излучаемых первым и вторым источниками?

1234

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

Пояснение. Обратим внимание на два обстоятельства. Во-первых, отношение импульсов фотонов не зависит от скорости света. Во-вторых, это отношение равно отношению частот фотонов, а значит, – обратному отношению их длин волн. Эти два факта сводят все выполнение задания к отысканию величины λ_1 / λ_2 .

8.3.4(A). Допустим, что длина волны де Бройля у электрона больше, чем у α -частицы.

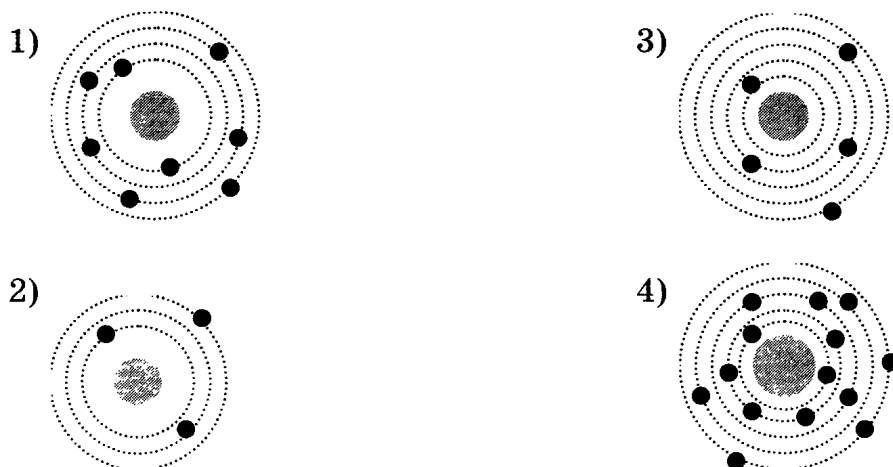
1234 У какой из этих частиц импульс больше?

- 1) У электрона
- 2) У α -частицы
- 3) Импульсы одинаковы
- 4) Величина импульса не связана с длиной волны

Пояснение. Это задание – на тему о корпускулярно-волновом дуализме свойств частиц. Главное по теме – формула де Бройля (8.2.4), связывающая импульс частицы с соответствующей ему длиной волны. На этой формуле и основан весь «сюжет» задания.

8.3.5(A). На рисунке изображены схемы четырех атомов. Черными точками обозначены

1234 электроны. Атому ${}^{13}_5\text{B}$ соответствует схема

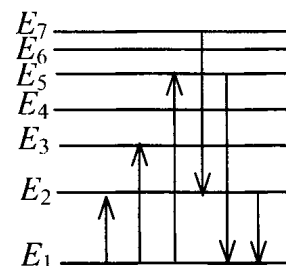


Пояснение. Ключ к выполнению задания – в числах, которые даны рядом с символом химического элемента. Надо знать, что они означают. Внизу, слева от символа элемента, принято записывать зарядовое число ядра, вверх – его массовое число. Поскольку атомы нейтральные, число электронов должно быть равно зарядовому числу ядра. Это приводит к выбору третьей версии ответа в качестве правильной.

8.3.6(A). На рисунке представлена диаграмма энергетических

1234 уровней атома. Какой из отмеченных стрелками переходов между энергетическими уровнями сопровождается поглощением кванта минимальной частоты?

- 1) С уровня 1 на уровень 5
- 2) С уровня 1 на уровень 2
- 3) С уровня 5 на уровень 1
- 4) С уровня 2 на уровень 1

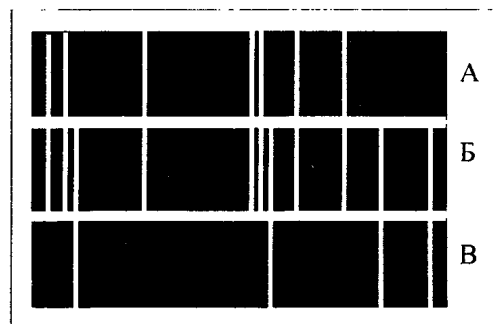


Пояснение. Главный источник ошибок при выполнении задания: неправильная трактовка стрелок на диаграмме. Забывают, что стрелка «вверх» соответствует поглощению кванта атомом, а стрелка «вниз» – излучению кванта. Правильному ответу соответствует самая короткая из стрелок, направленных «вверх».

8.3.7(А). На рисунках А, Б, В приведены спектры излучения газов А и В и газовой смеси Б. На основании анализа этих спектров можно сказать, что смесь газов содержит

1 2 3 4

- 1) только газы А и В
- 2) газы А, В и другие
- 3) газ А и другой неизвестный газ
- 4) газ В и другой неизвестный газ



Пояснение. Здесь мы имеем дело с простейшей формой спектрального анализа состава газовой смеси. Это задание проверяет наличие элементарных представлений о таком анализе на примере двух спектров-эталонов и спектра смеси. Сравнивая спектр смеси Б со спектрами А и В, убеждаемся в том, что в этом спектре содержатся только линии спектров А и В.

8.3.8(А). Ядро состоит из

1 2 3 4

- 1) нейтронов и электронов
- 2) протонов и электронов
- 3) протонов, нейтронов и электронов
- 4) протонов и нейтронов

Пояснение. Нередко забывают, что в составе атомного ядра нет электронов. Этим оно отличается от атома. Значит, можно воспользоваться «методом исключения»: первые три версии ответа отпадают как неправильные, поскольку в них упоминаются электроны.

8.3.9(А). Ядро магния $^{21}_{12}\text{Mg}$ поглотило электрон и испустило протон. В результате такой реакции образовалось ядро

1 2 3 4

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1) $^{21}_{10}\text{Ne}$ | 3) $^{20}_{10}\text{Ne}$ |
| 2) $^{20}_{12}\text{Mg}$ | 4) $^{22}_{14}\text{Si}$ |

Пояснение. В этом задании используются общепринятые обозначения заряда ядра и его массового числа. Кроме этих обозначений, надо понимать еще, что произошло с ядром. Фактически надо ответить на вопрос: как повлияло на заряд ядра и на массовое число каждое из двух событий – поглощение электрона и испускание протона? Поглощение электрона привело к уменьшению заряда ядра на единицу, а массовое число осталось при этом прежним. Испускание протона вызвало дополнительное уменьшение заряда ядра на единицу и уменьшение массового числа также на единицу. В двух последних фразах фактически содержится правильный ответ.

8.3.10(А). Укажите второй продукт ядерной реакции $^9_4\text{Be} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ?$

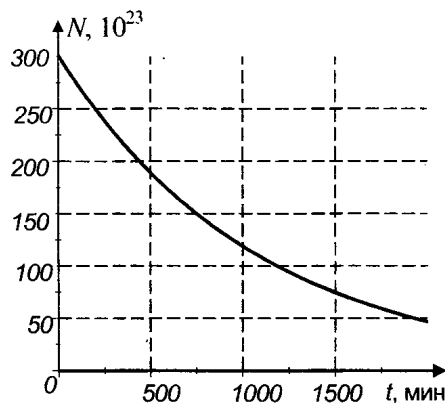
1 2 3 4

- | | |
|--------------------|-------------|
| 1) 1_0n | 3) e^{-1} |
| 2) ^4_2He | 4) γ |

Пояснение. Это задание позволяет проверить умение применить сразу два закона ядерной физики – законы сохранения заряда и массового числа. Согласно первому из них, суммарное зарядовое число ядер, участвующих в реакции (оно равно $4 + 2 = 6$), должно быть равно суммарному зарядовому числу продуктов реакции. Согласно второму закону, суммарное массовое число исходных ядер ($9 + 4 = 13$) должно быть равно суммарному числу нуклонов в продуктах реакции. Значит, второй продукт реакции – это нуклон, не имеющий заряда.

8.3.11(АП). На графике показана зависимость числа не распавшихся ядер платины $^{200}_{78}\text{Pt}$ от времени. Каков период полураспада этого изотопа?

1 2 3 4



1) 750 мин

3) 250 мин

2) 500 мин

4) 1150 мин

Пояснение. Необходимо знать, что такое период полураспада (8.1.5). И чтобы получить ответ на поставленный вопрос, надо найти по графику, в какой момент времени число не распавшихся ядер вдвое меньше, чем при $t = 0$.

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

8.3.12(АП). За $t = 5$ с детектор поглощает $N = 3 \cdot 10^5$ фотонов падающего на него монохроматического света. Поглощаемая мощность равна $P = 2 \cdot 10^{-14}$ Вт. Какова частота падающего света?

1 2 3 4

1) 15 Гц

3) 5 Гц

2) 10 Гц

4) 2,5 Гц

Пояснение. В качестве исходных можно использовать следующие три равенства: формулу для энергии фотона (8.2.1), формулу для энергии всех поглощенных фотонов и формулу для поглощаемой мощности. Решая полученную систему из трех уравнений, найдем ответ.

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

8.3.13(В). Квант света выбивает электрон из металла. Как изменятся при увеличении энергии фотона в этом опыте следующие три величины: работа выхода электрона из металла, максимальная возможная скорость фотоэлектрона, 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.

Работа выхода электрона из металла	Максимальная скорость фотоэлектрона	Максимальная кинетическая энергия

Пояснение. Основа решения в данном случае – это, конечно, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. В него входит работа выхода электрона из металла – характеристика металла, не зависящая от падающих на него фотонов. Две другие величины, входящие в уравнение, – это энергия фотона и максимальная кинетическая энергия выбиваемого им электрона. Чем больше первая из них, тем больше и вторая.

8.3.14(В). Установите соответствие между физическими понятиями и их определениями.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ

- А) длина волны де Бройля
- Б) нуклоны

ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- 1) величина, равная $\lambda = h/(mv)$
- 2) протоны или нейтроны, у которых линейные размеры не превышают длины волны де Бройля
- 3) общее наименование протонов и нейтронов
- 4) величина, равная линейному размеру нуклона

А	Б

Пояснение. В данном случае мы имеем задание, которое, помимо знаний по квантовой физике, проверяет еще и бдительность. За словесной шелухой надо увидеть правильные утверждения. Как и во многих других случаях, здесь помогут формулировки выученных определений – понятий «длина волны де Бройля» и «нуклоны».

8.3.15(С). Фотокатод облучают светом с длиной волны $\lambda = 300$ нм. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 450$ нм. Какое напряжение U нужно приложить между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился?

Пояснение. Наблюдение общего характера: при решении задач на тему о фотоэффекте учащиеся не обращают должного внимания на роль анода и катода. Напряжение между анодом и катодом будет

запирающим в том случае, когда вызванное им электрическое поле будет направлено от катода к аноду. Что же касается системы уравнений, с которой начинается выполнение задания, она, кроме уравнения Эйнштейна для фотоэффекта, должна содержать условия, которым удовлетворяют красная граница фотоэффекта и запирающее напряжение.

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

8.3.16(С). Препарат, активность которого равна $1,7 \cdot 10^{12}$ частиц в секунду, помещен в калориметр, заполненный водой при 293 К. Сколько времени потребуется, чтобы довести до кипения воду? Известно, что масса воды 10 г и что данный препарат испускает α -частицы с энергией 5,3 МэВ, причем энергия всех α -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию. (Теплоемкостью препарата, калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.)

Пояснение. Для получения ответа на поставленный вопрос надо дважды использовать закон сохранения энергии. Сначала тепло, получаемое водой вследствие испускания α -частиц препаратом, надо выразить через энергию α -частиц. Затем это тепло надо выразить через теплоемкость воды и прирост ее температуры. Обратим внимание: необходимое для решения значение удельной теплоемкости воды дается в таблице, прилагаемой к заданиям, в единицах СИ, тогда как в условии самого задания использована для энергии внесистемная единица эВ.

<i>Дано:</i>	<i>Решение:</i>	
<i>Найти:</i>	<i>Ответ:</i>	

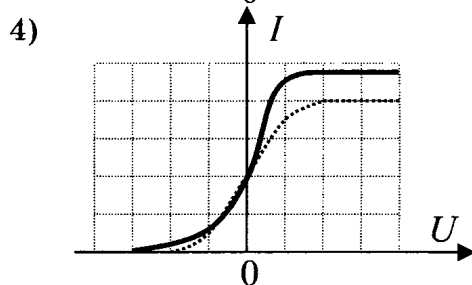
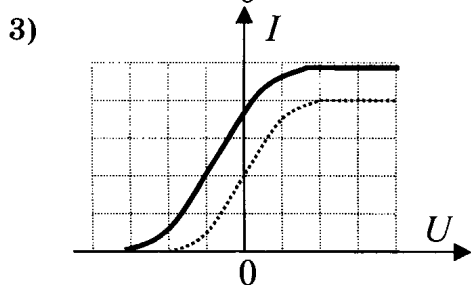
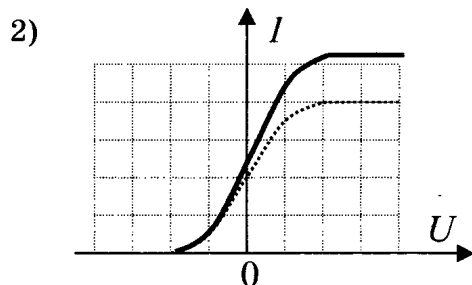
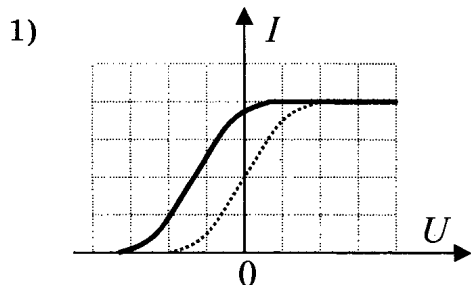
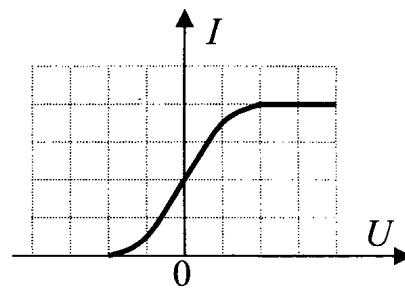
8.4. Задания для самопроверки

8.4.1(А). При фотоэффекте работа выхода электрона из металла зависит от

1 2 3 4

- 1) частоты падающего света
- 2) интенсивности падающего света
- 3) химической природы металла
- 4) кинетической энергии вырывааемых электронов

8.4.2(A). Фотоэлемент освещают светом с определенной частотой и интенсивностью. На рисунке справа представлен график зависимости силы фототока в этом фотоэлементе от приложенного к нему напряжения. В случае увеличения частоты падающего света без изменения его интенсивности график изменится. На каком из приведенных рисунков правильно показано изменение графика?



8.4.3(A). Энергия фотона, соответствующая красной границе фотоэффекта, для калия равна $7,2 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов, если на металл падает свет, энергия фотонов которого 10^{-18} Дж.

1 2 3 4

- 1) $2,8 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 2) 0 Дж
- 3) $1,72 \cdot 10^{-18}$ Дж
- 4) $7,2 \cdot 10^{-19}$ Дж

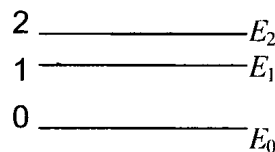
8.4.4(A). Импульс фотона имеет наименьшее значение в диапазоне частот

1 2 3 4

- 1) рентгеновского излучения
- 2) видимого излучения
- 3) ультрафиолетового излучения
- 4) инфракрасного излучения

8.4.5(A). Сколько фотонов с различной частотой могут испускать атомы водорода, находящиеся во втором возбужденном состоянии (см. рисунок)?

1 2 3 4

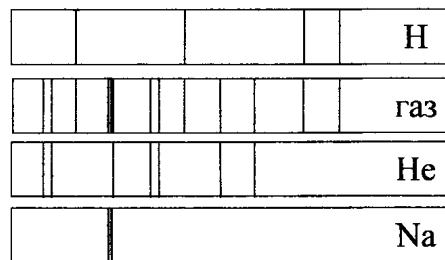


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

8.4.6(A). На рисунке приведены спектр поглощения неизвестного газа и спектры поглощения указанных известных газов. По анализу спектров можно утверждать, что неизвестный газ содержит атомы

1 2 3 4

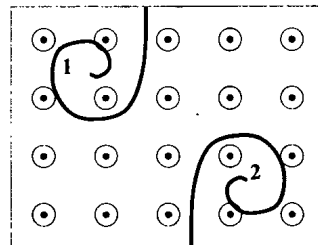
- 1) водорода (H), гелия (He) и натрия (Na)
- 2) только натрия (Na) и водорода (H)
- 3) только натрия (Na) и гелия (He)
- 4) только водорода (H) и гелия (He)



8.4.7(A). В камере Вильсона, помещенной во внешнее магнитное поле так, что вектор индукции магнитного поля направлен перпендикулярно плоскости рисунка «на нас», были сфотографированы треки двух частиц. Какой из треков может принадлежать протону?

1 2 3 4

- 1) Только 1-й
- 2) Только 2-й
- 3) 1-й и 2-й
- 4) Ни один из приведенных



8.4.8(A). Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 дней. Каков период полураспада этого элемента?

1 2 3 4

- 1) 32 дня
- 2) 16 дней
- 3) 4 дня
- 4) 2 дня

8.4.9(A). В результате реакции синтеза ядра дейтерия с ядром ${}^X_Y\text{Z}$ образуются ядро бора и нейтрон – в соответствии с реакцией: ${}^2_1\text{H} + {}^X_Y\text{Z} \longrightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$. Каковы массовое число X и заряд Y (в единицах элементарного заряда) для ядра, вступившего в реакцию с дейтерием?

1 2 3 4

- | | |
|-----------|-----------|
| 1) X = 11 | 3) X = 9 |
| Y = 5 | Y = 4 |
| 2) X = 10 | 4) X = 10 |
| Y = 5 | Y = 4 |

8.4.10(A). В образце, содержащем изотоп нептуния ${}^{237}_{93}\text{Np}$, происходит реакция превращения его в уран: ${}^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{233}_{91}\text{Pa} \rightarrow {}^{233}_{92}\text{U}$. При этом регистрируются следующие виды радиоактивного излучения:

1 2 3 4

- 1) только α -частицы
- 2) только β -частицы
- 3) α - и β -частицы одновременно
- 4) только γ -кванты

1234

- 1) $3 \cdot 10^{-19}$ Дж
- 2) $6 \cdot 10^{-20}$ Дж
- 3) $6 \cdot 10^{-26}$ Дж
- 4) $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

1234

- 1) 3,2 B_T
- 2) 6,6 B_T
- 3) 7,1 B_T
- 4) 8,2 B_T

Дано:	Решение:	
Найти:	Ответ:	

1234

- 1) 2
- 2) 3
- 3) 6
- 4) 9

Дано:	Решение:		
Найти:	Ответ:		

КОНТРОЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), на которые необходимо записать ответ в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 6 заданий (C1–C6), на которые требуется дать развернутый ответ.

При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

число π

$$\pi = 3,14$$

ускорение свободного падения на Земле

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

гравитационная постоянная

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

газовая постоянная

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

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	13600 кг/м^3

Удельная теплоемкость			
воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	алюминия	$900 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	меди	$380 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
железа	$640 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	чугуна	$500 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
свинца	$130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$		

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	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

ВАРИАНТ 1

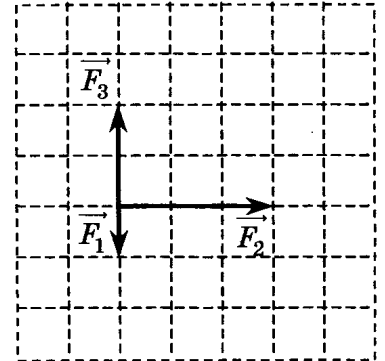
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1 1 2 3 4

- A1. Велосипедист съезжает с горки, двигаясь прямолинейно и равноускоренно. За время спуска скорость велосипедиста увеличилась на 10 м/с. Ускорение велосипедиста $0,5 \text{ м/с}^2$. Сколько времени длился спуск?

- 1) 0,05 с
- 2) 2 с
- 3) 5 с
- 4) 20 с



A2 1 2 3 4

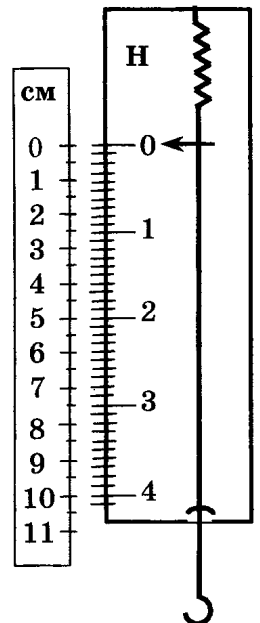
- A2. На тело, находящееся на горизонтальной плоскости, действуют 3 горизонтальные силы (см. рисунок). Каков модуль равнодействующей этих сил, если $F_1 = 1 \text{ Н}$?

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

A3 1 2 3 4

- A3. На рисунке изображен лабораторный динамометр. Шкала проградуирована в ньютонах. Каким будет растяжение пружины динамометра, если к ней подвесить груз 200 г?

- 1) 5 см
- 2) 2,5 см
- 3) 3,5 см
- 4) 3,75 см



A4 1 2 3 4

- A4. Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы за 3 с импульс тела изменился на 6 кг·м/с . Каков модуль силы?

- 1) 0,5 Н
- 2) 2 Н
- 3) 9 Н
- 4) 18 Н

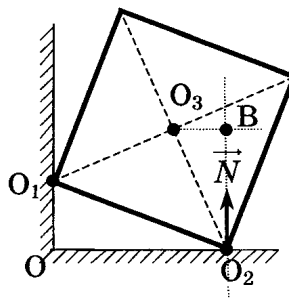
A5. Тележка движется со скоростью 3 м/с. Её кинетическая энергия 27 Дж. Какова масса тележки?

- 1) 6 кг
- 2) 9 кг
- 3) 18 кг
- 4) 81 кг

1	2	3	4	A5
---	---	---	---	----

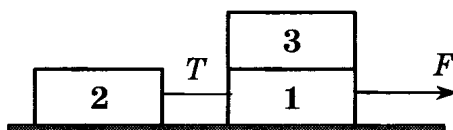
A6. Однородный куб опирается одним ребром на пол, другим — на вертикальную стену (см. рисунок). Плечо силы упругости $\vec{N}$ относительно оси, проходящей через точку O_3 перпендикулярно плоскости рисунка, равно

- 1) 0
- 2) O_2O_3
- 3) O_2B
- 4) O_3B



1	2	3	4	A6
---	---	---	---	----

A7. 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

1	2	3	4	A7
---	---	---	---	----

A8. Какие частицы находятся в узлах решетки металла?

- 1) Нейтральные атомы
- 2) Электроны
- 3) Отрицательные ионы
- 4) Положительные ионы

1	2	3	4	A8
---	---	---	---	----

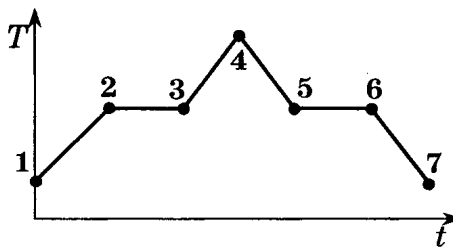
A9. Плотность алюминия в 3 раза больше плотности льда. В 1 моле алюминия содержится

- 1) в 3 раза больше атомов, чем в одном моле льда
- 2) столько же атомов, сколько в одном моле льда
- 3) в 3 раза меньше атомов, чем в одном моле льда
- 4) на $12 \cdot 10^{23}$ атомов больше, чем в одном моле льда

1	2	3	4	A9
---	---	---	---	----

A10 1 2 3 4

A10. На рисунке показан график зависимости температуры T некоторого количества вещества от времени t . В начальный момент времени вещество находилось в кристаллическом состоянии. Какая из точек соответствует началу процесса плавления вещества?



- 1) 5
2) 2

- 3) 3
4) 6

A11 1 2 3 4

A11. В процессе эксперимента разреженный газ отдал окружающей среде количество теплоты, равное 3 кДж. При этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 13 кДж. Следовательно, газ расширился, совершив работу

- 1) 3 кДж
2) 10 кДж

- 3) 13 кДж
4) 16 кДж

A12 1 2 3 4

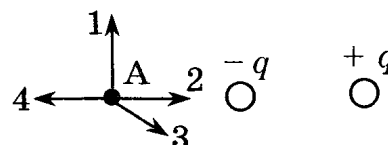
A12. Температура нагревателя идеального теплового двигателя Карно 227°C , а температура холодильника 27°C . Рабочее тело двигателя совершает за цикл работу 10 кДж. Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за один цикл?

- 1) 2,5 Дж
2) 11,35 Дж

- 3) 11,35 кДж
4) 25 кДж

A13 1 2 3 4

A13. На рисунке показано расположение двух неподвижных точечных зарядов $-q$ и $+q$. Направлению вектора напряженности электрического поля этих зарядов в точке А соответствует стрелка

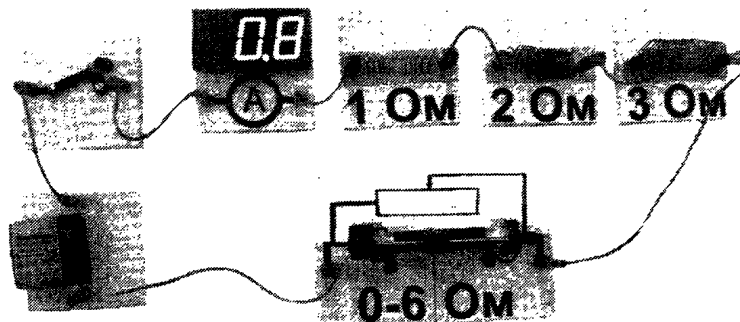


- 1) 1
2) 2

- 3) 3
4) 4

A14 1 2 3 4

A14. На фотографии — электрическая цепь. Показания включенного в цепь амперметра даны в амперах.



Какое напряжение покажет вольтметр, если его подключить параллельно резистору 3 Ом?

- 1) 0,8 В
- 2) 1,6 В
- 3) 2,4 В
- 4) 4,8 В

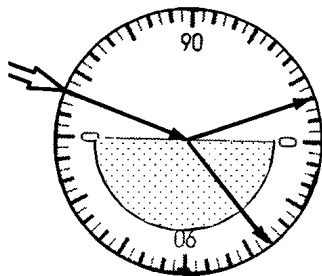
A15. Прямолинейный проводник длиной L с током I помещен в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции $\vec{B}$. Как изменится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину увеличить в 2 раза, а силу тока в проводнике уменьшить в 4 раза?

- 1) Не изменится
- 2) Уменьшится в 4 раза
- 3) Увеличится в 2 раза
- 4) Уменьшится в 2 раза

A16. В наборе радиодеталей для изготовления простого колебательного контура имеются две катушки с индуктивностями $L_1 = 1$ мкГн и $L_2 = 2$ мкГн, а также два конденсатора, емкости которых $C_1 = 3$ пФ и $C_2 = 4$ пФ. При каком выборе двух элементов из этого набора период собственных колебаний контура T будет наибольшим?

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

A17. На рисунке – опыт по преломлению света в стеклянной пластине.



Показатель преломления стекла равен отношению

- 1) $\frac{\sin 20^\circ}{\sin 40^\circ}$
- 2) $\frac{\sin 40^\circ}{\sin 20^\circ}$
- 3) $\frac{\sin 70^\circ}{\sin 40^\circ}$
- 4) $\frac{\sin 50^\circ}{\sin 20^\circ}$

A18. Скорость света в инерциальной системе отсчета

- 1) зависит только от скорости источника света
- 2) не зависит ни от скорости приемника света, ни от скорости источника света
- 3) зависит только от скорости приемника света
- 4) зависит и от скорости приемника света, и от скорости источника света

1 2 3 4 A15

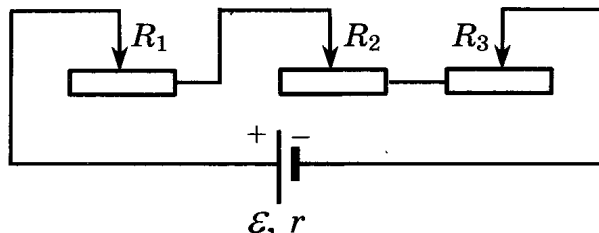
1 2 3 4 A16

1 2 3 4 A17

1 2 3 4 A18

A19 1 2 3 4

A19. В цепи постоянного тока, показанной на рисунке, необходимо изменить сопротивление второго реостата (R_2) с таким расчетом, чтобы мощность, выделяющаяся на нем, увеличилась вдвое. Мощность на первом реостате (R_1) должна остаться при этом неизменной. Как этого добиться, изменив сопротивление второго (R_2) и третьего (R_3) реостатов? Начальные значения сопротивлений реостатов $R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$ и $R_3 = 6 \text{ Ом}$.



- | | |
|--|--|
| 1) $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 6 \text{ Ом}$ | 3) $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 5 \text{ Ом}$ |
| 2) $R_2 = 6 \text{ Ом}$, $R_3 = 3 \text{ Ом}$ | 4) $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 7 \text{ Ом}$ |

A20 1 2 3 4

A20. Явление интерференции электронов можно объяснить, используя представление об электронах как о потоке частиц, обладающих

- 1) электрическим зарядом
- 2) малой массой
- 3) малыми размерами
- 4) волновыми свойствами

A21 1 2 3 4

A21. Какие утверждения соответствуют планетарной модели атома?

- 1) Ядро — в центре атома, заряд ядра положителен, электроны на орбитах вокруг ядра
- 2) Ядро — в центре атома, заряд ядра отрицателен, электроны на орбитах вокруг ядра
- 3) Электроны — в центре атома, ядро обращается вокруг электронов, заряд ядра положителен
- 4) Электроны — в центре атома, ядро обращается вокруг электронов, заряд ядра отрицателен

A22 1 2 3 4

A22. Как изменится число нуклонов в ядре атома радиоактивного элемента, если оно испустит γ -квант?

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1) Увеличится на 2 | 3) Уменьшится на 2 |
| 2) Не изменится | 4) Уменьшится на 4 |

A23 1 2 3 4

A23. Атом испустил фотон с энергией $6 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$. Каково изменение импульса атома?

- 1) $0 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$
- 2) $1,8 \cdot 10^{-9} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$
- 3) $5 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$
- 4) $2 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

A24. Ученик изучает в школьной лаборатории колебания математического маятника. Какие величины нужны ему для расчета периода колебаний маятника?

1 2 3 4

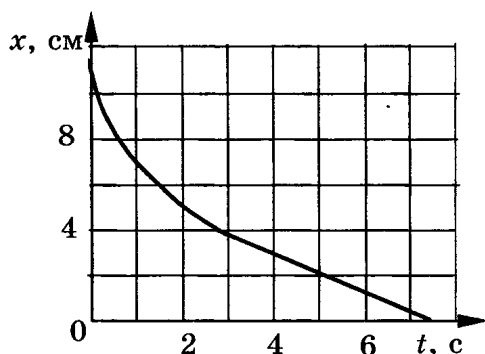
A24

- 1) Масса маятника m и табличное значение ускорения свободного падения g
- 2) Длина нити маятника l и табличное значение ускорения свободного падения g
- 3) Амплитуда колебаний маятника A и его масса m
- 4) Амплитуда колебаний маятника A и табличное значение ускорения свободного падения g

A25. Шарик уронили в воду с некоторой высоты. На рисунке показан график изменения координаты шарика с течением времени. Согласно графику,

1 2 3 4

A25



- 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

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В4 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Брусok скользит по наклонной плоскости вниз без трения. Что происходит при этом с его скоростью, потенциальной энергией, силой реакции наклонной плоскости?

1 2 3 4

B1

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

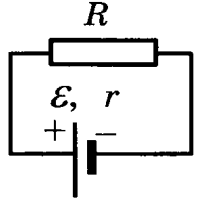
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Скорость	Потенциальная	Сила реакции наклонной плоскости

B2

- B2.** Источник тока с ЭДС $\mathcal{E}$ и внутренним сопротивлением r сначала был замкнут на внешнее сопротивление R . Затем внешнее сопротивление увеличили. Как при этом изменили силу тока в цепи, напряжение на внешнем сопротивлении, напряжение на клеммах источника тока?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличили
- 2) уменьшили
- 3) не изменили

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

Сила тока	Напряжение на внешнем сопротивлении	Напряжение на внутреннем сопротивлении

B3

- B3.** Пучок света переходит из воздуха в стекло. Частота световой волны ν , скорость света в воздухе c , показатель преломления стекла относительно воздуха n . Установите соответствие между физическими величинами и комбинациями других величин, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

**РАВНЫЕ ИМ КОМБИНАЦИИ
ДРУГИХ ВЕЛИЧИН**

- А) скорость света в стекле
Б) длина волны света в стекле

- 1) $c n$
- 2) $c n \nu$
- 3) c/n
- 4) $c/(n \nu)$

А	Б

В4. 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

ПРИБОРЫ

1) вакуумный фотоэлемент

2) дифракционная решетка

3) счетчик Гейгера

4) стеклянная призма

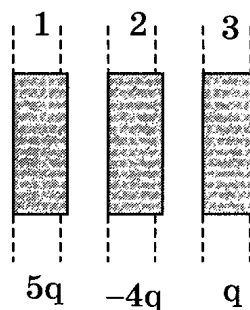
А	Б

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

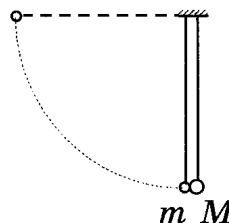
Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

С1. На трех металлических пластинах большой площади располагаются заряды, указанные на рисунке. Какой заряд находится на правой плоскости первой пластины?



Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

С2. Два шарика, массы которых $m = 0,1$ кг и $M = 0,2$ кг, висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях длиной $l = 1,5$ м (см. рисунок). Левый шарик отклоняют на угол 90° и отпускают без начальной скорости. Какое количество теплоты выделится в результате абсолютно неупругого удара шариков?

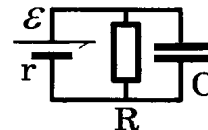


С3

- С3. В сосуде находится газ, который может выходить из сосуда через небольшую трещину. Во время опыта давление газа уменьшилось в 8 раз, а его абсолютная температура уменьшилась в 4 раза при неизменном объеме. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия газа в сосуде? (Газ считать идеальным.)

С4

- С4. К источнику тока с ЭДС $\mathcal{E} = 9$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом подключили параллельно соединенные резистор с сопротивлением $R = 8$ Ом и плоский конденсатор, расстояние между пластинами которого $d = 0,002$ м (см. рисунок). Какова напряженность электрического поля между пластинами конденсатора?



С5

- С5. Простой колебательный контур содержит конденсатор емкостью $C = 1$ мкФ и катушку индуктивности $L = 0,01$ Гн. Какой должна быть емкость конденсатора, чтобы циклическая частота колебаний электрической энергии в контуре увеличилась на $\Delta\omega = 2 \cdot 10^4$ с⁻¹?

С6

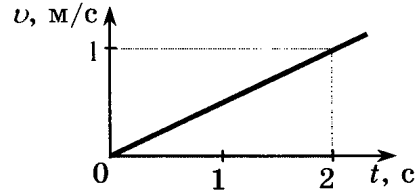
- С6. В двух опытах по фотоэффекту металлическая пластинка облучалась светом с длинами волн соответственно $\lambda_1 = 350$ нм и $\lambda_2 = 540$ нм. В этих опытах максимальные скорости фотоэлектронов отличались в $\frac{v_1}{v_2} = 2$ раза. Какова работа выхода электрона с поверхности металла?

ВАРИАНТ 2

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

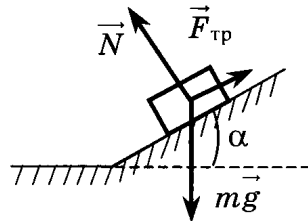
- A1. Тело начинает двигаться из начала координат вдоль оси Ox , причем проекция скорости v_x меняется с течением времени по закону, приведенному на графике. Через 2 с ускорение тела равно



- 1) 0 м/с^2
- 2) $0,5 \text{ м/с}^2$
- 3) 1 м/с^2
- 4) 2 м/с^2

1	2	3	4	A1
---	---	---	---	-----------

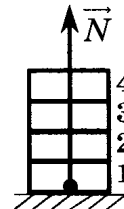
- A2. Брусок лежит на шероховатой наклонной опоре (см. рисунок). На него действуют 3 силы: сила тяжести $m\vec{g}$, сила упругости опоры $\vec{N}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. Модуль равнодействующей сил $\vec{F}_{\text{тр}}$ и $m\vec{g}$ равен



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

1	2	3	4	A2
---	---	---	---	-----------

- A3. Четыре одинаковых кирпича массой m каждый сложены в стопку (см. рисунок). Если сверху положить еще один такой же кирпич, то сила N , действующая со стороны горизонтальной опоры на 1-й кирпич, увеличится на



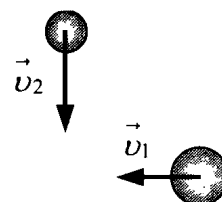
- 1) $\frac{mg}{5}$
- 2) mg
- 3) $\frac{mg}{4}$
- 4) $\frac{4mg}{5}$

1	2	3	4	A3
---	---	---	---	-----------

A4

1 2 3 4

A4. Шарики движутся со скоростями, показанными на рисунке, и при столкновении слипаются. Как будет направлен импульс шариков после столкновения?



1)



3)



2)



4)



A5

1 2 3 4

A5. Под действием силы тяги 1000 Н автомобиль движется с постоянной скоростью 72 км/ч. Мощность двигателя равна

1) $1 \cdot 10^4$ Вт3) $3 \cdot 10^4$ Вт2) $2 \cdot 10^4$ Вт4) $4 \cdot 10^4$ Вт

A6

1 2 3 4

A6. Какова частота колебаний звуковых волн в среде, если скорость звука в этой среде $v = 500$ м/с, а длина волны $\lambda = 2$ м?

1) 1000 Гц

3) 100 Гц

2) 250 Гц

4) 25 Гц

A7

1 2 3 4

A7. На горизонтальном полу стоит ящик массой 10 кг. Коэффициент трения между полом и ящиком 0,25. К ящику в горизонтальном направлении прикладывают силу 16 Н, и он остается в покое. Какова при этом сила трения между ящиком и полом?

1) 0 Н

3) 4 Н

2) 2,5 Н

4) 16 Н

A8

1 2 3 4

A8. Какое свойство отличает монокристалл от аморфного тела?

1) Прочность

2) Электропроводность

3) Прозрачность

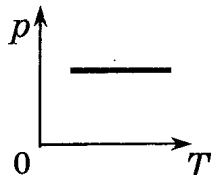
4) Анизотропность

A9

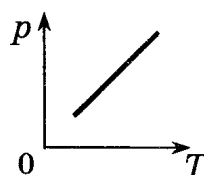
1 2 3 4

A9. На рисунке приведены графики зависимости давления некоторого количества идеального газа от абсолютной температуры для различных процессов. Изохорному процессу соответствует график

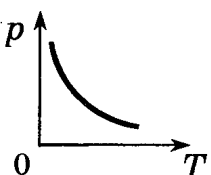
1)



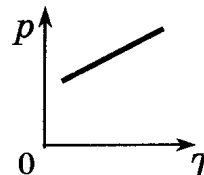
3)



2)



4)

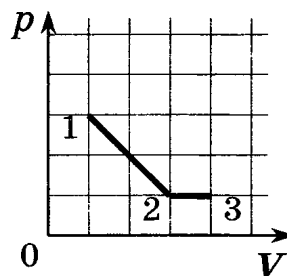


A10. При каком процессе остается неизменной внутренняя энергия идеального газа?

- 1) При изобарном сжатии
- 2) При изохорном сжатии
- 3) При адиабатном расширении
- 4) При изотермическом расширении

1 2 3 4 **A10**

A11. 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?



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

1 2 3 4 **A11**

A12. Одноатомный идеальный газ в количестве ν молей поглощает количество теплоты 2 кДж. При этом температура газа повышается на 20 К. Работа, совершаемая газом в этом процессе, равна 1 кДж. Число молей газа равно

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

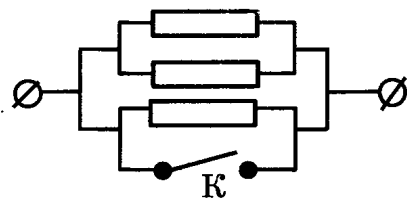
1 2 3 4 **A12**

A13. Как надо изменить заряд на обкладках плоского конденсатора, чтобы после увеличения зазора между обкладками в 3 раза напряженность электрического поля в зазоре уменьшилась в итоге вдвое?

- 1) Увеличить в 4 раза
- 2) Оставить прежним
- 3) Уменьшить в 2 раза
- 4) Увеличить в 2 раза

1 2 3 4 **A13**

A14. Каким будет сопротивление участка цепи (см. рисунок), если ключ К замкнуть? (Каждый из резисторов имеет сопротивление R .)



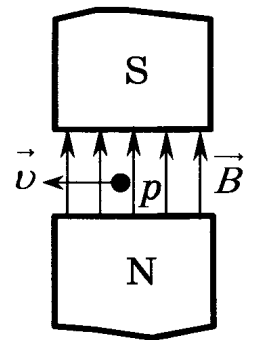
- 1) $2R$
- 2) 0
- 3) $3R$
- 4) R

1 2 3 4 **A14**

A15

1 2 3 4

A15. Протон p , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет скорость $\vec{v}$, перпендикулярную вектору индукции $\vec{B}$ магнитного поля, направленному вертикально (см. рисунок). Куда направлена действующая на него сила Лоренца $\vec{F}$?



- 1) От наблюдателя $\otimes$
- 2) К наблюдателю $\odot$
- 3) Горизонтально вправо $\rightarrow$
- 4) Вертикально вниз $\downarrow$

A16

1 2 3 4

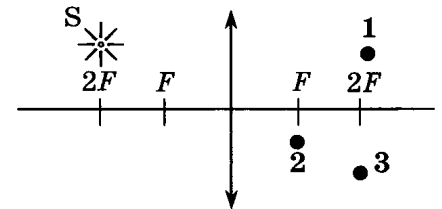
A16. Какой вид электромагнитного излучения (среди перечисленных) обладает наибольшей частотой?

- 1) Видимый свет
- 2) Инфракрасное излучение
- 3) Радиоволны
- 4) Рентгеновское излучение

A17

1 2 3 4

A17. 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

A18

1 2 3 4

A18. Два автомобиля движутся в одном и том же направлении со скоростями v_1 и v_2 относительно поверхности Земли. Скорость света c от фар первого автомобиля в системе отсчета, связанной с другим автомобилем, равна

- 1) $c - (v_1 + v_2)$
- 2) $c + (v_1 + v_2)$
- 3) $c + (v_1 - v_2)$
- 4) c

A19

1 2 3 4

A19. По участку цепи с сопротивлением R течет переменный ток. Как изменится мощность переменного тока на этом участке цепи, если действующее значение силы тока на нем увеличить в 2 раза, а его сопротивление в 2 раза уменьшить?

- 1) Не изменится
- 2) Увеличится в 2 раза
- 3) Уменьшится в 2 раза
- 4) Увеличится в 4 раза

A20. Частота красного света примерно в 2 раза меньше частоты фиолетового света. Энергия фотона красного света по отношению к энергии фотона фиолетового света

1 2 3 4 A20

- 1) больше в 4 раза
- 2) больше в 2 раза
- 3) меньше в 4 раза
- 4) меньше в 2 раза

A21. Длина волны для фотона, излучаемого атомом при переходе из возбужденного состояния с энергией E_1 в основное состояние с энергией E_0 равна (c – скорость света, h – постоянная Планка)

1 2 3 4 A21

- 1) $\frac{E_0 - E_1}{h}$
- 2) $\frac{E_1 - E_0}{h}$
- 3) $\frac{c h}{E_1 - E_0}$
- 4) $\frac{c h}{E_0 - E_1}$

A22. α -излучение – это

1 2 3 4 A22

- 1) поток электронов
- 2) поток протонов
- 3) поток ядер гелия
- 4) электромагнитные волны

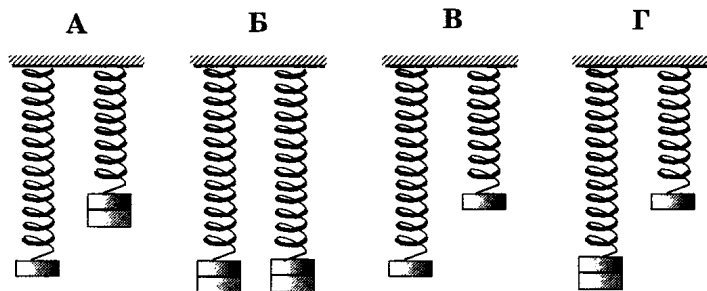
A23. Какая доля от большого количества радиоактивных атомов остается нераспавшейся через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

1 2 3 4 A23

- 1) 25%
- 2) 50%
- 3) 75%
- 4) 0%

A24. Необходимо экспериментально обнаружить зависимость периода колебаний пружинного маятника от жесткости пружины. Какую пару маятников можно использовать для этой цели?

1 2 3 4 A24



- 1) А, В или Г
- 2) только Б
- 3) только В
- 4) только Г

A25

1 2 3 4

A25. В каком из приведенных ниже случаев можно сравнивать результаты измерений двух физических величин?

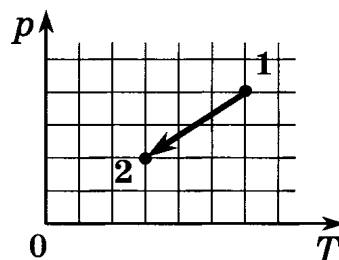
- 1) 1 Кл и 1 А·В
- 2) 3 Кл и 1 Ф·В
- 3) 2 А и 3 Кл·с
- 4) 3 А и 2 В·с

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В4 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1

В1. Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как изменяются в ходе процесса следующие три величины: давление газа, его объем, внутренняя энергия?



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.

Давление газа	Объем газа	Внутренняя энергия

В2

В2. Частица массой m , несущая заряд q , движется в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиуса R со скоростью v . 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

Радиус орбиты	Период обращения	Кинетическая энергия

- В3.** Массивный шарик, подвешенный к потолку на упругой пружине, совершает вертикальные гармонические колебания. Как ведут себя скорость и ускорение шарика в момент, когда шарик проходит положение равновесия, двигаясь вниз?

В3

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИХ МОДУЛЬ И НАПРАВЛЕНИЕ

- | | |
|---------------------|---|
| А) скорость шарика | 1) достигает максимума; направление вверх |
| Б) ускорение шарика | 2) достигает максимума; направление вниз |
| | 3) модуль равен нулю |

А	Б

- В4.** Установите соответствие между физическими величинами и уравнениями, в которых они используются.

В4

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ УРАВНЕНИЯ, В КОТОРЫХ ОНИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ

- | | |
|-----------|--|
| А) сила | 1) уравнение теплового баланса |
| Б) работа | 2) уравнение движения |
| | 3) уравнение Менделеева – Клапейрона |
| | 4) уравнение Эйнштейна для фотоэффекта |

А	Б

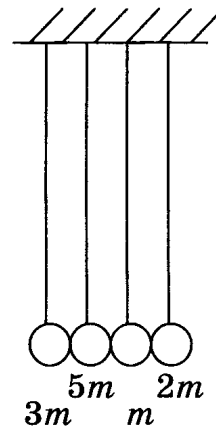
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

C1

- C1. Четыре шарика, массы которых $3m$, $5m$, m и $2m$, висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях. Крайний левый шарик отклоняют на некоторый угол и отпускают без начальной скорости. Что произойдет с шариками в результате абсолютно упругого удара?



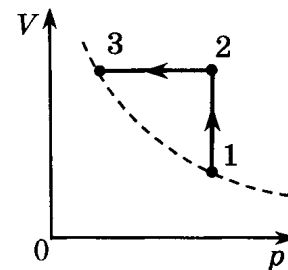
Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

C2

- C2. Средняя плотность планеты Плюк равна средней плотности Земли, а первая космическая скорость для Плюка в 2 раза больше, чем для Земли. Каково отношение периода обращения спутника, движущегося вокруг Плюка по низкой круговой орбите, к периоду обращения аналогичного спутника Земли? Объем шара пропорционален кубу радиуса ($V \sim R^3$).

C3

- C3. Один моль идеального одноатомного газа сначала нагрели, а затем охладил до первоначальной температуры 300 К, уменьшив давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты сообщили газу на участке 1–2?

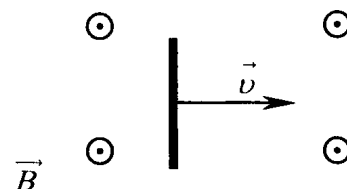


C4

- C4. Полый металлический шарик массой 3 г подвешен на шелковой нити длиной 50 см над положительно заряженной плоскостью, создающей однородное электрическое поле напряженностью $2 \cdot 10^6$ В/м. Электрический заряд шарика отрицателен и по модулю равен $6 \cdot 10^{-8}$ Кл. Определите циклическую частоту свободных гармонических колебаний данного маятника.

C5

- C5. Горизонтально расположенный проводник длиной 1 м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого 0,5 Тл и направлена перпендикулярно проводнику и направлению его движения (см. рисунок). На-



чальная скорость проводника равна нулю, а его ускорение 8 м/с^2 . Какова ЭДС индукции на концах проводника в тот момент, когда он переместился на 1 м ?

- б. Электромагнитное излучение с длиной волны $3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ используется для нагревания воды. Какую массу воды можно нагреть на 10°C за 700 с , если источник излучает 10^{20} фотонов за 1 с ? (Считать, что излучение полностью поглощается водой.)



ПРОВЕРЬТЕ СЕБЯ

1. Ответы к примерам

№ задачи	ответ	№ задачи	ответ	№ задачи	ответ	№ задачи	ответ
1.3.1(A)	4	2.3.1(A)	2	3.3.1(A)	1	4.3.1(A)	2
1.3.2(A)	2	2.3.2(A)	1	3.3.2(A)	2	4.3.2(A)	1
1.3.3(A)	1	2.3.3(A)	2	3.3.3(A)	4	4.3.3(A)	4
1.3.4(A)	3	2.3.4(A)	3	3.3.4(A)	2	4.3.4(A)	1
1.3.5(A)	1	2.3.5(A)	3	3.3.5(A)	3	4.3.5(A)	3
1.3.6(A)	4	2.3.6(A)	2	3.3.6(A)	3	4.3.6(A)	3
1.3.7(A)	2	2.3.7(A)	1	3.3.7(A)	3	4.3.7(A)	4
1.3.8(A)	4	2.3.8(A)	3	3.3.8(A)	2	4.3.8(A)	3
1.3.9(A)	4	2.3.9(A)	3	3.3.9(A)	1	4.3.9(A)	2
1.3.10(A)	1	2.3.10(A)	3	3.3.10(A)	1	4.3.10(A)	3
1.3.11(АП)	4	2.3.11(АП)	2	3.3.11(АП)	4	4.3.11(АП)	3
1.3.12(АП)	3	2.3.12(АП)	3	3.3.12(АП)	2	4.3.12(АП)	1
1.3.13(B)	322	2.3.13(B)	312	3.3.13(B)	222	4.3.13(B)	212
1.3.14(B)	24	2.3.14(B)	24	3.3.14(B)	21	4.3.14(B)	23
1.3.15(C)	$7,5 \cdot 10^{-3}$	2.3.15 (C)	2.8	3.3.15 (C)	1	4.3.15 (C)	$20 \cdot 10^{-6}$
1.3.16 (C)	$5 \cdot 10^{-3}$	2.3.16 (C)	300	3.3.16 (C)	268	4.3.16 (C)	8

№ задачи	ответ	№ задачи	ответ	№ задачи	ответ	№ задачи	ответ
5.3.1(A)	2	6.3.1(A)	1	7.3.1(A)	3	8.3.1(A)	3
5.3.2(A)	4	6.3.2(A)	1	7.3.2(A)	3	8.3.2(A)	1
5.3.3(A)	4	6.3.3(A)	3	7.3.3(A)	1	8.3.3(A)	2
5.3.4(A)	2	6.3.4(A)	1			8.3.4(A)	2
5.3.5(A)	3	6.3.5(A)	4			8.3.5(A)	3
5.3.6(A)	1	6.3.6(A)	1			8.3.6(A)	2
5.3.7(A)	3	6.3.7(A)	4			8.3.7(A)	1
5.3.8(A)	3	6.3.8(A)	1			8.3.8(A)	4
5.3.9(A)	2	6.3.9(A)	3			8.3.9(A)	3
5.3.10(A)	4	6.3.10(A)	3			8.3.10(A)	1
5.3.11(АП)	2	6.3.11(АП)	1			8.3.11(АП)	1
5.3.12(АП)	3	6.3.12(АП)	4			8.3.12(АП)	3
5.3.13(B)	232	6.3.13(B)	223			8.3.13(B)	311
5.3.14(B)	32	6.3.14(B)	12			8.3.14(B)	13
5.3.15(C)	4	6.3.15(C)	28^0			8.3.15(C)	1,4
5.3.16(C)	$4 \cdot 10^{-3}$	6.3.16(C)	$4,5 \cdot 10^{-7}$			8.3.16(C)	2330

2. Ответы к заданиям для самопроверки

№ задачи	ответ	№ задачи	ответ	№ задачи	ответ	№ задачи	ответ
1.4.1(A)	3	2.4.1(A)	4	3.4.1(A)	4	4.4.1(A)	4
1.4.2(A)	3	2.4.2(A)	3	3.4.2(A)	4	4.4.2(A)	3
1.4.3(A)	2	2.4.3(A)	1	3.4.3(A)	1	4.4.3(A)	3
1.4.4(A)	1	2.4.4(A)	1	3.4.4(A)	2	4.4.4(A)	1
1.4.5(A)	3	2.4.5(A)	4	3.4.5(A)	1	4.4.5(A)	1
1.4.6(A)	4	2.4.6(A)	2	3.4.6(A)	4	4.4.6(A)	2
1.4.7(A)	3	2.4.7(A)	3	3.4.7(A)	4	4.4.7(A)	3
1.4.8(A)	4	2.4.8(A)	2	3.4.8(A)	3	4.4.8(A)	1
1.4.9(A)	3	2.4.9(A)	2	3.4.9(A)	3	4.4.9(A)	3
1.4.10(A)	1	2.4.10(A)	1	3.4.10(A)	4	4.4.10(A)	1
1.4.11(АП)	2	2.4.11(АП)	4	3.4.11(АП)	1	4.4.11(АП)	3
1.4.12(АП)	1	2.4.12(АП)	2	3.4.12(АП)	3	4.4.12(АП)	2
1.4.13(АП)	2	2.4.13(АП)	2	3.4.13(АП)	2	4.4.13(АП)	1
1.4.14(B)	222	2.4.14(B)	123	3.4.14(B)	212	4.4.14(B)	333
1.4.15(B)	32	2.4.15(B)	13	3.4.15(B)	34	4.5.15(B)	12
1.4.16(C)	10	2.4.16(C)	538 К	3.4.16(C)	1250	4.4.16(C)	$5 \cdot 10^3$
1.4.17(C)	0,04	2.4.17(C)	300 К	3.4.17(C)	$5,6 \cdot 10^5$	4.4.17(C)	0,115
1.4.18(C)	3	2.4.18(C)	1,17	3.4.18(C)	1,2	4.4.18(C)	1

№ задачи	ответ	№ задачи	ответ	№ задачи	ответ	№ задачи	ответ
5.4.1(A)	4	6.4.1(A)	4	7.4.1(A)	2	8.4.1(A)	3
5.4.2(A)	3	6.4.2(A)	4	7.4.2(A)	3	8.4.2(A)	1
5.4.3(A)	1	6.4.3(A)	1	7.4.3(A)	3	8.4.3(A)	1
5.4.4(A)	3	6.4.4(A)	3			8.4.4(A)	4
5.4.5(A)	3	6.4.5(A)	4			8.4.5(A)	3
5.4.6(A)	4	6.4.6(A)	4			8.4.6(A)	1
5.4.7(A)	1	6.4.7(A)	1			8.4.7(A)	3
5.4.8(A)	3	6.4.8(A)	4			8.4.8(A)	3
5.4.9(A)	4	6.4.9(A)	1			8.4.9(A)	3
5.4.10(A)	1	6.4.10(A)	1			8.4.10(A)	3
5.4.11(АП)	2	6.4.11(АП)	4			8.4.11(АП)	1
5.4.12(АП)	3	6.4.12(АП)	2			8.4.12(АП)	2
5.4.13(АП)	2	6.4.13(АП)	4			8.4.13(АП)	3
5.4.14(B)	213	6.4.14(B)	312			8.4.14(B)	222
5.4.15(B)	24	6.4.15(B)	13			8.5.15(B)	42
5.4.16(C)	0,2	6.4.16(C)	6,5			8.4.16(C)	$4,7 \cdot 10^{-3}$
5.4.17(C)	1,15	6.4.17(C)	$1,2 \cdot 10^{-7}$			8.4.17(C)	$1 \cdot 10^{-19}$
5.4.18(C)	$6,28 \cdot 10^{-4}$	6.4.18(C)	1,05			8.4.18(C)	$4,5 \cdot 10^7$

3. Ответы к заданиям контрольных экзаменационных работ

Вариант 1

№ задания	ответ	№ задания	ответ	№ задания	ответ	№ задания	ответ
A1	4	A10	2	A19	2	B3	34
A2	1	A11	2	A20	4	B4	31
A3	1	A12	4	A21	1	C1	5q
A4	2	A13	2	A22	2	C2	1
A5	1	A14	3	A23	4	C3	Уменьш. в 8 раз
A6	4	A15	4	A24	2	C4	4000
A7	1	A16	2	A25	4	C5	0,25 мкФ
A8	4	A17	3	B1	123	C6	1,9 эВ
A9	3	A18	2	B2	222		

Вариант 2

№ задания	ответ	№ задания	ответ	№ задания	ответ	№ задания	ответ
A1	2	A10	4	A19	1	B3	23
A2	1	A11	4	A20	3	B4	24
A3	2	A12	4	A21	1	C1	–
A4	1	A13	3	A22	1	C2	1
A5	2	A14	2	A23	3	C3	12,5 кДж
A6	2	A15	1	A24	3	C4	10
A7	4	A16	4	A25	1	C5	2
A8	4	A17	3	B1	232	C6	1
A9	3	A18	4	B2	131		

РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ЧАСТИ А ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

1.3.11(АП).

Закон сохранения механической энергии:

$$W_{\text{пот1}} = W_{\text{пот2}} + W_{\text{кин.}} \quad (1)$$

Потенциальная энергия груза в поле силы тяжести Земли:

$$W_{\text{пот}} = mgh. \quad (2)$$

Из (1) и (2) имеем:

$$W_{\text{кин}} = mg(h_1 - h_2) = 4 \text{ Дж.}$$

1.3.12(АП).

На первой половине пути тела сила тяжести совершила отрицательную работу, на второй – такую же по величине положительную работу. Значит, полная работа, которую совершила сила тяжести за время полета тела, равна нулю.

1.4.11(АП).

Закон сохранения механической энергии:

$$W_{\text{пот1}} = W_{\text{пот2}} + W_{\text{кин.}} \quad (1)$$

Кинетическая энергия груза:

$$W_{\text{кин}} = mv^2/2. \quad (2)$$

Из (1) и (2) имеем:

$$W_{\text{пот}} = m(gh_1 - v^2/2) = 6,8 \text{ Дж.}$$

1.4.12(АП).

Потенциальная энергия груза в поле силы тяжести Земли:

$$W_{\text{пот}} = mgh. \quad (1)$$

Закон сохранения механической энергии:

$$W_{\text{пот}} = W_{\text{кин.}} \quad (2)$$

Вся кинетическая энергия груза потрачена на работу против силы сопротивления на пути s :

$$W_{\text{кин}} = F_{\text{с}}s. \quad (3)$$

Из (1) – (3) имеем:

$$F_c = mgh/s = 60 \text{ Н.}$$

1.4.13(АП).

Закон сохранения импульса в направлении движения платформы с пушкой (вдоль оси x):

$$M_{\Pi} v_{\Pi} = m_c v_{xc}.$$

Проекция скорости снаряда на ось x :

$$v_{xc} = v \cos \varphi \cos \theta.$$

Отсюда масса платформы с пушкой:

$$M_{\Pi} = (m_c v \cos \varphi \cos \theta) / v_{\Pi} = 20000 \text{ кг} = 20 \text{ т.}$$

2.3.11(АП).

Пользуясь уравнением Клапейрона – Менделеева (2.2.3), получаем:

$$p = (m/\mu)RT/V = 107 \text{ кПа.}$$

2.3.12(АП).

Из уравнения Клапейрона – Менделеева (2.2.3) получаем:

$$T = (\mu/m) pV/R.$$

Учитывая, что процесс изотермический (произведение pV для любой точки кривой на графике одно и то же), выбираем удобную точку. Например, при $p = 10 \cdot 10^4 \text{ Па}$ и $V = 0,5 \text{ м}^3$ имеем: $T = 301 \text{ К}$.

2.4.11(АП).

Пользуясь уравнением Клапейрона – Менделеева (2.2.3), получаем:

$$\mu = mRT / (pV) = 32 \text{ г/моль.}$$

2.4.12(АП).

Уравнение Клапейрона – Менделеева:

$$pV = \nu RT$$

(ν – число молей). Значит,

$$\nu = pV / (RT).$$

Выбираем удобную точку; например, при $p = 10 \cdot 10^4 \text{ Па}$ и $T = 300 \text{ К}$ получаем:

$$\nu = 16 \text{ моль.}$$

2.4.13(АП).

Уравнение Клапейрона – Менделеева для начала процесса:

$$pV = \nu RT. \quad (1)$$

Уравнение Клапейрона – Менделеева для конца процесса:

$$2p(V - \Delta V) = \nu RT. \quad (2)$$

Из (1) и (2) имеем:

$$V = 2\Delta V = 300 \text{ дм}^3.$$

3.3.11(АП).

Первое начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A,$$

где $\Delta U = (3/2)\nu R\Delta T$ – изменение внутренней энергии идеального газа, ΔT – изменение его температуры, ν – число молей. Как видно из рисунка, процесс изотермический, т.е. $\Delta T = 0$, а значит, $\Delta U = 0$. Следовательно, $A = Q = 600 \text{ кДж}$.

3.3.12(АП).

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа:

$$U = (3/2)\nu RT \quad (1)$$

(ν – число молей, T – температура).

Уравнение Клапейрона – Менделеева:

$$pV = \nu RT. \quad (2)$$

Из (1) и (2) имеем: $p = 2U/(3V) = 2 \text{ кПа}$.

3.4.11(АП).

Количество тепла, необходимое для нагревания воды до температуры кипения:

$$Q_1 = cm\Delta T. \quad (1)$$

Количество тепла, необходимое для испарения воды массы m :

$$Q_2 = \lambda m. \quad (2)$$

Количество тепла, необходимое для нагревания и испарения воды массы m :

$$Q = Q_1 + Q_2. \quad (3)$$

Количество тепла, полученного водой от нагревателя:

$$Q = \eta Pt. \quad (4)$$

Объединяя (1) – (4), имеем:

$$t = (cm\Delta T + \lambda m) / (\eta P) = 2594 \text{ с}.$$

3.4.12(АП).

Первое начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A. \quad (1)$$

Изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа:

$$\Delta U = (3/2) \nu R \Delta T. \quad (2)$$

Работа газа при изобарном процессе:

$$A = p \Delta V. \quad (3)$$

Уравнение Клапейрона – Менделеева для изобарного процесса запишем в виде:

$$p \Delta V = \nu R \Delta T. \quad (4)$$

Объединяя (1) – (4), получаем:

$$A = (2/5) Q = 400 \text{ Дж.}$$

3.4.13(АП).

Работа на участке 1 – 2 определяется площадью под изобарой 1 – 2, а работа на участке 3 – 4 – площадью под изобарой 3 – 4. Значит, отношение работ – это отношение этих площадей. Оно равно 2.

4.3.11(АП).

Ускорение частицы в электрическом поле:

$$a = qE/m. \quad (1)$$

Формула для пути, пройденного частицей:

$$S = at^2/2. \quad (2)$$

Объединяя (1) и (2), получаем:

$$m = qEt^2/(2S) = 1 \text{ мкг.}$$

4.3.12(АП).

Здесь надо воспользоваться формулой для силы Лоренца (4.1.17).

$$F_{\text{Лор}} = qvB \sin \alpha = 48 \text{ Н.}$$

4.4.11(АП).

Воспользуемся формулой (4.2.6) для закона Джоуля – Ленца и данными графика. Например, за время $t = 4 \text{ с}$ в резисторе выделится количество теплоты $Q = 80 \text{ Дж}$, так что искомая сила тока 2 А.

4.4.12(АП).

Работа силы Ампера при перемещении участка проводника на расстояние s :

$$A = F_A s. \quad (1)$$

Пользуясь законом Ампера (4.2.7) и формулой (1), получаем:

$$B = A/(I \Delta l s) = 0,05 \text{ Тл.}$$

4.4.13(АП).

Скорость капли будет постоянной в случае, когда сила тяжести mg уравновешена силой электрического поля qE . Учитывая, что $E = U/d$, имеем:

$$U = mgd/q = 5000 \text{ В.}$$

5.3.11(АП).

По данным таблицы, период колебаний заряда в контуре $T = 8 \cdot 10^{-6}$ с. Пользуясь формулой Томсона (5.2.3), получаем: $C = T^2/(4\pi^2 L) = 50,7 \text{ пФ}$.

5.3.12(АП).

Длина волны в вакууме рассчитывается по формуле:

$$\lambda_0 = cT. \quad (1)$$

Длина этой волны в сероуглероде:

$$\lambda = \lambda_0/n, \quad (2)$$

где n – показатель преломления сероуглерода.

Объединяя (1) и (2), получаем:

$$\lambda = cT/n = 9 \text{ мм.}$$

5.4.11(АП).

При колебаниях максимальная потенциальная энергия (в крайних положениях груза) упруго сжатой или растянутой пружины:

$$W_n = kA^2/2, \quad (1)$$

где A – амплитуда колебаний.

Максимальная же кинетическая энергия колеблющегося груза:

$$W_k = mv_{max}^2/2, \quad (2)$$

где v_{max} – максимальная скорость груза. Так как колебания гармонические, то максимальная потенциальная энергия упруго сжатой или растянутой пружины полностью превращается в максимальную кинетическую энергию груза. Объединяя (1) и (2), получаем:

$$v_{max} = \sqrt{\frac{kA^2}{m}} = 0,1 \text{ м/с.}$$

5.4.12(АП).

Длина волны в среде $\lambda = v/\nu$. Скорость электромагнитной волны в среде $v = c/n$. Отсюда получаем: $n = c/(\lambda\nu) = 2$.

5.4.13(АП).

Пользуясь уравнением движения (1.1.5), находим:

$$F_x = ma_x = 0,5 \text{ Н.}$$

6.3.11(АП).

Формула тонкой линзы:

$$1/d + 1/f = 1/F. \quad (1)$$

Оптическая сила линзы:

$$D = 1/F. \quad (2)$$

Увеличение, даваемое собирающей линзой:

$$k = f/d = y'/y, \quad (3)$$

(f и d – соответственно расстояния от линзы до изображения и до предмета, y' и y – высота изображения и высота предмета).

Объединяя (1) – (3), получаем:

$$y' = y/(Dd - 1) = 12 \text{ см.}$$

6.3.12(АП).

Условие интерференционного максимума:

$$\Delta = n(S_2M - S_1M) = m\lambda = mc/\nu.$$

Отсюда – порядок интерференции:

$$m = n(S_2M - S_1M) \cdot \nu/c = 4.$$

6.4.11(АП).

Крайние параллельные лучи, касающиеся линзы, падают на экран таким образом, что их продолжения должны пересечься в фокусе линзы, находящемся за экраном на расстоянии 10 см, так как фокусное расстояние линзы 20 см. Диаметр круга, образованного этими лучами, и будет диаметром светлого пятна. Из подобия треугольников находим, что этот диаметр равен 3 см.

6.4.12(АП)

Пленка будет максимально отражающей в случае, когда минимальная оптическая разность хода лучей, отраженных от верхней и нижней поверхностей пленки, равна длине волны, т.е. $2dn = \lambda$. Отсюда $n = 1,5$.

6.4.13(АП).

Пользуясь определениями (6.1.1), (6.1.3), формулой (6.2.3), а также учитывая, что показатель преломления воздуха $n_1 = 1$, по данным рисунка находим отношение синуса угла падения к синусу угла преломления. Это, согласно (6.2.3), и есть искомый показатель преломления. Он равен 1,25.

8.3.11(АП).

Согласно графику, первоначально (т.е. при $t = 0$) имелось $300 \cdot 10^{23}$ ядер радиоактивного изотопа. Половина имевшихся ядер останется нераспавшимися к моменту времени $t = 750$ мин.

8.3.12(АП).

Энергия фотона:

$$\varepsilon_{\text{ф}} = h\nu. \quad (1)$$

Энергия всех поглощенных фотонов:

$$W = N\varepsilon_{\text{ф}}. \quad (2)$$

Мощность, поглощаемая детектором:

$$P = W/t. \quad (3)$$

Объединяя (1) – (3), получаем:

$$\nu = Pt/(Nh) \cdot 10^{-14} = 5 \text{ Гц}.$$

8.4.11(АП).

Искомое изменение энергии можно найти по формуле (8.2.6):

$$h\nu_{ni} = E_n - E_i = 30 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}.$$

8.4.12(АП).

Энергия фотона:

$$\varepsilon_{\text{ф}} = hc/\lambda. \quad (1)$$

Энергия всех поглощенных детектором фотонов:

$$W = N\varepsilon_{\text{ф}}. \quad (2)$$

Мощность, поглощаемая детектором:

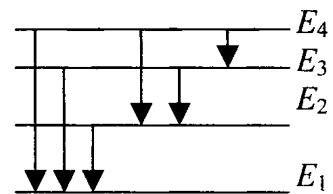
$$P = W/t. \quad (3)$$

Объединяя (1) – (3), имеем:

$$P = Nhc/(\lambda t) = 6,6 \text{ Вт}.$$

8.4.13(АП).

Число частот равно числу всех возможных переходов, при которых энергия излучается. Все такие переходы показаны на рисунке. В данном случае искомое число частот равно 6.



РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ЧАСТИ С

1.3.15(С).

Закон сохранения импульса для системы двух тел:

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v'; \quad (1)$$

кинетическая энергия тел после удара:

$$W = \frac{(m_1 + m_2) v'^2}{2}. \quad (2)$$

Решая полученную систему из двух уравнений, получим численный ответ:

$$W = \frac{m_1^2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)} = 0,075 \text{ Дж.}$$

1.3.16(С).

Согласно закону сохранения механической энергии, имеем два равенства:

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}, \quad (1)$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv_1^2}{2}, \quad (2)$$

где v_0 и v_1 – скорости летящей пули соответственно на высоте h и непосредственно перед мишенью. Вся энергия подлетевшей к мишени пули потрачена на механическую работу, так что

$$\frac{mv_1^2}{2} = A. \quad (3)$$

Решая полученную систему уравнений, находим массу пули:

$$m = \frac{2A - kx^2}{2gh} = 5 \text{ г.}$$

1.4.16(С).

Из закона сохранения механической энергии находим высоту подъема снаряда:

$$mgh = \frac{mv_0^2}{2}, \quad h = \frac{v_0^2}{2g}.$$

Из закона сохранения импульса находим начальную скорость второго осколка:

$$m_1 v_1 = m_2 v_2, \quad v_2 = \frac{v_1}{2} = v_0.$$

Время падения второго осколка с высоты h :

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \frac{v_0}{g};$$

дальность его полета: $S = v_2 t = \frac{v_0^2}{g} = 10 \text{ м.}$

1.4.17(С).

Закон сохранения импульса при ударе:

$$Mv = (M + m)v,$$

где v – скорость бруска тотчас после удара. Отсюда

$$v = \frac{M}{M + m} v_0.$$

Закон сохранения механической энергии для системы, состоящей из двух тел и пружины:

$$\frac{(M + m)v^2}{2} = \frac{kx^2}{2},$$

где x – максимальное сжатие пружины. Отсюда

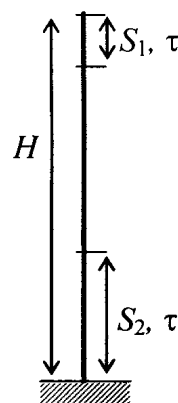
$$x = v \sqrt{\frac{M + m}{k}} = \frac{Mv_0}{\sqrt{k(M + m)}} = 0,04 \text{ м.}$$

1.4.18(С).

Если t – полное время падения с высоты H , то

$$\begin{cases} H = \frac{gt^2}{2}; \\ S_1 = \frac{g\tau^2}{2}. \end{cases} \Rightarrow H - S_2 = H - nS_1 = \frac{g(t - \tau)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{gt^2}{2} - n \frac{g\tau^2}{2} = \frac{g(t - \tau)^2}{2} \Rightarrow t = \frac{(n + 1)\tau}{2} = 3 \text{ с.}$$



2.3.15(С).

Основное уравнение МКТ для газа до нагревания: $p_0 = n_0 kT$. После нагревания $\alpha = 0,4n_0$ молекул диссоциируют на атомы. В этом случае основное уравнение МКТ для недиссоциированных молекул: $p_1 = (n_0 - \alpha)kT$, для диссоциированных: $p_2 = 2\alpha kT_2$. Согласно закону Дальтона, $p = p_1 + p_2 = (n_0 + \alpha)kT_2$. Давление увеличится в $\delta = p/p_0 = 1,4T_2/T_0 = 2,8$ раза.

2.3.16(С).

Уравнение Клапейрона – Менделеева для начального и конечного состояний газа:

$$pSh = \nu RT, \quad (1)$$

$$(p + \Delta p)S(h + \Delta h) = \nu R(T + \Delta T). \quad (2)$$

Закон Гука для изменения силы пружины, действующей на поршень: $\Delta F = k\Delta h$, где Δh – смещение поршня. Так как поршень находится в равновесии, то приращение силы давления газа равно приращению силы упругости:

$$\Delta pS = k\Delta h. \quad (3)$$

Из (1) – (3): $\left(1 + \frac{k}{Sp} \Delta h\right) \left(1 + \frac{\Delta h}{h}\right) = 1 + \frac{\Delta T}{T}.$

Поскольку $\Delta h/h \ll 1$, то приближенно $\Delta h \left(\frac{k}{Sp} + \frac{1}{h} \right) \approx \frac{\Delta T}{T},$

откуда $\Delta h \approx 4 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 4 \text{ см}.$

2.4.16(С).

Условие подъема шара:

$$F_{\text{Архимеда}} \geq Mg + mg,$$

где M – масса оболочки, m – масса воздуха внутри оболочки. Отсюда

$$\rho_0 gV \geq Mg + \rho gV \Rightarrow \rho_0 V \geq M + \rho V,$$

где ρ_0 – плотность окружающего воздуха, ρ – плотность воздуха внутри оболочки, V – объем шара. Для воздуха внутри шара:

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu} R, \text{ или } \frac{m}{V} = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T} = \rho,$$

где p – атмосферное давление, T – температура воздуха внутри шара. Соответственно, плотность воздуха снаружи:

$$\rho_0 = \frac{\mu p}{RT_0},$$

где T_0 – температура окружающего воздуха.

$$\frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} \geq M + \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_{\min}} = \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} - M \Rightarrow \frac{1}{T_{\min}} = \frac{1}{T_0} - \frac{M \cdot R}{p \cdot \mu \cdot V},$$

$$T_{\min} = T_0 \frac{p\mu V}{p\mu V - MRT_0} \approx 538 \text{ К} = 265 \text{ }^\circ\text{C}.$$

2.4.17(C).

Условие механического равновесия столбика ртути определяет величину давления воздуха p в вертикальной трубке: $p = p_0 + \rho g d$, где $p_0 = \rho g H$ – давление атмосферы. Здесь $H = 750$ мм, $d = 15$ см. Поскольку нагревание воздуха в трубке происходит до температуры $T = T_0 + \Delta T$ и первоначального объема, то в соответствии с уравнением Клапейрона – Менделеева $\frac{T}{T_0} = \frac{p}{p_0} = 1 + \frac{d}{H}$. Отсюда $T_0 = \Delta T \frac{H}{d} = 300$ К.

2.4.18(C).

Уравнение состояния идеального газа:

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu} R. \quad (1)$$

Плотность газа:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (2)$$

Из (1) и (2) получаем:

$$\rho = \frac{p\mu}{RT}.$$

Показания приборов:

$$p_A = 746 \text{ мм рт. ст.}, \text{ или } p_A = 99,4 \cdot 10^3 \text{ Па};$$

$$p_M = 40 \text{ мм рт. ст.};$$

$$t^\circ = 45^\circ \text{C}.$$

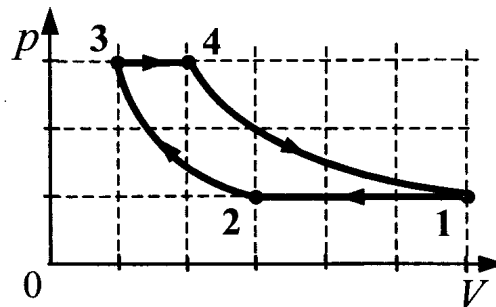
Давление газа:

$$p = p_A + p_M = 746 + 40 = 786 \text{ мм рт. ст.}$$

$$\text{Плотность воздуха: } \rho = \frac{786 \cdot 133 \cdot 0,029}{8,3 \cdot 318} = 1,17 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

3.3.15(C).

Данный цикл переведем на pV -диаграмму.



В соответствии с величинами площадей под горизонтальными отрезками цикла 3–4 и 1–2 отношение модулей работ равно $\frac{A_{34}}{A_{12}} = 1$.

3.3.16(С).

Количество теплоты, необходимое для нагревания льда, находящегося в калориметре, до температуры t :

$$Q = c_1 m_1 (t - t_1). \quad (1)$$

Количество теплоты, отдаваемое водой при охлаждении ее до 0°C :

$$Q_1 = c_2 m_2 (t_2 - 0). \quad (2)$$

Количество теплоты, выделяющейся при отвердевании воды при 0°C :

$$Q_2 = \lambda m_2. \quad (3)$$

Количество теплоты, выделяющейся при охлаждении льда, полученного из воды, до температуры t :

$$Q_3 = c_1 m_2 (0 - t). \quad (4)$$

Уравнение теплового баланса (3.2.2):

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3. \quad (5)$$

Объединяя (1) – (5), получаем:

$$t_1 = \frac{m_1 c_1 t - m_2 (c_2 (t_2 - 0) + \lambda + c_1 (0 - t))}{m_1 c_1} \approx -5^\circ\text{C}.$$

3.4.16(С).

Во временном интервале от 1 до 3 мин температура вещества остается постоянной, хотя к телу подводится теплота, что свидетельствует о плавлении вещества в течение этого времени. За это время ($\tau_1 = 2$ мин) вещество в калориметре получит от нагревателя количество теплоты $Q_1 = P\tau_1$ (P – мощность нагревателя), равное теплоте плавления $Q_1 = m\lambda$.

В течение минуты после окончания плавления ($\tau_2 = 1$ мин) температура возрастает на $\Delta T = 40^\circ$, поскольку вещество получает $Q_2 = P\tau_2$ теплоты от нагревателя, а изменение температуры пропорционально количеству полученной теплоты $Q_1 = mc \cdot \Delta T$.

Уравнения теплового баланса на участке плавления и на участке нагревания образуют систему

$$\begin{cases} P\tau_1 = m\lambda, \\ P\tau_2 = mc \cdot \Delta T, \end{cases}$$

решение которой дает удельную теплоемкость жидкости:

$$c = \frac{\lambda}{\Delta T} \frac{\tau_2}{\tau_1} = 1,25 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

3.4.17(С).

После установления равновесия гелий равномерно распределится по всему сосуду. В результате в половине сосуда с аргоном окажется $\nu_1 = \frac{m}{2M_{\text{He}}}$ молей гелия и $\nu_2 = \frac{m}{M_{\text{Ar}}}$ молей аргона. Здесь m – масса гелия или аргона. Внутренняя энергия смеси одноатомных газов пропорциональна температуре и количеству молей вещества и не зависит от ее химического состава:

$$\varepsilon = (\nu_1 + \nu_2) \frac{3}{2} RT = \frac{3}{2} mRT \left(\frac{1}{2M_{\text{He}}} + \frac{1}{M_{\text{Ar}}} \right) = \frac{3}{2} \cdot 8,3 \cdot 300 \cdot (1/0,008 + 1/0,04) = 560 \text{ кДж.}$$

3.4.18(С).

Теплоемкость газа менялась с течением времени, вместе с массой газа, по линейному закону: каждую секунду она уменьшалась на некоторую величину ΔC . Температура газа при этом возрастала по линейному закону с течением времени.

Значит, тепло, полученное газом, равно произведению средней величины теплоемкости за время нагревания на приращение температуры за то же время.

Таким образом, в соответствии с определением понятия теплоемкости системы получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} Q = C_{\text{ср.}} (T_2 - T_1), \\ C_{\text{ср.}} = \frac{1}{2} (C_1 + C_2), \\ C_1 = \nu_1 \frac{3}{2} R, \\ C_2 = \nu_2 \frac{3}{2} R \end{cases}$$

(R – газовая постоянная).

Решая ее, получаем:

$$\nu_2 = \frac{4Q}{3R(T_2 - T_1)} - \nu_1 = 1,2 \text{ моль.}$$

4.3.15(С).

Количество теплоты, выделяющееся на резисторе после размыкания ключа $Q = W_c = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$. Напряжение на конденсаторе равно напряжению на резисторе. С учетом закона Ома для полной цепи имеем:

$$U = IR = \varepsilon R / (r + R).$$

Комбинируя эти равенства, находим:

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

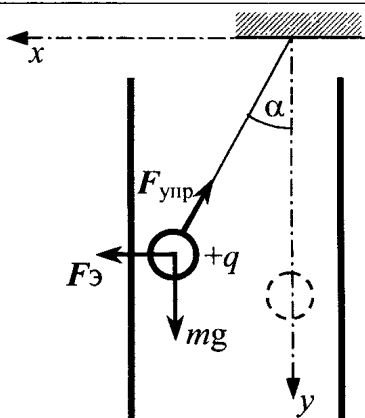
4.3.16(C).

ЭДС индукции в проводнике, движущемся в однородном магнитном поле: $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

Изменение магнитного потока за малое время Δt : $\Delta\Phi = B\Delta S$, где площадь ΔS определяется произведением длины проводника l на его перемещение Δx за время Δt , т.е. $\Delta\Phi = B l \Delta x$. Следовательно, $\mathcal{E} = -B l \Delta x / \Delta t = -B l v$, где v – скорость движения проводника. В конце пути длиной x скорость проводника $v = \sqrt{2ax}$ (a – ускорение), так что $\mathcal{E} = -B l \sqrt{2ax}$. Отсюда

$$a = \frac{\mathcal{E}^2}{2B^2 l^2 x} = 8 \text{ м/с}^2.$$

4.4.16(C).



Условия равновесия:
$$\begin{cases} k\Delta l \cdot \sin \alpha = qE, \\ k\Delta l \cdot \cos \alpha = mg. \end{cases}$$

Возведем оба равенства в квадрат и сложим их:

$$(k\Delta l)^2 = (mg)^2 + (qE)^2,$$

откуда
$$E = \frac{\sqrt{(k\Delta l)^2 - (mg)^2}}{q}.$$

Напряженность электрического поля в конденсаторе:

$$E = \frac{U}{d}.$$

Таким образом, для разности потенциалов U между обкладками имеем:

$$U = \frac{d \cdot \sqrt{(k\Delta l)^2 - (mg)^2}}{q} = 5000 \text{ В}.$$

4.4.17(C).

Пока ключ замкнут, через катушку L течет ток I , определяемый сопротивлением резистора: $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$; конденсатор заряжен до напряжения: $U = \mathcal{E}$.

Энергия магнитного поля в катушке: $\frac{LI^2}{2}$.

Энергия электрического поля в конденсаторе: $\frac{C\mathcal{E}^2}{2}$.

После размыкания ключа начнутся электромагнитные колебания, и вся энергия, запасенная в конденсаторе и катушке, выделится в лампе и резисторе:

$$W = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{\mathcal{E}^2}{2R^2} L = 0,184 \text{ Дж}.$$

Согласно закону Джоуля – Ленца, выделяемая в резисторе мощность пропорциональна его сопротивлению. Следовательно, энергия 0,184 Дж распределится в лампе и резисторе пропорционально их сопротивлениям, и на лампу приходится $W_{\text{л}} = \frac{5}{8} W = 0,115 \text{ Дж}$.

4.4.18(C).

Согласно закону Ома, сила тока через резистор, к которому подключен вольтметр, до замыкания ключа K равна

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{2R + r}, \quad (1)$$

после замыкания ключа – равна

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{2R + R/2 + r}. \quad (2)$$

Изменение показаний вольтметра равно изменению напряжения на резисторе:

$$\Delta U = I_2 R - I_1 R. \quad (3)$$

Из уравнений (1) – (3) получаем:

$$\Delta U = \frac{\mathcal{E} R^2}{2(2R + r)(3R/2 + r)} = 1 \text{ В}.$$

5.3.15(C).

Период гармонических колебаний пружинного маятника (5.2.2):

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1)$$

(m – масса груза маятника, k – коэффициент жесткости его пружины). Воспользуемся этой формулой, считая, что в ней m – масса ареометра. На ареометр, смещенный от положения равновесия на расстояние x , действует возвращающая сила

$$F_x = -\rho g S x, \quad (2)$$

где $\rho g S = K$ – коэффициент возвращающей силы. Из уравнения (2) видно, что в случае колебаний ареометра коэффициент K выступает в роли коэффициента упругости k .

Из уравнений (1) и (2) получаем: $T = \frac{2}{r} \sqrt{\frac{\pi m}{\rho g}} \approx 4 \text{ с}.$

5.3.16(C).

В идеальном контуре энергия колебаний сохраняется, так что

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}, \quad (1)$$

причем

$$\frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}. \quad (2)$$

Из равенства (1) следует: $I^2 = I_m^2 - \frac{C}{L} U^2$, из (2): $\frac{C}{L} = \frac{I_m^2}{U_m^2}$.

В результате получаем: $I = I_m \sqrt{1 - \frac{U^2}{U_m^2}} = 4,0 \text{ мА}.$

5.4.16(C).

При выведении цилиндра из положения равновесия возникает возвращающая сила $F_x = -(\rho_2 - \rho_1)gSx$.

Поскольку эта сила пропорциональна смещению x , период малых собственных колебаний можно найти по формуле для периода колебаний пружинного маятника:

$$T = 2\pi\sqrt{m/k},$$

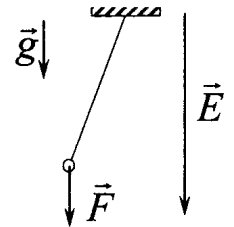
где $k = (\rho_2 - \rho_1)gS$.

$$\text{Значит, } T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{(\rho_2 - \rho_1)gS}} \Rightarrow m = \frac{T^2(\rho_2 - \rho_1)gS}{4\pi^2} = 0,2 \text{ кг.}$$

5.4.17(C).

Период колебаний маятника определяется соотношением $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}}$, где a – ускорение свободного падения шарика в электри-

ческом поле и поле тяготения. По второму закону Ньютона $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$.



Здесь $\vec{F} = \vec{F}_{\text{грав.}} + \vec{F}_{\text{эл.}}$, где $\vec{F}_{\text{грав.}} = m\vec{g}$ и $\vec{F}_{\text{эл.}} = q\vec{E}$. Так как $\vec{g} \uparrow \vec{E}$, то $F = mg + qE \Rightarrow$

$$\Rightarrow a = \frac{mg + qE}{m} = g + \frac{q}{m}E; a = 10 + \frac{10^{-8}}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 10^6 = 15 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{0,5}{15}} \approx 1,15 \text{ (с)}.$$

5.4.18(C).

Связь между амплитудой силы тока I_m и амплитудой электрического заряда q_m :

$$I_m = q_m\omega. \quad (1)$$

Соотношение между периодом электромагнитных колебаний T и циклической частотой ω :

$$T = 2\pi/\omega. \quad (2)$$

Объединяя (1) и (2), имеем

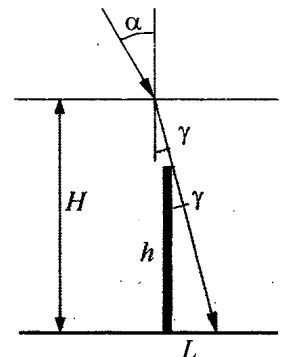
$$T = 2\pi q_m/I_m = 6,28 \cdot 10^{-4} \text{ с.}$$

6.3.15(C).

Закон преломления: $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$, так что $\sin \alpha = n \cdot \sin \gamma$.

Согласно рисунку, высота сваи h связана с длиной тени L и углом γ между сваей и скользющим по ее вершине лучом света соотношением:

$\sin \gamma = \frac{L}{\sqrt{h^2 + L^2}}$. Угол γ является и углом преломления солнечных лучей на поверхности воды.

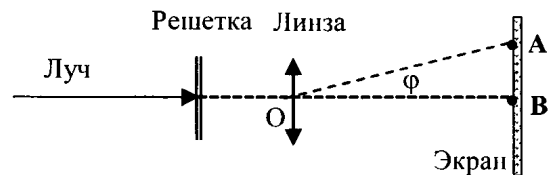


Следовательно,

$$\sin \alpha = n \frac{L}{\sqrt{h^2 + L^2}} = \frac{\frac{4}{3} \cdot \frac{3}{4}}{\sqrt{4 + \frac{9}{16}}} = \frac{4}{\sqrt{73}}; \alpha = \arcsin \frac{4}{\sqrt{73}} \approx 28^\circ.$$

6.3.16(С).

Условие интерференционного максимума 1-го порядка: $d \sin \varphi = \lambda$, где d – период решетки, φ – угол между направлениями на нулевой и первый максимум (на рисунке – это угол АОВ), λ – длина волны света.



Расстояние АВ между нулевым и первым максимумом определяется по формуле (см. рисунок): $AB = F \operatorname{tg} \varphi$, где $F = OB$ – фокусное расстояние линзы. Учитывая, что угол φ мал, а следовательно, $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi \approx \varphi$ (в радианах), получим: $\lambda = AB \cdot d / F = 450 \text{ нм}$.

6.4.16(С).

Формула тонкой собирающей линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}.$$

Расстояние от линзы до изображения: $b = \frac{aF}{a - F}$.

Надо построить чертеж, показав на нем ход лучей.

Искомое увеличение:

$$k = \frac{b}{F} - 1 = \frac{F}{a - F} = 6,5.$$

6.4.17(С).

Сначала надо изобразить рисунок, показывающий ход лучей через пленку.

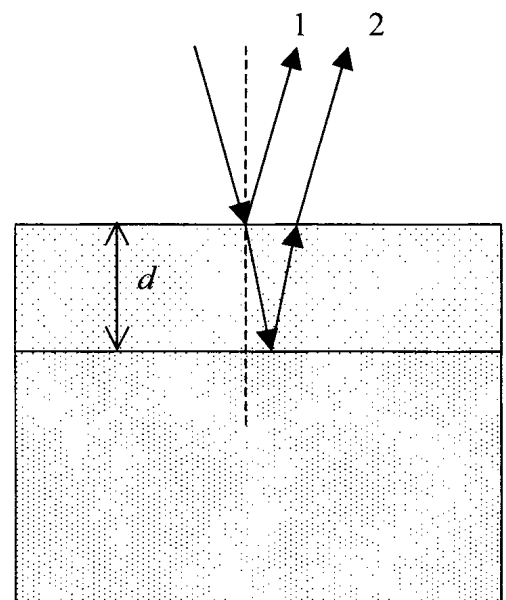
Далее – записать выражение для оптической разности хода лучей 1 и 2 с учетом практически вертикального падения:

$$\Delta = 2nd. \quad (1)$$

Потеря полуволны при отражении от оптически более плотной среды происходит на обеих границах и поэтому не дает вклада в оптическую разность хода.

В соответствии с условием интерференции волн, отраженных от верхней и нижней границ пленки, минимум интенсивности в отраженном свете будет наблюдаться при

$$\Delta = \lambda/2. \quad (2)$$



Совместное решение уравнений (1) и (2) дает выражение для толщины пленки в общем виде и соответствующее численное значение:

$$d = \lambda/4n; d = 120 \text{ нм.}$$

6.4.18(С).

Формула линзы:

$$1/F = 1/d + 1/f. \quad (1)$$

Здесь F – фокусное расстояние линзы, d и f – соответственно расстояния от чертежа и от фотопленки до линзы.

Увеличение:

$$k = h/H = f/d. \quad (2)$$

Из (1) и (2) получаем:

$$d = (1 + k)F/k = 105 \text{ см.}$$

8.3.15(С).

Основным в решении будет, конечно, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

К нему надо добавить две формулы:
для красной границы фотоэффекта

$$h \frac{c}{\lambda_0} = A \quad (2)$$

и для запирающего напряжения (условие равенства максимальной кинетической энергии электрона и изменения его потенциальной энергии при перемещении в электростатическом поле)

$$\frac{mv^2}{2} = eU. \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1) – (3), получаем величину напряжения:

$$U = \frac{hc(\lambda_0 - \lambda)}{\lambda\lambda_0 e} \approx 1,4 \text{ В.}$$

8.3.16(С).

За время Δt в препарате выделяется количество теплоты

$$Q = A \cdot \varepsilon \Delta t, \quad (1)$$

где A – активность препарата, ε – энергия α -частицы.

Выделившееся количество теплоты идет на нагревание воды, так что

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T, \quad (2)$$

где c – удельная теплоемкость меди, m – масса воды, ΔT – изменение ее температуры.

Из уравнений (1) и (2) получаем:

$$\Delta t = \frac{cm\Delta T}{A\varepsilon} \approx 2330 \text{ с} \approx 39 \text{ мин.}$$

8.4.16(С).

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}.$$

Уравнение, связывающее (на основе второго закона Ньютона) силу Лоренца, действующую на электрон, с величиной центростремительного ускорения:

$$evB = \frac{mv^2}{R}.$$

Результат решения системы уравнений:

$$R = \frac{\sqrt{2m \left(h \frac{c}{\lambda} - A \right)}}{eB} = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

8.4.17(С).

За время $\Delta t = 1 \text{ с}$ в образце выделяется энергия: $\Delta W = W \cdot \frac{\Delta t}{T}$,

где W – энергия, выделившаяся в образце за время $T = 1 \text{ час}$.

Энергия одной α -частицы: $W_1 = \frac{p^2}{2m} = \Delta W/N$.

Импульс α -частицы: $p = \sqrt{2mW_1} = \sqrt{2 \frac{mW\Delta t}{NT}}$.

$$p \approx 1,0 \cdot 10^{-19} \text{ кг·м/с.}$$

8.4.18(С).

Выделившаяся тепловая энергия при сгорании плутония за время t : $Q = Pt/\eta$.

Эта тепловая энергия возникает за счет распада N ядер плутония: $Q = NE_0$.

Число N ядер связано с массой распавшегося плутония: $N = mN_A/\mu$, где μ – молярная масса плутония, N_A – число Авогадро, m – масса плутония.

Собирая все соотношения, получим $t = \eta E_0 m N_A / (\mu P) \approx 4,5 \cdot 10^7 \text{ с}$.

РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ЧАСТИ С КОНТРОЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ РАБОТ

Вариант 1

С1.

Суммарное электрическое поле внутри первой пластины должно быть равно нулю: иначе в ней будет течь ток. Значит, поле зарядов, расположенных левее массива первой пластины, должно компенсироваться полем зарядов, расположенных справа от него. Поэтому суммарный заряд всех трех пластин должен быть распределен так, что суммарный «левый» заряд равен по величине и по знаку суммарному «правому» заряду. Суммарный заряд всех трех пластин равен нулю: $5q - 4q - q = 0$. Значит, слева от проводящего массива первой пластины (как и справа от него) должен располагаться суммарный нулевой заряд. Это достигается в том случае, когда на правой поверхности первой пластины находится заряд $5q$.

С2.

Закон сохранения механической энергии до удара:

$$mgl = \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

Закон сохранения импульса при ударе:

$$mv = (m + M)V. \quad (2)$$

Количество теплоты, выделившееся при ударе:

$$Q = \frac{mv^2}{2} - \frac{(m + M)V^2}{2}. \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1) – (3), получаем: $Q = \frac{mMgl}{m + M} = 1 \text{ Дж.}$

С3.

Внутренняя энергия идеального газа:

$$U = NW_{\text{кин}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{кин}}$ – средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы газа, равная

$$W_{\text{кин}} = 3kT/2, \quad (2)$$

N – число молекул в сосуде, равное

$$N = \nu \cdot N_A. \quad (3)$$

Уравнение Клапейрона – Менделеева:

$$pV = \nu RT. \quad (4)$$

Связь между константами:

$$R = kN_A. \quad (5)$$

Объединяя (1) – (5), получаем:

$$U = 3pV/2.$$

Поскольку объем не изменился, а давление в восемь раз уменьшилось, то внутренняя энергия газа в сосуде уменьшилась в восемь раз.

С4.

Закон Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}. \quad (1)$$

Напряжения на конденсаторе и параллельно подключенном к нему резисторе одинаковы и равны:

$$U = IR. \quad (2)$$

При этом

$$U = Ed, \quad (3)$$

где E — напряженность поля в конденсаторе.

Решая систему уравнений (1) – (3), получаем:

$$E = \frac{\varepsilon R}{d(r + R)} = 4 \text{ кВ/м.}$$

С5.

Период колебаний электрической энергии в контуре:

$$T = \pi\sqrt{LC}. \quad (1)$$

Циклическая частота колебаний электрической энергии в контуре:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}. \quad (2)$$

Изменение циклической частоты:

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1. \quad (3)$$

Объединяя (1) – (3), получаем: $C_2 = \frac{4C_1}{(\Delta\omega\sqrt{LC_1} + 2)^2} = 0,25 \text{ мкФ.}$

С6.

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в первом опыте:

$$h\nu_1 = A_{\text{вых}} + \frac{m\nu_{1\text{max}}^2}{2}, \quad (1)$$

во втором опыте:

$$h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{m\nu_{2\text{max}}^2}{2}. \quad (2)$$

Связь длины волны света с частотой в первом опыте:

$$\lambda_1 = \frac{c}{\nu_1}, \quad (3)$$

во втором опыте:

$$\lambda_2 = \frac{c}{\nu_2}. \quad (4)$$

Отношение максимальных скоростей фотоэлектронов:

$$\alpha = \frac{\nu_{1\text{max}}}{\nu_{2\text{max}}}. \quad (5)$$

Решая систему уравнений (1) – (5), получаем:

$$A_{\text{вых}} = \frac{hc(\alpha^2 - \frac{\lambda_2}{\lambda_1})}{\lambda_2(\alpha^2 - 1)} \approx 3,0 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \approx 1,9 \text{ эВ.}$$

Вариант 2

С1.

К моменту удара крайний левый шарик наберет некоторую скорость v . Поскольку удар абсолютно упругий, то в результате удара должен сохраниться суммарный импульс, равный $3mv$. Кроме того, должна сохраниться и суммарная кинетическая энергия системы, состоящей из четырех шариков. Тотчас после удара она должна быть равной $(1/2)3mv^2$. Оба эти условия будут выполнены, если тотчас после удара два крайних левых шарика останутся в покое, а 2 правых, имеющих массу $3m$, начнут движение.

С2.

Период обращения спутника вокруг планеты:

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

Отношение периодов обращения спутников вокруг Плутона и вокруг Земли:

$$\frac{T_{\text{П}}}{T_3} = \frac{\frac{2\pi R_{\text{П}}}{v_{\text{П}}}}{\frac{2\pi R_3}{v_3}} = \frac{R_{\text{П}} \cdot v_3}{R_3 \cdot v_{\text{П}}} = \frac{R_{\text{П}}}{2R_3}.$$

Спутники движутся по окружностям под действием силы тяготения:

$$G \frac{M_{\text{П}} \cdot m}{R_{\text{П}}^2} = m \frac{v_{\text{П}}^2}{R_{\text{П}}} \quad \text{и} \quad G \frac{M_3 \cdot m}{R_3^2} = m \frac{v_3^2}{R_3},$$

где $M_{\text{П}}$, M_3 и m — соответственно массы Плутона, Земли и спутника. Отсюда

$$R_{\text{П}} = \frac{GM_{\text{П}}}{v_{\text{П}}^2} \quad \text{и} \quad R_3 = \frac{GM_3}{v_3^2}.$$

Массы планет $M_{\text{П}} = \rho_{\text{П}} \cdot V_{\text{П}}$ и $M_3 = \rho_3 \cdot V_3$. Так как $V \sim R^3$, то

$$\frac{v_{\text{П}}}{v_3} = \sqrt{\frac{\rho_{\text{П}} R_{\text{П}}^2}{\rho_3 R_3^2}}.$$

Учитывая, что плотности планет одинаковы, получаем:

$$\frac{v_{\text{П}}}{v_3} = \frac{R_{\text{П}}}{R_3} = 2 \Rightarrow \frac{T_{\text{П}}}{T_3} = 1.$$

С3.

По первому закону термодинамики

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}, \quad (1)$$

где

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1), \quad (2)$$

$$A_{12} = \nu R (T_2 - T_1). \quad (3)$$

Согласно закону Шарля:

$$\frac{P_3}{T_3} = \frac{P_2}{T_2}. \quad (4)$$

Объединяя (1) – (4) и учитывая, что $p_2 = 3 p_3$, получаем:

$$Q_{12} = 5\nu RT_1 \approx 12,5 \text{ кДж}.$$

С4.

Если бы нити не было, то шарик падал бы с ускорением, равным не g , а $g + \frac{qE}{m}$, где qE – сила действия электрического поля напряженности E на заряд q . Поэтому в формуле для собственной частоты колебаний математического маятника нужно вместо g поставить выражение $g + \frac{qE}{m}$, так что

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g + \frac{qE}{m}}{\ell}} = \sqrt{\frac{10 + \frac{6 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^{-3}}}{0,5}} = 10 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

С5.

ЭДС индукции в проводнике, движущемся в однородном магнитном поле:

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Поток линий магнитной индукции, пересекаемых проводником за время Δt , равен

$$\Delta\Phi = Bl\Delta x,$$

где l – длина проводника, Δx – его перемещение за время Δt .

Следовательно, $|\mathcal{E}| = \frac{Bl\Delta x}{\Delta t} = Blv$, где v – скорость движения проводника. В конце пути длиной x скорость проводника $v = \sqrt{2ax}$ (a – ускорение), так что

$$|\mathcal{E}| = Bl\sqrt{2ax} = 2 \text{ В}.$$

С6.

Формула для энергии фотона:

$$E_1 = \frac{hc}{\lambda}, \quad (1)$$

Энергия всех фотонов, излучаемых за время t :

$$E = E_1 \frac{N}{\tau} t. \quad (2)$$

Количество теплоты, необходимое для нагревания воды:

$$Q = c_{\text{уд}} m \Delta T. \quad (3)$$

Закон сохранения энергии:

$$E = Q. \quad (4)$$

Решая систему (1) – (4), получаем:

$$m = \frac{hcN}{c_{\text{уд}} \Delta T \lambda \tau} t = 1 \text{ кг}.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

А теперь, подойдя к самому концу книги, вы, дорогой читатель, можете сделать два важных вывода.

Вывод первый: подготовка к экзамену по физике – это длительный, трудоемкий процесс, требующий полной концентрации внимания. Но не жалейте времени на изучение физики. Ведь это наука о законах природы, о явлениях в окружающем мире, а значит, и о нас самих. К концу учения в школе у вас должны накопиться знания и умения по многим разделам физики. Взятые все вместе, они будут представлять собой неоценимое подспорье в ваших поисках ответа на поставленный вопрос или выхода из сложившейся ситуации. Добиться всего этого можно только упорным трудом.

Вывод второй: как ни трудна дорога при изучении физики, на ней встречаются не только препятствия и трудности. Физика, уже начиная с ее школьного курса, дает радость и чувство удовлетворения тем, кто ее изучает. С этим связан один важный для учащихся ориентир: если вы получаете удовольствие от чтения текста в книге по физике или от решения физической задачи, значит, вы многое поняли по изучаемому разделу. Вот еще одно наблюдение на ту же тему. Давно замечено: человек, хорошо знающий основы физики, обычно бывает уверенным в себе, и это заметно не только ему, но и окружающим.

Вот и получается: физика – не только трудная наука, но и... приятная!

Желаем вам успехов в ее изучении!

Справочное издание

**Николаев Владимир Иванович
Шипилин Анатолий Михайлович**

ЕГЭ ФИЗИКА ТЕМАТИЧЕСКИЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ФИПИ

Издательство «**ЭКЗАМЕН**»

Гигиенический сертификат
№ 77.99.60.953.Д.007297.05.10 от 07.05.2010 г.

Главный редактор *Л.Д. Лапто*
Редактор *Г.А. Лонцова*
Технический редактор *Т.В. Фатюхина*
Корректор *О.Ю. Казанева*
Дизайн обложки *Л.В. Демьянова*
Компьютерная верстка *И.Ю. Иванова, Д.А. Ярош*

105066, Москва, ул. Нижняя Красносельская, д. 35, стр. 1.
www.examen.biz

E-mail: по общим вопросам: info@examen.biz;
по вопросам реализации: sale@examen.biz
тел./факс 641-00-30 (многоканальный)

Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, том 2; 953005 — книги, брошюры, литература учебная

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ЗАО «ИПК Парето-Принт», г. Тверь, www.pareto-print.ru

По вопросам реализации обращаться по тел.: 641-00-30 (многоканальный).