

Библиотечка



ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

ЕГЭ

2018

**ЕГЭ
2018**

ФИЗИКА

ФИЗИКА

Е. А. Вишнякова
М. В. Семенов
А. А. Якута
Е. В. Якута

ФГОС

Государственное автономное образовательное учреждение
дополнительного профессионального образования города Москвы
«Центр педагогического мастерства»

Е. А. Вишнякова, М. В. Семенов, А. А. Якута, Е. В. Якута

Физика

Подготовка к ЕГЭ в 2018 году

Диагностические работы

Библиотечка СтатГрад

Материалы книги соответствуют Федеральному государственному
образовательному стандарту (ФГОС)

Москва
Издательство МЦНМО
2018

Вишнякова Е. А. и др.
В55 Физика. Подготовка к ЕГЭ в 2018 году. Диагностические работы / Е. А. Вишнякова, М. В. Семенов, А. А. Якута, Е. В. Якута. — М.: МЦНМО, 2018.

ISBN 978-5-4439-1185-4

Данное пособие предназначено для отработки практических умений и навыков учащихся при подготовке к экзамену по физике в 11 классе в формате ЕГЭ. Оно содержит варианты диагностических работ по физике, содержание которых соответствует контрольно-измерительным материалам, разработанным Федеральным институтом педагогических измерений для проведения Единого государственного экзамена. В книгу входят также ответы к заданиям и критерии проверки и оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом. Авторы пособия являются разработчиками тренировочных и диагностических работ для системы СтатГрад (<http://statgrad.org>).

Материалы книги рекомендованы учителям и методистам для выявления уровня и качества подготовки учащихся по предмету, определения степени их готовности к Единому государственному экзамену.

Издание соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту (ФГОС).

ББК 22.3я72

Оригинал-макет издания подготовлен в ГАОУ ДПО ЦПМ.

Приказом № 729 Министерства образования и науки Российской Федерации Московский центр непрерывного математического образования включён в перечень организаций, осуществляющих издание учебных пособий, допущенных к использованию в образовательном процессе.

Учебно-методическое издание

Физика. Подготовка к ЕГЭ в 2018 году.
ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Подписано в печать 11.12.2017 г. Формат 70 × 90 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Тираж 2000 экз. Заказ № .

Издательство Московского центра
непрерывного математического образования.
119002, Москва, Большой Власьевский пер., д. 11. Тел. (499) 241-08-04.

Отпечатано в ООО «Типография „Миттель Пресс“».
г. Москва, ул. Руставели, д. 14, стр. 6.
Тел./факс +7 (495) 619-08-30, 647-01-89.
E-mail: mittelpress@mail.ru

Книги издательства МЦНМО можно приобрести в магазине «Математическая книга»,
Москва, Большой Власьевский пер., д. 11. Тел. (495) 745-80-31. E-mail: biblio@mcme.ru

Предисловие

СтатГрад – это всероссийский интернет-проект, созданный для того, чтобы обеспечить каждое образовательное учреждение качественными дидактическими и методическими материалами. Основные направления деятельности СтатГрада – система диагностики образовательных достижений учащихся, методическая поддержка систем внутришкольного контроля, учебно-методические материалы для подготовки учащихся к ЕГЭ и ОГЭ. СтатГрад предоставляет методические материалы по всем ведущим дисциплинам школьной программы: математике, физике, биологии, русскому языку, литературе, истории, обществознанию, химии, информатике, географии, иностранным языкам. Использование на уроках и при самостоятельной работе тренировочных и диагностических работ в формате ЕГЭ и ОГЭ, диагностических работ для 5–11 классов позволит учителям выявить пробелы в знаниях учащихся, а учащимся – подготовиться к государственным экзаменам, заранее попробовать свои силы. Авторы и эксперты СтатГрада – специалисты высокого класса, кандидаты и доктора наук, авторы учебной литературы для средней и высшей школы. В настоящее время СтатГрад сотрудничает более чем с 13 000 образовательных организаций России.

Настоящий сборник содержит диагностические материалы, разработанные специалистами СтатГрада для подготовки учащихся выпускных классов основной школы к ЕГЭ по физике. Материалы соответствуют нормативным документам ФИПИ 2017 года.

Инструкция по выполнению работы

На выполнение работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25–27 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Число запишите в поле ответа в тексте работы.

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность двух цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы.

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы.

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы.

Ответ к заданиям 28–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. На чистом листе бумаги укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

Желаем успеха!

Справочные данные

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	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$

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

Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31}$ кг $\approx 5,5 \cdot 10^{-4}$ а. е. м.
протона	$1,673 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1,007$ а. е. м.
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1,008$ а. е. м.

Плотность

воды	1000 кг/м ³	подсолнечного масла	900 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
		ртути	13 600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота

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

Нормальные условия

давление: 10^5 Па, температура: 0°C

Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

Основные астрономические постоянные

Постоянная Стефана–Больцмана: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$.

Астрономическая единица: $1 \text{ а. е.} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$.

Парсек: $1 \text{ пк} = 206\,265 \text{ а. е.} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$.

Постоянная Хаббла: $H = 67,8 \text{ (км/с)/Мпк}$.

Данные о Солнце

Светимость $3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$.

Абсолютная болометрическая звёздная величина $+4,72^{\text{m}}$.

Солнечная постоянная 1360 Вт/м^2 .

Спектральный класс G2V.

Видимая звёздная величина $-26,78^{\text{m}}$.

Эффективная температура 5800 К .

Данные о Земле

Тропический год $365,24219 \text{ суток}$.

Период вращения $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$.

Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года: $23^\circ 26'21,45''$.

Данные о планетах

Планета	Характеристики орбит			Физические характеристики	
	Большая полуось а. е.	Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики градусы	Масса кг	Радиус км
Меркурий	0,3871	0,2056	7,004	$3,302 \cdot 10^{23}$	2439,7
Венера	0,7233	0,0068	3,394	$4,869 \cdot 10^{24}$	6051,8
Земля	1,0000	0,0167	0,000	$5,974 \cdot 10^{24}$	6378,1
Марс	1,5237	0,0934	1,850	$6,419 \cdot 10^{23}$	3397,2
Юпитер	5,2028	0,0483	1,308	$1,899 \cdot 10^{27}$	71492
Сатурн	9,5388	0,0560	2,488	$5,685 \cdot 10^{26}$	60268
Уран	19,1914	0,0461	0,774	$8,683 \cdot 10^{25}$	25559
Нептун	30,0611	0,0097	1,774	$1,024 \cdot 10^{26}$	24746

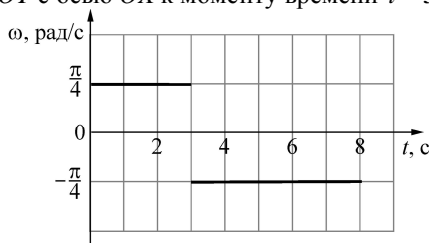
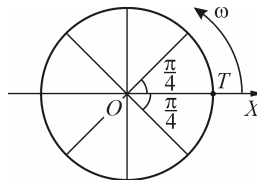
Вариант 1

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

Точечное тело T начинает двигаться по окружности с центром в точке O . В момент начала движения тело находилось в точке, лежащей на оси OX (как показано на рисунке). Используя представленный график зависимости угловой скорости ω вращения тела от времени t , определите, какой угол будет составлять отрезок OT с осью OX к моменту времени $t = 5$ с.



Ответ: _____ градусов.

2

Модуль ускорения свободного падения вблизи поверхности астероида равен $0,05 \text{ м/с}^2$. Чему будет равен модуль ускорения свободного падения вблизи поверхности другого астероида, объём которого в 8 раз больше? Оба астероида однородные, сферические и состоят из железа.

Ответ: _____ м/с^2 .

3

Тележка движется по инерции по гладким горизонтальным рельсам со скоростью 4 м/с . На тележку вертикально сверху аккуратно опускают мешочек с песком. Масса мешочка в 3 раза меньше массы тележки. Чему будет равен модуль скорости тележки с мешочком после того, как проскальзывание мешочка относительно тележки прекратится?

Ответ: _____ м/с .

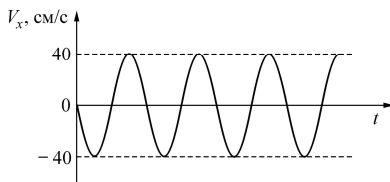
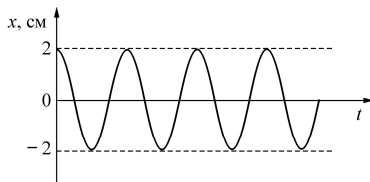
4

В сосуде с водой, не касаясь стенок и дна, плавает деревянный (сосновый) кубик с длиной ребра 10 см . Кубик вынимают из воды, заменяют половину его объёма на материал, плотность которого в 5 раз больше плотности древесины, и помещают получившийся составной кубик обратно в сосуд с водой. На сколько увеличится модуль силы Архимеда, действующей на кубик?

Ответ: _____ Н.

5

Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает вертикальные колебания. На рисунке изображены графики зависимости смещения груза x и проекции скорости груза V_x от времени t .



На основании анализа приведённых графиков выберите **два** верных утверждения и укажите в ответе их номера.

- 1) Круговая частота ω колебаний груза равна 40 рад/с.
- 2) Период колебаний груза равен $(0,1\pi)$ с.
- 3) Максимальное ускорение груза по модулю равно 800 см/с^2 .
- 4) Масса груза равна 1 кг.
- 5) Максимальная потенциальная энергия упругой деформации пружины равна 4 кДж.

Ответ:

--	--

6

Камень бросили вертикально вверх с горизонтальной площадки. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. В некоторый момент времени t_1 в процессе полёта кинетическая энергия камня была равна 13 Дж. В момент времени $t_2 > t_1$ камень всё ещё находился в полёте, а его кинетическая энергия увеличилась на 2 Дж. Определите, как изменились к моменту t_2 по сравнению с моментом t_1 высота подъёма камня над площадкой и модуль скорости камня.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

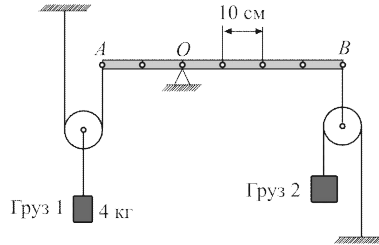
- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

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

Высота подъёма камня над площадкой	Модуль скорости камня

7

Лёгкая рейка может вращаться вокруг неподвижной горизонтальной оси, проходящей через точку O . Рейка уравновешена при помощи двух грузов, которые прикреплены к рейке лёгкими нитями, перекинутыми через идеальные блоки так, как показано на рисунке. Груз 1 имеет массу 4 кг.



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями в единицах СИ. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ЗНАЧЕНИЕ (В СИ)

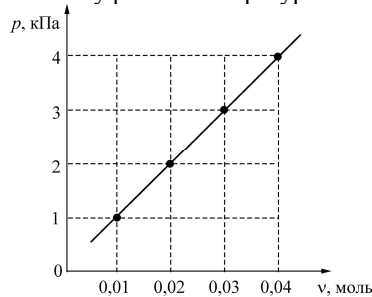
- | | |
|---|--------|
| А) масса груза 2 | 1) 0,5 |
| Б) момент силы натяжения нити, прикреплённой в точке B , относительно оси, проходящей через точку O | 2) 4 |
| | 3) 32 |
| | 4) 160 |

Ответ:

А	Б

8

В сосуде постоянного объёма 24,93 л находится идеальный газ при неизменной температуре. Через маленькое отверстие в стенке сосуда газ очень медленно выпускают наружу. На графике показана зависимость давления p газа в сосуде от количества ν газа в нём. Чему равна температура газа?



Ответ: _____ К.

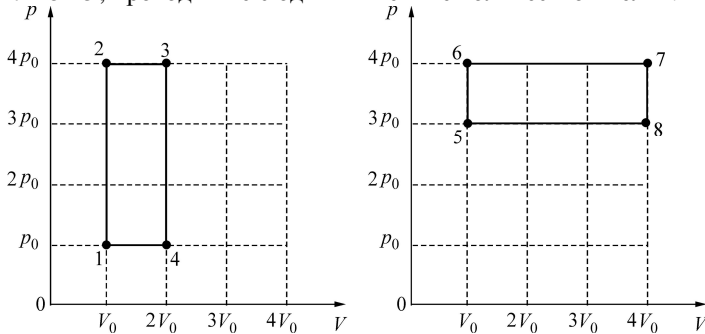
- 9 Один моль идеального одноатомного газа, находящегося при температуре $+27^\circ\text{C}$, изобарически нагревают. При этом температура этого газа увеличивается в 3 раза. Определите, чему равно количество теплоты, сообщённое этому газу.

Ответ: _____ Дж.

- 10 В сосуде объёмом 1,5 л при температуре $+50^\circ\text{C}$ находится смесь воздуха с водяными парами. Давление в сосуде равно 99,4 кПа, относительная влажность воздуха 50%. Давление насыщенного водяного пара при данной температуре равно 12,5 кПа. Какое количество воздуха находится в сосуде? Ответ выразите в миллимолях и округлите до целого числа.

Ответ: _____ ммоль.

- 11 На pV -диаграммах изображены два циклических процесса 1–2–3–4–1 и 5–6–7–8–5, проводимые с одним и тем же количеством гелия.



На основании анализа приведённых графиков выберите **два** верных утверждения и укажите в ответе их номера.

- 1) Работа газа, совершённая за каждый цикл, равна нулю.
- 2) Количество теплоты, полученное газом в изобарном процессе в цикле 1–2–3–4–1, больше, чем количество теплоты, полученное газом в изобарном процессе в цикле 5–6–7–8–5.
- 3) Количество теплоты, полученное газом в изохорном процессе в цикле 1–2–3–4–1, больше, чем количество теплоты, полученное газом в изохорном процессе в цикле 5–6–7–8–5.
- 4) Модуль количества теплоты, отданной газом в изобарном процессе в цикле 1–2–3–4–1, меньше, чем модуль количества теплоты, отданной газом в изобарном процессе в цикле 5–6–7–8–5.
- 5) Модуль количества теплоты, отданной газом в изохорном процессе в цикле 1–2–3–4–1, меньше, чем модуль количества теплоты, отданной газом в изохорном процессе в цикле 5–6–7–8–5.

Ответ:

--	--

12

Идеальная тепловая машина работает с использованием цикла Карно. Температуру холодильника машины повышают, при этом температура нагревателя и количество теплоты, которое рабочее тело получает от нагревателя за один цикл, остаются неизменными. Как изменяются в результате этого КПД тепловой машины и совершаемая машиной за один цикл работа?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

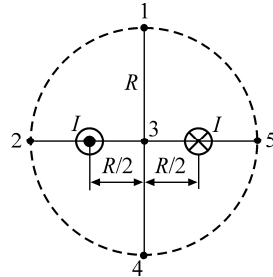
- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

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

КПД тепловой машины	Работа, совершаемая машиной за один цикл

13

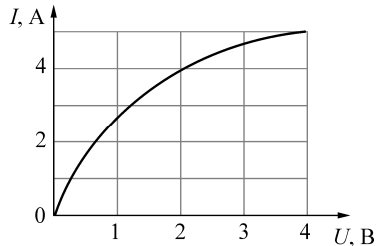
По двум параллельным тонким длинным проводам, расстояние между которыми равно R , текут одинаковые, но противоположно направленные токи силой I (см. рисунок, вид вдоль проводов). Пунктирной линией изображена окружность радиусом R с центром в точке 3, которая находится на одинаковом расстоянии от обоих проводов. Укажите номер точки (2, 3, 4, 5), в которой вектор магнитной индукции суммарного магнитного поля имеет такие же модуль и направление, как и в точке 1.



Ответ: _____.

14

На графике показана экспериментально полученная зависимость силы тока I , текущего через лампу накаливания, от напряжения U на лампе. Такую лампу подключили к источнику постоянного напряжения 4 В. Какую работу совершит электрический ток в нити накаливания лампы за 10 секунд?



Ответ: _____ Дж.

15

Какая энергия запасена в катушке индуктивности, если известно, что при протекании через неё тока силой 0,5 А поток, пронизывающий витки её обмотки, равен 6 Вб?

Ответ: _____ Дж.

16

Идеальный колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора, ёмкость которого можно изменять. В таблице представлены результаты измерения зависимости периода T свободных электромагнитных колебаний в контуре от ёмкости C конденсатора. Выберите **два** верных утверждения на основании данных, приведённых в таблице, и укажите в ответе их номера.

C , мкФ	1	4	9	16	25
T , мкс	125,6	251,2	376,8	502,4	628

- 1) Индуктивность катушки во всех проведённых измерениях была различной.
- 2) Частота свободных электромагнитных колебаний в контуре уменьшается с ростом ёмкости конденсатора.
- 3) Индуктивность катушки во всех проведённых измерениях была приблизительно равна 0,4 мГн.
- 4) Индуктивность катушки во всех проведённых измерениях была равна 400 Гн.
- 5) При ёмкости конденсатора 16 мкФ энергия конденсатора достигает своего максимального значения примерно 1990 раз за каждую секунду.

Ответ:

--	--

17

Два точечных заряда $+q$ и $-q$ расположены на одной прямой на расстоянии $3r$ друг от друга. На расстоянии $2r$ от положительного заряда и r от отрицательного заряда на этой же прямой располагают третий заряд $+2q$ (см. рисунок).



Определите, как изменятся модуль напряжённости электрического поля в точке A и потенциал точки A .

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Модуль напряжённости электрического поля в точке A	Потенциал точки A

18

В плоском проволочном витке индуктивностью L протекает электрический ток. Сила этого тока равномерно увеличивается от значения I_1 в момент времени t_1 до значения I_2 в момент времени t_2 .

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) модуль ЭДС самоиндукции, возникающей

1) LI_1

в витке в момент времени $\frac{t_1 + t_2}{2}$

2) $\frac{2L(I_2 - I_1)}{(t_1 + t_2)}$

Б) поток вектора магнитной индукции через плоскость витка в момент времени t_2

3) $\frac{L(I_2 - I_1)}{(t_2 - t_1)}$

4) LI_2

Ответ:

А	Б

19

В результате нескольких α - и β -распадов ядро урана ${}^{238}_{92}\text{U}$ превращается в ядро свинца ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Определите количество α -распадов и количество β -распадов в этой реакции.

Количество α -распадов	Количество β -распадов

20

Электрон в атоме водорода находится в основном (самом низком, с номером $n = 1$) энергетическом состоянии. Атом поглощает фотон с импульсом $6,45 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с. Найдите номер энергетического уровня, на который в результате этого перейдет электрон.

Ответ: _____.

21

Металлическую пластинку облучают светом, длина волны которого $0,5 \text{ мкм}$. Работа выхода электронов с поверхности этого металла равна $3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Длину волны света уменьшили на 20% . Определите, как в результате этого изменились энергия падающих на металл фотонов и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

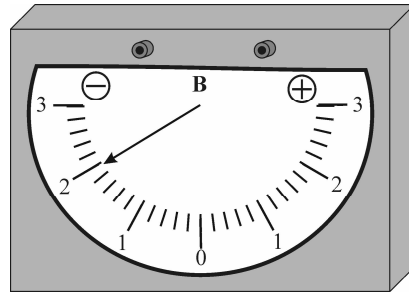
- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

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

Энергия падающих на металл фотонов	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

22

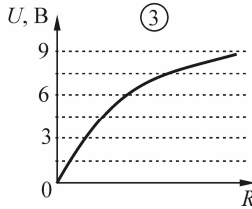
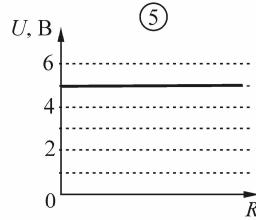
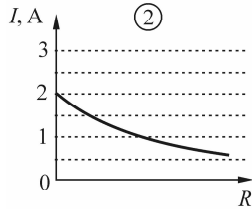
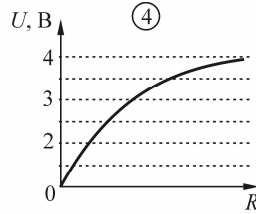
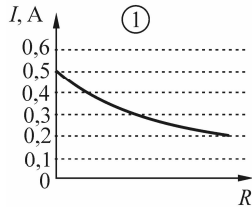
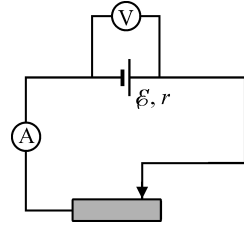
При различных измерениях часто используется прибор, который называется баллистическим гальванометром. При быстром протекании электрического заряда через этот прибор максимальное отклонение его стрелки от нулевого положения пропорционально протёкшему заряду. На рисунке показана шкала баллистического гальванометра в момент, когда отклонение стрелки от нулевого положения максимально. Зная, что коэффициент пропорциональности для этого гальванометра равен $2 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/В}$, определите модуль заряда, протёкшего через прибор. Погрешность прямого измерения при помощи данного баллистического гальванометра составляет половину цены его деления.



Ответ: _____ мКл.

23

Для электрической цепи, состоящей из источника постоянного напряжения, амперметра, вольтметра и реостата с переменным сопротивлением, получены зависимости силы тока I и напряжения U от сопротивления R реостата. ЭДС источника равна 5 В, его внутреннее сопротивление 10 Ом. Измерительные приборы настолько хорошие, что их можно считать идеальными. Определите, какие две зависимости правильно изображены на рисунке (масштабы по осям, вдоль которых отложены значения сопротивлений, могут быть разными). Запишите в таблицу выбранные номера установок.



Ответ:

--	--

24

Вокруг звезды Kepler-11 вращается 6 экзопланет. Характеристики их орбит даны в таблице.

Планета	Большая полуось (а. е.)	Эксцентриситет
b	0,091	0,045
c	0,107	0,026
d	0,155	0,004
e	0,195	0,012
f	0,250	0,013
g	0,466	0,15

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам орбит экзопланет, и укажите в ответе их номера.

- 1) Планеты f и g расположены дальше от своей звезды, чем Меркурий.
- 2) Орбита планеты e ближе к круговой, чем земная.
- 3) Двигаясь по своей вытянутой орбите, планета b может какое-то время находиться дальше от звезды, чем планета c.
- 4) Период обращения планеты f примерно в 2,75 раза больше, чем у планеты b.
- 5) Средние скорости планет e и c отличаются примерно в 1,3 раза.

Ответ:

--	--

Часть 2

Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

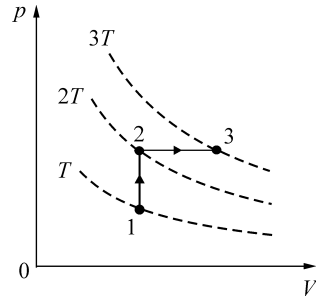
25

Из корзины воздушного шара, равномерно поднимающегося вверх с постоянной скоростью 1 м/с, запускают игрушечную ракету массой 1 кг. Ракета стартует, не имея начальной скорости относительно шара, и движется вертикально вниз при работающем двигателе, который развивает постоянную силу тяги, равную по модулю 2 Н. Через какое время после старта ракета врежется в землю, если в момент старта корзина находилась на высоте 57 м над землёй? Сопротивлением воздуха и изменением массы ракеты можно пренебречь. Ответ выразите в секундах и округлите до десятых долей.

Ответ: _____ с.

26

Два моля идеального одноатомного газа переводят из состояния 1 в состояние 2, а затем – в состояние 3 (см. рисунок). Пунктирными линиями на диаграмме показаны изотермы. Определите, чему равно отношение количества теплоты Q_{12} , полученного газом при переходе из состояния 1 в состояние 2, к количеству теплоты Q_{23} , полученному газом при переходе из состояния 2 в состояние 3.



Ответ: _____.

27

На горизонтальном полу лежит ящик массой 200 кг. Его начинают тянуть по полу с постоянной скоростью 1 м/с при помощи горизонтального троса, который наматывается на вал электрической лебёдки. Электродвигатель лебёдки питается от источника постоянного напряжения с ЭДС 110 В и внутренним сопротивлением 0,5 Ом. Через обмотку электродвигателя, имеющую сопротивление 3,5 Ом, при этом протекает ток силой 10 А. Пренебрегая трением в механизме лебёдки, найдите коэффициент трения ящика о пол.

Ответ: _____.

Для записи ответов на задания 28–32 используйте чистый лист бумаги. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

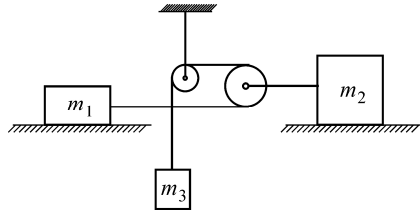
28

Каким образом зависит от температуры удельная теплота испарения жидкостей: увеличивается, остаётся неизменной или уменьшается с ростом температуры? Ответ поясните на основании известных явлений и закономерностей, касающихся поведения жидкостей и их паров в зависимости от температуры.

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

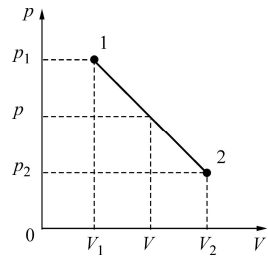
29

В системе, изображённой на рисунке, трения нет, блоки невесомы, нить невесома и нерастяжима, $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 2$ кг, $m_3 = 3$ кг. Найдите модуль и направление ускорения \vec{a}_3 груза массой m_3 .



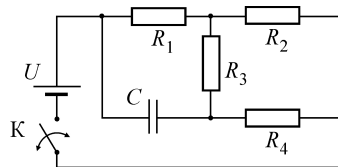
30

С некоторым количеством идеального газа проводят процесс 1–2, для которого график зависимости давления от объёма представляет собой на pV -диаграмме прямую линию (см. рисунок). Параметры начального и конечного состояний процесса: $p_1 = 3$ атм, $V_1 = 1$ л, $p_2 = 1$ атм, $V_2 = 4$ л. Какой объём V_m соответствует максимальной температуре газа в данном процессе?



31

Какой заряд установится на конденсаторе C ёмкостью 10 мкФ после замыкания ключа K в цепи, схема которой изображена на рисунке? Параметры цепи: $U = 10$ В, $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 1$ Ом, $R_4 = 3$ Ом. Внутреннее сопротивление батареи равно нулю.



32

Параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 600$ нм и концентрацией фотонов $n = 10^{14} \text{ м}^{-3}$ нормально падает на идеальное зеркало, равномерно освещая всю его поверхность, площадь которой равна $S = 1 \text{ м}^2$. Чему равен модуль силы F давления этого светового пучка на зеркало?

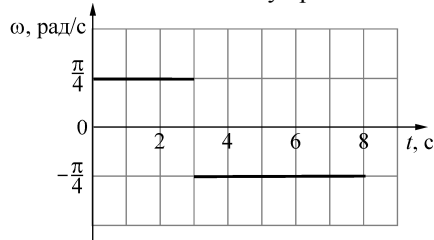
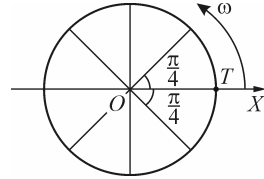
Вариант 2

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

Точечное тело T начинает двигаться по окружности с центром в точке O . В момент начала движения тело находилось в точке, лежащей на оси OX (как показано на рисунке). Используя представленный график зависимости угловой скорости ω вращения тела от времени t , определите, какой угол будет составлять отрезок OT с осью OX к моменту времени $t = 4$ с.



Ответ: _____ градусов.

2

Модуль ускорения свободного падения вблизи поверхности астероида равен $0,2 \text{ м/с}^2$. Чему будет равен модуль ускорения свободного падения вблизи поверхности другого астероида, объём которого в 8 раз меньше? Оба астероида однородные, сферические и состоят из железа.

Ответ: _____ м/с^2 .

3

Тележка движется по инерции по гладким горизонтальным рельсам со скоростью 4 м/с . На тележку вертикально сверху аккуратно опускают мешочек с песком. Масса мешочка в 3 раза больше массы тележки. Чему будет равен модуль скорости тележки с мешочком после того, как проскальзывание мешочка относительно тележки прекратится?

Ответ: _____ м/с .

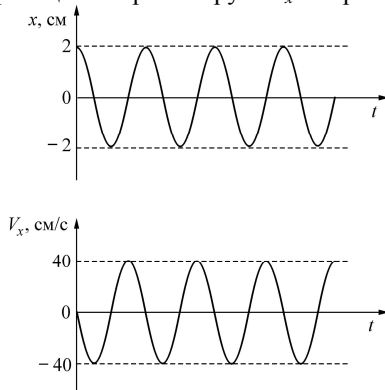
4

В сосуде с водой, не касаясь стенок и дна, плавает деревянный (сосновый) кубик с длиной ребра 20 см. Кубик вынимают из воды, заменяют половину его объёма на материал, плотность которого в 6 раз больше плотности древесины, и помещают получившийся составной кубик обратно в сосуд с водой. На сколько увеличится модуль силы Архимеда, действующей на кубик?

Ответ: _____ Н.

5

Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает вертикальные колебания. На рисунке изображены графики зависимости смещения груза x и проекции скорости груза V_x от времени t .



На основании анализа приведённых графиков выберите **два** верных утверждения и укажите в ответе их номера.

- 1) Круговая частота ω колебаний груза равна 20 рад/с.
- 2) Период колебаний груза равен $\frac{10}{\pi}$ с.
- 3) Максимальное ускорение груза равно по модулю 80 см/с².
- 4) Масса груза равна 1 кг.
- 5) Максимальная кинетическая энергия груза равна 40 мДж.

Ответ:

--	--

6

Камень бросили вертикально вверх с горизонтальной площадки. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. В некоторый момент времени t_1 в процессе полёта кинетическая энергия камня была равна 13 Дж. В момент времени $t_2 > t_1$ камень всё ещё находился в полёте, а его кинетическая энергия уменьшилась на 2 Дж. Определите, как изменились к моменту t_2 по сравнению с моментом t_1 высота подъёма камня над площадкой и модуль скорости камня.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

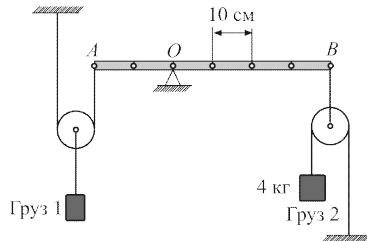
- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

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

Высота подъёма камня над площадкой	Модуль скорости камня

7

Лёгкая рейка может вращаться вокруг неподвижной горизонтальной оси, проходящей через точку O . Рейка уравновешена при помощи двух грузов, которые прикреплены к рейке лёгкими нитями, перекинутыми через идеальные блоки так, как показано на рисунке. Груз 2 имеет массу 4 кг.



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями в единицах СИ. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ЗНАЧЕНИЕ (В СИ)

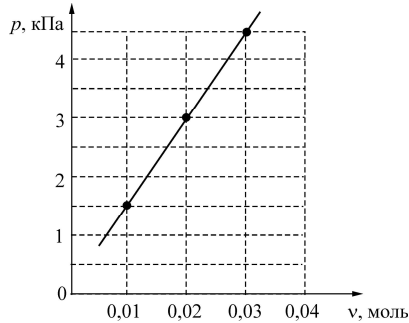
- | | |
|--|---------|
| А) масса груза 1 | 1) 10,5 |
| Б) модуль силы натяжения нити, прикреплённой в точке А | 2) 4 |
| | 3) 32 |
| | 4) 160 |

Ответ:

А	Б

8

В сосуде постоянного объёма 16,62 л находится идеальный газ при неизменной температуре. Через маленькое отверстие в стенке сосуда газ очень медленно выпускают наружу. На графике показана зависимость давления p газа в сосуде от количества ν газа в нём. Чему равна температура газа?



Ответ: _____ К.

9

Один моль идеального одноатомного газа, находящегося при температуре $+27^\circ\text{C}$, изохорически нагревают. Определите, во сколько раз изменится температура этого газа, если в этом процессе сообщить газу количество теплоты 11 218 Дж. Ответ округлите до целого числа.

Ответ: _____.

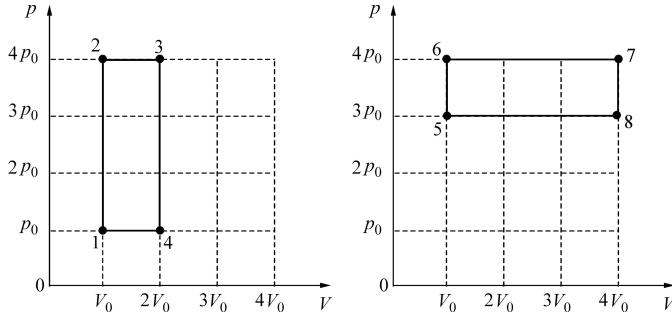
10

В сосуде объёмом 3 л при температуре $+70^\circ\text{C}$ находится смесь воздуха с водяными парами. Давление в сосуде равно 99,2 кПа, относительная влажность воздуха 50 %. Давление насыщенного водяного пара при данной температуре равно 31,1 кПа. Какое количество воздуха находится в сосуде? Ответ выразите в миллимолях и округлите до целого числа.

Ответ: _____ ммоль.

11

На pV -диаграммах изображены два циклических процесса 1–2–3–4–1 и 5–6–7–8–5, проводимые с одним и тем же количеством гелия.



На основании анализа приведённых графиков выберите **два** верных утверждения и укажите в ответе их номера.

- 1) Работа газа, совершённая за цикл 1–2–3–4–1, меньше, чем работа, совершённая за цикл 5–6–7–8–5.
- 2) Количество теплоты, полученное газом в изобарном процессе в цикле 1–2–3–4–1, меньше, чем количество теплоты, полученное газом в изобарном процессе в цикле 5–6–7–8–5.
- 3) Количество теплоты, полученное газом в изохорном процессе в цикле 1–2–3–4–1, меньше, чем количество теплоты, полученное газом в изохорном процессе в цикле 5–6–7–8–5.
- 4) Модуль количества теплоты, отданной газом в изобарном процессе в цикле 1–2–3–4–1, больше, чем модуль количества теплоты, отданной газом в изобарном процессе в цикле 5–6–7–8–5.
- 5) Модуль количества теплоты, отданной газом в изохорном процессе в цикле 1–2–3–4–1, больше, чем модуль количества теплоты, отданной газом в изохорном процессе в цикле 5–6–7–8–5.

Ответ:

--	--

12

Идеальная тепловая машина работает с использованием цикла Карно. Температуру холодильника машины понижают, при этом температура нагревателя и количество теплоты, которое рабочее тело получает от нагревателя за один цикл, остаются неизменными. Как изменяются в результате этого КПД тепловой машины и совершаемая машиной за один цикл работа?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

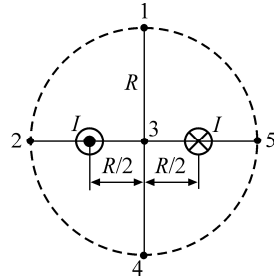
- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

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

КПД тепловой машины	Работа, совершаемая машиной за один цикл

13

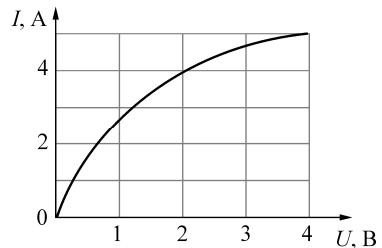
По двум параллельным тонким длинным проводам, расстояние между которыми равно R , текут одинаковые, но противоположно направленные токи силой I (см. рисунок, вид вдоль проводов). Пунктирной линией изображена окружность радиусом R с центром в точке 3, которая находится на одинаковом расстоянии от обоих проводов. Укажите номер точки (1, 3, 4, 5), в которой вектор магнитной индукции суммарного магнитного поля имеет такие же модуль и направление, как и в точке 2.



Ответ: _____.

14

На графике показана экспериментально полученная зависимость силы тока I , текущего через лампу накаливания, от напряжения U на лампе. Такую лампу подключили к источнику постоянного напряжения 2 В. Какую работу совершит электрический ток в нити накаливания лампы за 5 секунд?



Ответ: _____ Дж.

15

Какая энергия запасена в катушке индуктивностью 0,1 Гн, если поток, пронизывающий витки её обмотки, равен 0,6 Вб?

Ответ: _____ Дж.

16

Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки, индуктивность которой можно изменять. В таблице представлены результаты измерения зависимости периода T свободных электромагнитных колебаний в контуре от индуктивности L катушки. Выберите два верных утверждения на основании данных, приведённых в таблице, и укажите в ответе их номера.

L , мГн	1	4	9	16	25
T , мкс	125,6	251,2	376,8	502,4	628

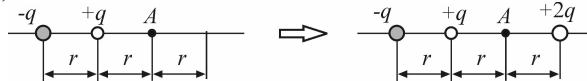
- 1) Ёмкость конденсатора во всех проведённых измерениях была различной.
- 2) Частота свободных электромагнитных колебаний в контуре увеличивается с ростом индуктивности катушки.
- 3) Ёмкость конденсатора во всех проведённых измерениях была равна 0,4 мкФ.
- 4) Ёмкость конденсатора во всех проведённых измерениях была равна 400 Ф.
- 5) При индуктивности катушки 25 мГн энергия конденсатора достигает своего максимального значения примерно 3185 раз за каждую секунду.

Ответ:

--	--

17

Два точечных заряда $+q$ и $-q$ расположены на одной прямой на расстоянии r друг от друга. На расстоянии $2r$ от положительного заряда и $3r$ от отрицательного заряда на этой же прямой располагают третий заряд $+2q$ (см. рисунок).



Определите, как изменятся модуль напряжённости электрического поля в точке A и потенциал точки A .

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Модуль напряжённости электрического поля в точке A	Потенциал точки A

18

В плоском проволочном витке индуктивностью L протекает электрический ток. Сила этого тока равномерно уменьшается от значения I_1 в момент времени t_1 до значения I_2 в момент времени t_2 .

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в витке в момент времени $\frac{t_1 + t_2}{2}$

1) $\frac{L(I_1 - I_2)}{(t_2 - t_1)}$

Б) поток вектора магнитной индукции через плоскость витка в момент времени t_1

2) LI_1
3) $\frac{2L(I_1 - I_2)}{(t_1 + t_2)}$

4) LI_2

Ответ:

А	Б

19

В результате нескольких α - и β -распадов ядро урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ превращается в ядро свинца ${}_{82}^{210}\text{Pb}$. Определите количество α -распадов и количество β -распадов в этой реакции.

Количество α -распадов	Количество β -распадов

20

Электрон в атоме водорода находится в основном (самом низком, с номером $n = 1$) энергетическом состоянии. Атом поглощает фотон с импульсом $6,8 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с. Найдите номер энергетического уровня, на который в результате этого перейдет электрон.

Ответ: _____.

21

Металлическую пластинку облучают светом, частота которого $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Работа выхода электронов с поверхности этого металла равна $3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Частоту света уменьшили на 20 %. Определите, как в результате этого изменились энергия падающих на металл фотонов и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

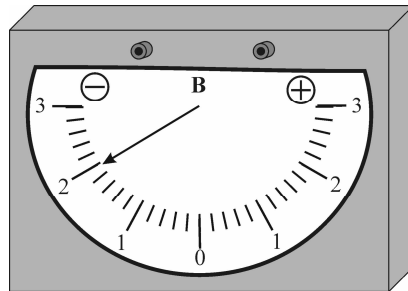
- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

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

Энергия падающих на металл фотонов	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

22

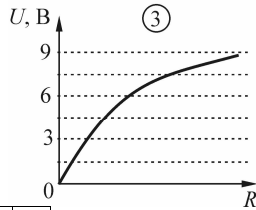
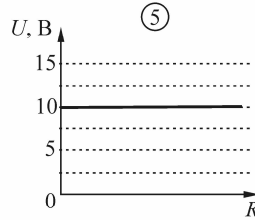
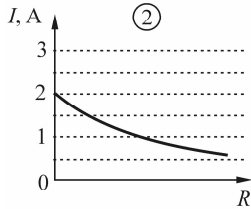
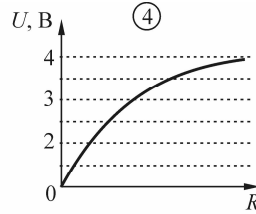
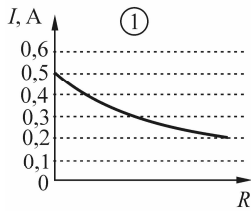
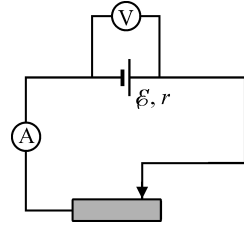
При различных измерениях часто используется прибор, который называется баллистическим гальванометром. При быстром протекании электрического заряда через этот прибор максимальное отклонение его стрелки от нулевого положения пропорционально протёкшему заряду. На рисунке показана шкала баллистического гальванометра в момент, когда отклонение стрелки от нулевого положения максимально. Зная, что коэффициент пропорциональности для этого гальванометра равен $3 \cdot 10^{-4}$ Кл/В, определите модуль заряда, протёкшего через прибор. Погрешность прямого измерения при помощи данного баллистического гальванометра составляет половину цены его деления.



Ответ: _____ мкКл.

23

Для электрической цепи, состоящей из источника постоянного напряжения, амперметра, вольтметра и реостата с переменным сопротивлением, получены зависимости силы тока I и напряжения U от сопротивления R реостата. ЭДС источника равна 10 В, его внутреннее сопротивление 5 Ом. Измерительные приборы настолько хорошие, что их можно считать идеальными. Определите, какие две зависимости правильно изображены на рисунке (масштабы по осям, вдоль которых отложены значения сопротивлений, могут быть разными). Запишите в таблицу выбранные номера установок.



Ответ:

--	--

24

Предположим, что вместо Солнца в Солнечной системе появилась чёрная дыра такой же массы.

Выберите **два** утверждения, которые являются верными следствиями данного предположения, и укажите в ответе их номера.

- 1) Все или часть планет улетят из Солнечной системы.
- 2) Все планеты продолжат двигаться по своим орбитам без изменений.
- 3) Все или часть планет будут поглощены чёрной дырой.
- 4) На земном небе планеты перестанут быть яркими светилами.
- 5) Планеты будут двигаться по тем же орбитам, но с большей скоростью.

Ответ:

--	--

Часть 2

Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

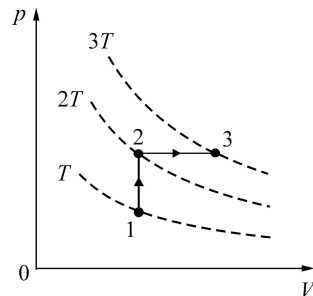
25

Из корзины воздушного шара, равномерно поднимающегося вверх с постоянной скоростью 2 м/с, запускают игрушечную ракету массой 1 кг. Ракета стартует, не имея начальной скорости относительно шара, и движется вертикально вниз при работающем двигателе, который развивает постоянную силу тяги, равную по модулю 2 Н. Через какое время после старта ракета врежется в землю, если в момент старта корзина находилась на высоте 60 м над землёй? Сопротивлением воздуха и изменением массы ракеты можно пренебречь. Ответ выразите в секундах и округлите до десятых долей.

Ответ: _____ с.

26

Два моля идеального одноатомного газа переводят из состояния 1 в состояние 2, а затем – в состояние 3 (см. рисунок). Пунктирными линиями на диаграмме показаны изотермы. Определите, чему равно отношение количества теплоты Q_{12} , полученного газом при переходе из состояния 1 в состояние 2, к работе A_{23} , совершённой газом при переходе из состояния 2 в состояние 3.



Ответ: _____.

27

На горизонтальном полу лежит ящик массой 270 кг. Его начинают тянуть по полу с постоянной скоростью 1 м/с при помощи горизонтального троса, который наматывается на вал электрической лебёдки. Электродвигатель лебёдки питается от источника постоянного напряжения с ЭДС 150 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. Через обмотку электродвигателя, имеющую сопротивление 4 Ом, при этом протекает ток силой 12 А. Пренебрегая трением в механизме лебёдки, найдите коэффициент трения ящика о пол.

Ответ: _____.

Для записи ответов на задания 28–32 используйте чистый лист бумаги. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

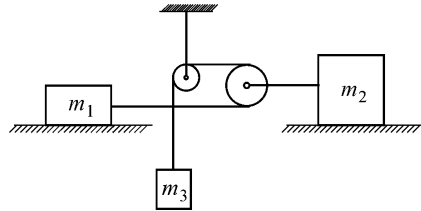
28

Каким образом зависит от температуры удельная теплота испарения жидкостей: увеличивается, остаётся неизменной или уменьшается при понижении температуры? Ответ поясните на основании известных явлений и закономерностей, касающихся поведения жидкостей и их паров в зависимости от температуры.

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

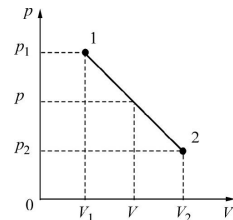
29

В системе, изображённой на рисунке, трения нет, блоки невесомы, нить невесома и нерастяжима, $m_1 = 2$ кг, $m_2 = 4$ кг, $m_3 = 1$ кг. Найдите модуль и направление ускорения \vec{a}_3 груза массой m_3 .



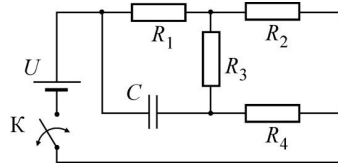
30

С некоторым количеством идеального газа проводят процесс 1–2, для которого график зависимости давления от объёма представляет собой на pV -диаграмме прямую линию (см. рисунок). Параметры начального и конечного состояний процесса: $p_1 = 4$ атм, $V_1 = 1,5$ л, $p_2 = 1,3$ атм, $V_2 = 4,5$ л. Какой объём V_m соответствует максимальной температуре газа в данном процессе?



31

Какой заряд установится на конденсаторе C ёмкостью 1 мкФ после замыкания ключа K в цепи, схема которой изображена на рисунке? Параметры цепи: $U = 12 \text{ В}$, $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 1 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$. Внутреннее сопротивление батареи равно нулю.



32

Параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 500 \text{ нм}$ и концентрацией фотонов $n = 10^{13} \text{ м}^{-3}$ нормально падает на идеальное зеркало, равномерно освещая всю его поверхность, площадь которой равна $S = 0,25 \text{ м}^2$. Чему равен модуль силы F давления этого светового пучка на зеркало?

Вариант 3

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 Катер плывёт по прямой реке, двигаясь относительно берега перпендикулярно береговой линии. Модуль скорости катера относительно берега равен 6 км/ч. Река течёт со скоростью 4,5 км/ч. Чему равен модуль скорости катера относительно воды?

Ответ: _____ км/ч.

- 2 Сила гравитационного взаимодействия небольших тел массами m и M , находящихся на расстоянии $R_1 = 100$ км друг от друга, равна по модулю F . Сила гравитационного взаимодействия небольших тел массами $2m$ и M , находящихся на расстоянии R_2 друг от друга, равна по модулю $50F$. На какую величину отличаются расстояния R_1 и R_2 ?

Ответ: _____ км.

- 3 Изначально покоившееся тело массой 2 кг начинает соскальзывать с наклонной плоскости. За некоторый промежуток времени сила тяжести совершает над телом механическую работу 10 Дж, при этом выделяется количество теплоты 1 Дж. Определите модуль импульса, который в результате этого приобретает тело.

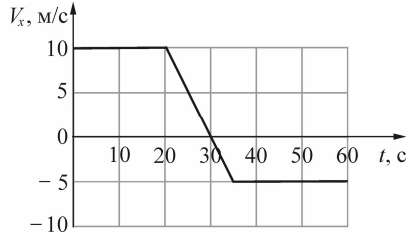
Ответ: _____ кг м/с.

- 4 Гидравлический пресс изготовлен с использованием двух вертикальных цилиндрических сообщающихся сосудов, заполненных жидкостью и закрытых лёгкими поршнями. Если на малый поршень этого пресса положить груз массой 40 кг, удерживая больший поршень неподвижным, то сила давления жидкости на больший поршень будет равна по модулю 900 Н. Во сколько раз радиус большего поршня пресса превосходит радиус меньшего поршня?

Ответ: _____ раз(а).

5

Небольшое тело движется вдоль оси OX . На рисунке показан график зависимости проекции скорости V_x этого тела на указанную ось от времени t . Выберите **два** верных утверждения на основании анализа графика.



- 1) За первые 30 секунд движения тело проходит такой же путь, как и за последние 30 секунд движения.
- 2) В интервале времени от $t = 20$ с до $t = 35$ с тело движется равномерно.
- 3) В момент времени $t = 30$ с тело останавливается.
- 4) Тело оказывается на максимальном расстоянии от своего начального положения через 60 секунд после начала движения.
- 5) В моменты времени $t = 23$ с и $t = 33$ с тело имеет одинаковое ускорение.

Ответ:

--	--

6

Тело бросили с горизонтальной площадки под углом 30° к горизонту с начальной скоростью 20 м/с. Затем бросок повторили, сообщив телу ту же по модулю начальную скорость, но увеличив угол её наклона к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, как при втором броске по сравнению с первым изменятся следующие физические величины: отношение максимальной высоты подъёма тела к дальности его полёта; кинетическая энергия тела в высшей точке траектории.

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.

Отношение максимальной высоты подъёма тела к дальности его полёта	Кинетическая энергия тела в высшей точке траектории

7

Тело массой m и объёмом V плавает, частично погрузившись в жидкость плотностью ρ .

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) модуль действующей на тело силы Архимеда

1) $\rho g V$

Б) объём погружённой части тела

2) $\frac{mg}{V}$

3) mg

4) m/ρ

Ответ:

А	Б

8

В закрытом сосуде с жёсткими стенками содержится идеальный газ при температуре 27°C . Температуру газа повысили до 87°C . Во сколько раз изменилось давление этого газа? Ответ округлите до десятых долей.

Ответ: _____ раз(а).

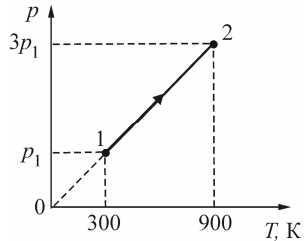
9

Давление постоянного количества идеального газа возрастает с ростом объёма по линейному закону от значения 10^5 Па до значения $3 \cdot 10^5$ Па. Объём газа при этом увеличивается от $0,5 \text{ м}^3$ до $2,5 \text{ м}^3$. Какую работу совершает газ в этом процессе?

Ответ: _____ кДж.

10

Пять молей идеального одноатомного газа совершают процесс, график которого изображён на рисунке. Определите, какое количество теплоты было передано газу в этом процессе. Ответ выразите в кДж и округлите до десятых долей.



Ответ: _____ кДж.

11

В таблице приведена зависимость КПД η идеального цикла Карно от температуры T_x его холодильника. Температура нагревателя поддерживается постоянной. На основании анализа этой таблицы выберите **два** верных утверждения, и укажите в ответе их номера.

$T_x, \text{ K}$	300	400	500	600	700	800	900
$\eta, \%$	70	60	50	40	30	20	10

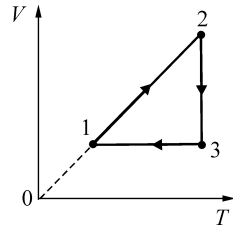
- 1) КПД цикла возрастает при увеличении температуры холодильника.
- 2) Температура нагревателя равна 1000 К.
- 3) Температура нагревателя равна 500 К.
- 4) При температуре холодильника 0°C данный цикл будет иметь КПД 100 %.
- 5) При температуре холодильника 650 К данный цикл будет иметь КПД 35 %.

Ответ:

--	--

12

На рисунке изображён график циклического процесса, совершаемого одним моле идеального одноатомного газа. Определите, как в процессе перехода газа из состояния 1 в состояние 2 изменяются следующие физические величины: давление газа, внутренняя энергия газа.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

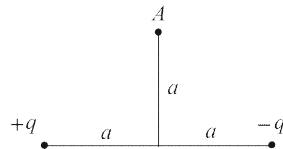
- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

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

Давление газа	Внутренняя энергия газа

13

На расстоянии $2a$ друг от друга закреплены два точечных электрических заряда $+q$ и $-q$ так, как показано на рисунке. Как направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор напряжённости электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке A ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: _____.

14

Напряжённость поля между пластинами плоского воздушного конденсатора равна по модулю 50 В/м, расстояние между пластинами 12 мм, заряд конденсатора 15 мкКл. Определите ёмкость этого конденсатора.

Ответ: _____ мкФ.

15

В однородном магнитном поле с индукцией 40 мТл находится плоский контур в виде кольца радиусом 5 см, изготовленный из тонкой проволоки. Сначала контур располагается так, что линии индукции магнитного поля перпендикулярны плоскости кольца. Затем кольцо поворачивают вокруг его диаметра на угол 120° . Найдите модуль изменения потока вектора магнитной индукции через кольцо при таком повороте. Ответ выразите в мкВб и округлите до целого числа.

Ответ: _____ мкВб.

16

Дифракционная решётка, имеющая 1000 штрихов на 1 мм своей длины, освещается параллельным пучком монохроматического света с длиной волны 420 нм. Свет падает перпендикулярно решётке. Вплотную к дифракционной решётке, сразу за ней, расположена тонкая собирающая линза. За решёткой на расстоянии, равном фокусному расстоянию линзы, параллельно решётке расположен экран, на котором наблюдается дифракционная картина. Выберите **два** верных утверждения, и укажите в ответе их номера.

- 1) Максимальный порядок наблюдаемых дифракционных максимумов равен 2.
- 2) Если увеличить длину волны падающего света, то максимальный порядок наблюдаемых дифракционных максимумов увеличится.
- 3) Если уменьшить длину волны падающего света, то расстояние на экране между нулевым и первым дифракционными максимумами увеличится.
- 4) Если заменить линзу на другую, с большим фокусным расстоянием, и расположить экран так, чтобы расстояние от линзы до экрана по-прежнему было равно фокусному расстоянию линзы, то расстояние на экране между нулевым и первым дифракционными максимумами не изменится.
- 5) Если заменить дифракционную решётку на другую, с большим периодом, то угол, под которым наблюдается со стороны экрана первый дифракционный максимум, уменьшится.

Ответ:

--	--

17

Сопротивление участка электрической цепи постоянного тока увеличили, оставив напряжение неизменным. Как в результате этого изменились сила тока, текущего через участок цепи, и выделяющаяся в участке цепи тепловая мощность?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Сила тока, текущего через участок цепи	Тепловая мощность, выделяющаяся в участке цепи

18

Работа выхода электрона для некоторого металла равна 2,5 эВ. Пластика из этого металла облучается светом с частотой $8 \cdot 10^{14}$ Гц.

Установите соответствие между физическими величинами и их численными значениями, выраженными в СИ. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ЗНАЧЕНИЯ В СИ

- | | |
|---|--------------------------|
| А) красная граница фотоэффекта $\lambda_{кр}$ | 1) $4 \cdot 10^{-19}$ |
| Б) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов | 2) $4,95 \cdot 10^{-7}$ |
| | 3) 0,81 |
| | 4) $1,28 \cdot 10^{-19}$ |

Ответ:

А	Б

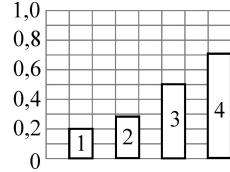
19

В результате серии радиоактивных распадов ядро тория ${}_{90}^{234}\text{Th}$ превращается в ядро радия ${}_{88}^{226}\text{Ra}$. На сколько отличается количество протонов и нейтронов в этих ядрах тория и радия?

Разность числа протонов	Разность числа нейтронов

20

Какой цифрой обозначен на диаграмме столбик, соответствующий доле атомов радиоактивного изотопа, распавшихся по прошествии интервала времени, равного половине периода полураспада?



Ответ: _____.

21

Электрон в атоме водорода перешёл с низкой стационарной орбиты (с меньшим номером n) на более высокую стационарную орбиту (с большим номером n). Как в результате этого изменились модуль силы электрического взаимодействия электрона с ядром и полная энергия электрона?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

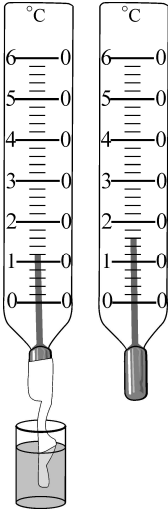
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль силы электрического взаимодействия электрона с ядром	Полная энергия электрона

22

Используя данные рисунка (показания влажного и сухого термометров) и психрометрическую таблицу, определите температуру и относительную влажность воздуха в помещении, где установлены данные термометры (запишите два числа подряд, не разделяя их знаками; сначала укажите температуру).

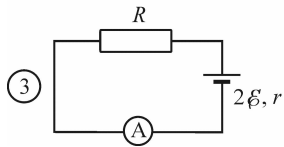
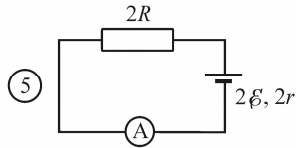
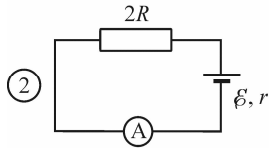
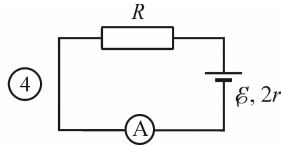
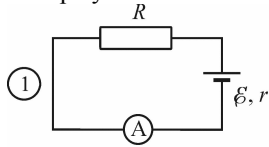


Температура сухого термометра, °C	Разность показаний сухого и влажного термометров, °C			
	3	4	5	6
15	71	61	52	44
16	71	62	54	45
17	72	64	55	47
18	73	64	56	48
19	74	65	58	50
20	74	66	59	51
21	75	67	60	52
22	76	68	61	54
23	76	69	61	55
24	77	69	62	56
25	77	70	63	57

Ответ: _____.

23

Необходимо экспериментально изучить зависимость силы электрического тока, текущего в неразветвлённой цепи, от сопротивления резистора, входящего в состав этой цепи. Какие две схемы электрической цепи следует использовать для проведения такого исследования? Запишите в таблицу выбранные номера установок.



Ответ:

--	--

24

Даны элементы орбит некоторых астероидов.

№	Название	Большая полуось, а. е.	Эксцентриситет	Наклонение орбиты, °
1	1999 XS35	18	0,95	19
2	2004 YN32	8,2	0,56	79
3	Диоретса	24	0,9	160
4	Атира	0,74	0,32	26
5	Флора	2,2	0,16	5,9
6	Гектор	5,2	0,022	18
7	Иксион	40	0,24	20

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют приведённым астероидам, и укажите в ответе их номера.

- 1) Астероид 2004 YN32 принадлежит поясу Койпера.
- 2) В этом списке только у одного астероида период обращения вокруг Солнца больше 100 лет.
- 3) Атира ближе всех подходит к Солнцу.
- 4) Астероид 1999 XS35 выше всех поднимается над плоскостью эклиптики.
- 5) Диоретса обращается вокруг Солнца по ретроградной орбите (в сторону, противоположную движению Земли).

Ответ:

--	--

Часть 2

Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

Камень массой 40 г брошен под углом 60° к горизонту. Начальная кинетическая энергия камня равна 2 Дж. Чему равен модуль импульса камня в верхней точке траектории его движения? Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Ответ: _____ кг м/с.

26

Один литр жидкого неона находится при температуре своего кипения -246°C . Какое количество теплоты нужно сообщить этому количеству неона, для того чтобы при постоянном давлении перевести его в газ, имеющий температуру 0°C ? Плотность жидкого неона 1200 кг/м^3 , его удельная теплота испарения 164 кДж/кг . Ответ выразите в кДж и округлите до целого числа.

Ответ: _____ кДж.

27

Два когерентных источника света располагаются на некотором расстоянии друг от друга. На соединяющем источники отрезке на расстоянии $0,625 \text{ мкм}$ от его середины находится точка, для которой разность фаз между исходящими из источников волнами равна 5π . Чему равны длины волн, излучаемых каждым из источников?

Ответ: _____ нм.

Для записи ответов на задания 28–32 используйте чистый лист бумаги. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

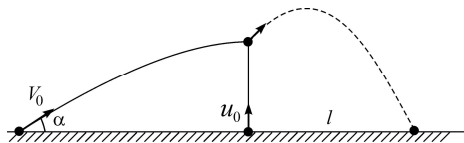
28

Капитан парусного корабля в открытом море не обнаружил в пределах видимости (до горизонта) ни одного клочка земли. Тогда он послал юнгу оглядеться с самого верха грот-мачты, который находился над уровнем моря в 4 раза выше, чем капитанский мостик. Во сколько раз при этом увеличилась площадь поверхности моря, которую можно было обозревать? Считайте, что радиус Земли гораздо больше высоты мачты.

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

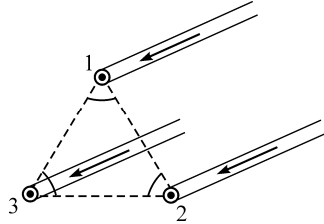
29

Небольшое тело бросили под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонтальной плоскости с начальной скоростью $V_0 = 40 \text{ м/с}$. В верхней точке траектории в него попало другое тело такой же массы, брошенное с той же плоскости вертикально вверх с начальной скоростью $u_0 = 25 \text{ м/с}$, и оба тела в результате абсолютно неупругого удара слиплись и полетели дальше вместе (см. рисунок). На каком расстоянии l от места броска второго тела слипшиеся тела упадут на горизонтальную плоскость? Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Ответ выразите в метрах и округлите до целого числа.



30 Морозильная камера установлена на кухне, где температура равна $t_1 = +20^\circ\text{C}$, и потребляет в течение длительного времени среднюю мощность $P = 70$ Вт, обеспечивая внутреннюю температуру $t_2 = -18^\circ\text{C}$. Оцените мощность подвода теплоты в камеру из окружающей среды, считая, что морозильник работает по обратному циклу Карно (то есть за счёт совершаемой двигателем работы забирает теплоту от содержимого камеры и «перекачивает» её в окружающую среду).

31 Три параллельных тонких длинных провода в сечении перпендикулярной им плоскостью находятся в вершинах равностороннего треугольника (см. рисунок), и по ним текут в одном направлении одинаковые токи. Во сколько раз изменится по модулю сила Ампера, действующая на единицу длины провода № 1 со стороны проводов № 2 и № 3, если направление тока в проводе № 2 изменить на противоположное?



32 «Просветлением оптики» называется уменьшение отражения света от преломляющих поверхностей оптических систем, например от объектива фотоаппарата. Для этого на поверхность объектива наносят тонкую плёнку с показателем преломления, отличающимся от показателя преломления n стекла объектива, и подбирают её толщину определённым образом. Какую минимальную толщину d должна иметь эта плёнка, для того чтобы максимально погасить отражение света в наиболее чувствительной для глаза человека жёлто-зелёной части спектра, при длине волны в воздухе $\lambda = 560$ нм, если показатель преломления плёнки при этой длине волны равен $n_{пл} = 1,4$? Какой оттенок цвета при этом имеют «просветлённые» объективы? Падение света на объектив можно считать практически нормальным.

Вариант 4

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 Катер плывёт по прямой реке, двигаясь относительно берега перпендикулярно береговой линии. Модуль скорости катера относительно берега равен 4,8 км/ч. Река течёт со скоростью 3,6 км/ч. Чему равен модуль скорости катера относительно воды?

Ответ: _____ км/ч.

- 2 Сила гравитационного взаимодействия небольших тел массами m и M , находящихся на расстоянии $R_1 = 100$ км друг от друга, равна по модулю F . Сила гравитационного взаимодействия небольших тел массами $2m$ и M , находящихся на расстоянии R_2 друг от друга, равна по модулю $\frac{F}{50}$. На какую величину отличаются расстояния R_1 и R_2 ?

Ответ: _____ км.

- 3 Изначально покоившемуся телу массой 2,5 кг сообщают начальную скорость, вектор которой направлен вверх вдоль наклонной плоскости. К моменту остановки тела его потенциальная энергия в поле силы тяжести увеличивается на 15 Дж относительно начального положения, при этом выделяется количество теплоты 5 Дж. Определите модуль начального импульса тела.

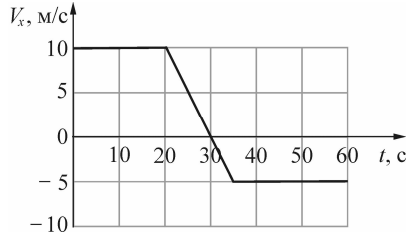
Ответ: _____ кг м/с.

- 4 Гидравлический пресс изготовлен с использованием двух вертикальных цилиндрических сообщающихся сосудов, заполненных жидкостью и закрытых лёгкими поршнями. Радиус большего поршня этого пресса превосходит радиус меньшего поршня в 5 раз. На малый поршень положили груз массой 20 кг, удерживая больший поршень неподвижным. Определите модуль силы давления жидкости на больший поршень.

Ответ: _____ Н.

5

Небольшое тело движется вдоль оси OX . На рисунке показан график зависимости проекции скорости V_x этого тела на указанную ось от времени t . Выберите два верных утверждения на основании анализа графика.



- 1) За первые 10 секунд движения тело проходит такой же путь, как и за последние 20 секунд движения.
- 2) В интервале времени от $t = 0$ с до $t = 20$ с тело покоится.
- 3) Тело всё время движется в одном направлении.
- 4) Тело оказывается на максимальном расстоянии от своего начального положения через 30 секунд после начала движения.
- 5) В моменты времени $t = 10$ с и $t = 50$ с тело имеет разные ускорения.

Ответ:

--	--

6

Тело бросили с горизонтальной площадки под углом 30° к горизонту с начальной скоростью 20 м/с. Затем бросок повторили, сообщив телу ту же по модулю начальную скорость, но увеличив угол её наклона к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, как при втором броске по сравнению с первым изменятся следующие физические величины: модуль импульса тела в высшей точке траектории; потенциальная энергия тела в высшей точке траектории.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Модуль импульса тела в высшей точке траектории	Потенциальная энергия тела в высшей точке траектории

7

Тело массой m и объёмом V лежит на дне сосуда, полностью погрузившись в жидкость плотностью ρ . Жидкость окружает всё тело.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) модуль действующей на тело силы Архимеда

1) $\rho g V$

Б) плотность тела

2) $\frac{m}{V}$

3) mg

4) ρ

Ответ:

А	Б

8

В закрытом сосуде с жёсткими стенками содержится идеальный газ при температуре 27°C . Температуру газа повысили до 147°C . Во сколько раз изменилось давление этого газа? Ответ округлите до десятых долей.

Ответ: _____ раз(а).

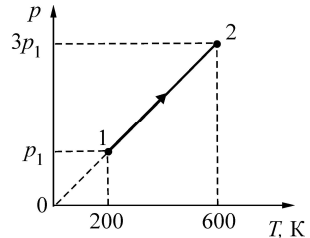
9

Давление постоянного количества идеального газа падает с уменьшением объёма по линейному закону от значения $4 \cdot 10^5$ Па до значения $2 \cdot 10^5$ Па. Объём газа при этом уменьшается от $3,5 \text{ м}^3$ до $1,5 \text{ м}^3$. Найдите работу, совершённую над газом внешними силами.

Ответ: _____ кДж.

10

Два моля идеального одноатомного газа совершают процесс, график которого изображён на рисунке. Определите, какое количество теплоты было передано газу в этом процессе. Ответ выразите в кДж и округлите до целого числа.



Ответ: _____ кДж.

11

В таблице приведена зависимость КПД η идеального цикла Карно от температуры T_x его холодильника. Температура нагревателя поддерживается постоянной. На основании анализа этой таблицы выберите два верных утверждения, и укажите в ответе их номера.

T_x, K	200	250	300	350	400	450
$\eta, \%$	60	50	40	30	20	10

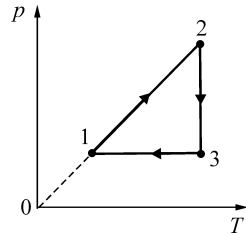
- 1) КПД цикла убывает при уменьшении температуры холодильника.
- 2) Температура нагревателя равна 1000 К.
- 3) Температура нагревателя равна 500 К.
- 4) При температуре холодильника 0°C данный цикл будет иметь КПД 100 %.
- 5) При температуре холодильника 150 К данный цикл будет иметь КПД 70 %.

Ответ:

--	--

12

На рисунке изображён график циклического процесса, совершаемого одним молем идеального одноатомного газа. Определите, как в процессе перехода газа из состояния 3 в состояние 1 изменяются следующие физические величины: объём газа, внутренняя энергия газа.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

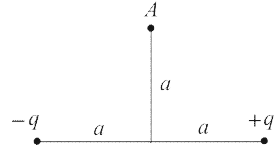
- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

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

Объём газа	Внутренняя энергия газа

13

На расстоянии $2a$ друг от друга закреплены два точечных электрических заряда $-q$ и $+q$ так, как показано на рисунке. Как направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор напряжённости электрического поля, создаваемого этими зарядами в точке A ?
 Ответ запишите словом (словами).



Ответ: _____.

14

Напряжённость поля между пластинами плоского воздушного конденсатора равна по модулю 25 В/м , расстояние между пластинами 15 мм , ёмкость конденсатора 12 мкФ . Определите заряд этого конденсатора. Ответ выразите в мкКл и округлите до десятых.

Ответ: _____ мкКл.

15

В однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл находится плоский контур в виде кольца радиусом 8 см , изготовленный из тонкой проволоки. Сначала контур располагается так, что линии индукции магнитного поля перпендикулярны плоскости кольца. Затем кольцо поворачивают вокруг его диаметра на угол 135° . Найдите модуль изменения потока вектора магнитной индукции через кольцо при таком повороте. Ответ выразите в мкВб и округлите до целого числа.

Ответ: _____ мкВб.

16

Дифракционная решётка, имеющая 1000 штрихов на 1 мм своей длины, освещается параллельным пучком монохроматического света с длиной волны 420 нм. Свет падает перпендикулярно решётке. Вплотную к дифракционной решётке, сразу за ней, расположена тонкая собирающая линза. За решёткой на расстоянии, равном фокусному расстоянию линзы, параллельно решётке расположен экран, на котором наблюдается дифракционная картина. Выберите два верных утверждения, и укажите в ответе их номера.

- 1) Максимальный порядок наблюдаемых дифракционных максимумов равен 3.
- 2) Если увеличить длину волны падающего света, то максимальный порядок наблюдаемых дифракционных максимумов уменьшится.
- 3) Если уменьшить длину волны падающего света, то расстояние на экране между нулевым и первым дифракционными максимумами уменьшится.
- 4) Если заменить линзу на другую, с бóльшим фокусным расстоянием, и расположить экран так, чтобы расстояние от линзы до экрана по-прежнему было равно фокусному расстоянию линзы, то расстояние на экране между нулевым и первым дифракционными максимумами уменьшится.
- 5) Если заменить дифракционную решётку на другую, с бóльшим периодом, то угол, под которым наблюдается первый дифракционный максимум, увеличится.

Ответ:

--	--

17

Сопротивление участка электрической цепи постоянного тока уменьшили, оставив напряжение неизменным. Как в результате этого изменились сила тока, текущего через участок цепи, и выделяющаяся в участке цепи тепловая мощность?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Сила тока, текущего через участок цепи	Тепловая мощность, выделяющаяся в участке цепи

18

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из металлической пластинки при её освещении монохроматическим светом, равна 0,8 эВ. Красная граница фотоэффекта для этого металла 495 нм. Установите соответствие между физическими величинами и их численными значениями, выраженными в СИ. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) работа выхода металла
 Б) энергия фотона в световом потоке, падающем на пластинку

ИХ ЗНАЧЕНИЯ В СИ

- 1) $4 \cdot 10^{-19}$
 2) $4,95 \cdot 10^{-7}$
 3) $5,28 \cdot 10^{-19}$
 4) $1,28 \cdot 10^{-19}$

Ответ:

А	Б

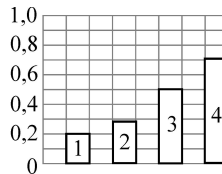
19

В результате серии радиоактивных распадов ядро урана ${}_{92}^{234}\text{U}$ превращается в ядро радона ${}_{86}^{222}\text{Rn}$. На сколько отличается количество протонов и нейтронов в этих ядрах урана и радона?

Разность числа протонов	Разность числа нейтронов

20

Какой цифрой обозначен на диаграмме столбик, соответствующий доле атомов радиоактивного изотопа, которые не претерпели радиоактивный распад по прошествии интервала времени, равного половине периода полураспада?



Ответ: _____.

21

Электрон в атоме водорода перешёл с высокой стационарной орбиты (с большим номером n) на более низкую стационарную орбиту (с меньшим номером n). Как в результате этого изменились модуль силы электрического взаимодействия электрона с ядром и полная энергия электрона?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

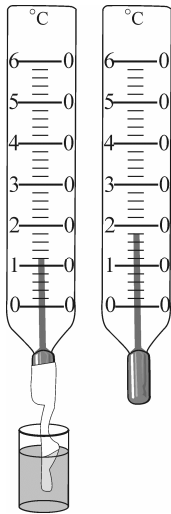
- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

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

Модуль силы электрического взаимодействия электрона с ядром	Полная энергия электрона

22

Используя данные рисунка (показания влажного и сухого термометров) и психрометрическую таблицу, определите температуру и относительную влажность воздуха в помещении, где установлены данные термометры (запишите два числа подряд, не разделяя их знаками; сначала укажите температуру).

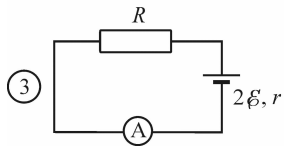
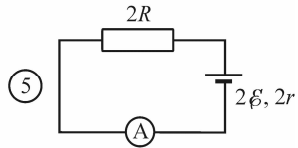
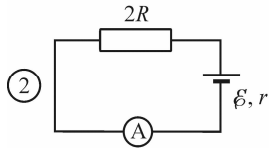
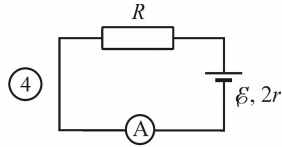
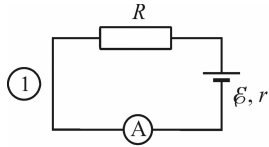


Температура сухого термометра, °C	Разность показаний сухого и влажного термометров, °C			
	3	4	5	6
15	71	61	52	44
16	71	62	54	45
17	72	64	55	47
18	73	64	56	48
19	74	65	58	50
20	74	66	59	51
21	75	67	60	52
22	76	68	61	54
23	76	69	61	55
24	77	69	62	56
25	77	70	63	57

Ответ: _____.

23

Необходимо экспериментально изучить зависимость силы электрического тока, текущего в неразветвлённой цепи, от ЭДС батареи, входящей в состав этой цепи. Какие две схемы электрической цепи следует использовать для проведения такого исследования? Запишите в таблицу выбранные номера установок.



Ответ:

--	--

24

Даны элементы орбит некоторых астероидов.

№	Название	Большая полуось, а. е.	Эксцентриситет	Наклонение орбиты, °
1	Дамокл	12	0,87	62
2	Харикло	16	0,17	23
3	Кибела	3,4	0,11	3,6
4	Касталия	1,1	0,48	8,9
5	Астрея	2,6	0,19	5,4
6	Гектор	5,2	0,022	18
7	1992 QB1	44	0,066	2,2

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют приведённым астероидам, и укажите в ответе их номера.

- 1) Астероид Харикло движется между орбитами Сатурна и Урана.
- 2) Кибела, Касталия и Астрея – все астероиды главного пояса.
- 3) Дамокл выше всех поднимается над плоскостью эклиптики.
- 4) В перигелии своей орбиты Гектор более чем в два раза ближе к Солнцу, чем в афелии.
- 5) Период обращения астероида 1992 QB1 вокруг Солнца более 300 лет.

Ответ:

--	--

Часть 2

Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

Камень массой 40 г брошен под углом 60° к горизонту. Модуль импульса камня в момент броска равен $0,4 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$. Чему равна кинетическая энергия камня в верхней точке траектории его движения? Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Ответ: _____ Дж.

26

Один литр жидкого аргона находится при температуре своего кипения -186°C . Какое количество теплоты нужно сообщить этому количеству аргона, для того чтобы при постоянном давлении перевести его в газ, имеющий температуру 0°C ? Плотность жидкого аргона 1400 кг/м^3 , его удельная теплота испарения 87 кДж/кг . Ответ выразите в кДж и округлите до целого числа.

Ответ: _____ кДж.

27

Два когерентных источника света располагаются на некотором расстоянии друг от друга. Длины волн, излучаемых каждым из источников, равны 600 нм. На соединяющем источники отрезке находится точка, для которой разность фаз между исходящими из источников волнами равна 3π . Чему равно расстояние от этой точки до середины указанного отрезка?

Ответ: _____ мкм.

Для записи ответов на задания 28–32 используйте чистый лист бумаги. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

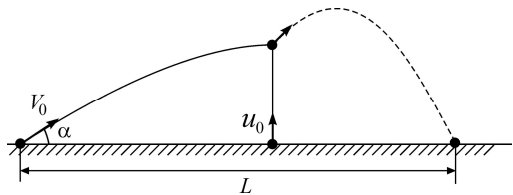
28

Капитан парусного корабля в открытом море не обнаружил в пределах видимости (до горизонта) ни одного клочка земли. Тогда он послал юнгу оглядеться с самого верха грот-мачты, который находился над уровнем моря в 4 раза выше, чем капитанский мостик. Во сколько раз при этом увеличилось расстояние до крайней точки поверхности моря, которую ещё можно было видеть?

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

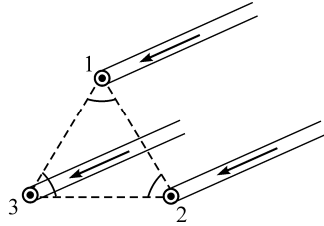
29

Небольшое тело бросили под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонтальной плоскости с начальной скоростью $V_0 = 40$ м/с. В верхней точке траектории в него попало другое тело такой же массы, брошенное с той же плоскости вертикально вверх с начальной скоростью $u_0 = 25$ м/с, и оба тела в результате абсолютно неупругого удара слиплись и полетели дальше вместе (см. рисунок). На каком расстоянии L от места броска первого тела слипшиеся тела упадут на горизонтальную плоскость? Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Ответ выразите в метрах и округлите до целого числа.



30 Морозильная камера установлена на кухне, где температура равна $t_1 = +20^\circ\text{C}$, и потребляет в течение длительного времени среднюю мощность $P = 89,4$ Вт, обеспечивая внутреннюю температуру $t_2 = -18^\circ\text{C}$. Оцените мощность подвода теплоты в камеру из окружающей среды, считая, что морозильник работает по обратному циклу Карно. Ответ выразите в Вт и округлите до целого числа.

31 Три параллельных тонких длинных провода в сечении перпендикулярной им плоскости находятся в вершинах равностороннего треугольника (см. рисунок), и по ним текут в одном направлении одинаковые токи. Во сколько раз изменится по модулю сила Ампера, действующая на единицу длины провода №1 со стороны проводов №2 и №3, если направление тока в проводе №2 изменить на противоположное и увеличить его силу в 2 раза?



32 «Просветлением оптики» называется уменьшение отражения света от преломляющих поверхностей оптических систем, например от объектива фотоаппарата. Для этого на поверхность объектива наносят тонкую плёнку с показателем преломления, отличающимся от показателя преломления n стекла объектива, и подбирают её толщину определённым образом. Какую минимальную толщину d должна иметь эта плёнка, для того чтобы максимально погасить отражение света в наиболее чувствительной для глаза человека жёлто-зелёной части спектра, при длине волны в воздухе $\lambda = 540$ нм, если показатель преломления плёнки при этой длине волны равен $n_{пл} = 1,35$? Какой оттенок цвета при этом имеют «просветлённые» объективы? Падение света на объектив можно считать практически нормальным.

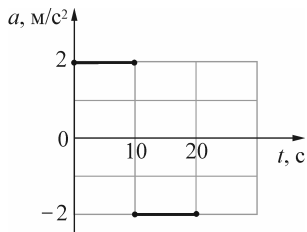
Вариант 5

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

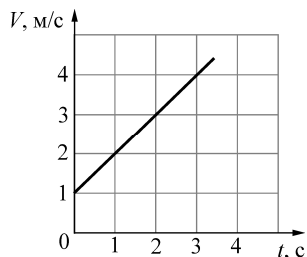
Автомобиль движется вдоль прямой дороги. На рисунке представлен график зависимости проекции a его ускорения от времени t . Известно, что при $t=0$ автомобиль покоился. Какой путь прошёл автомобиль за промежуток времени от 10 с до 15 с?



Ответ: _____ м.

2

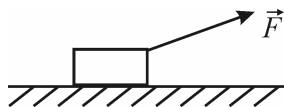
Груз массой 100 кг поднимают вертикально вверх с помощью троса. На рисунке приведена зависимость проекции скорости V груза на ось, направленную вертикально вверх, от времени t . Определите модуль силы натяжения троса во время подъёма.



Ответ: _____ Н.

3

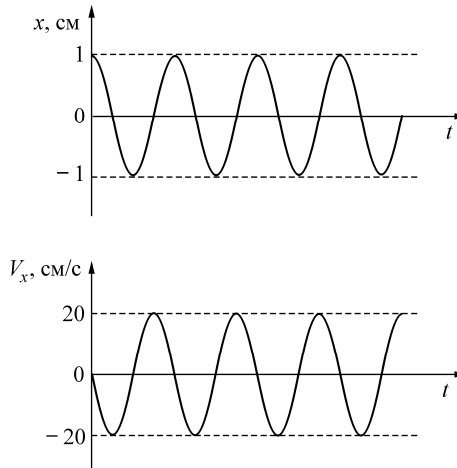
Тело тащат по шероховатой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью \vec{V} , модуль которой равен 0,5 м/с, прикладывая к нему силу \vec{F} так, как показано на рисунке. При этом модуль действующей на тело силы трения скольжения равен 18 Н. Чему равна мощность, развиваемая силой \vec{F} ?



Ответ: _____ Вт.

4

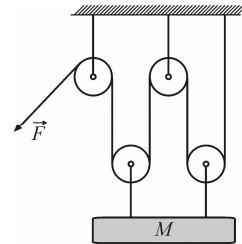
Груз массой 20 г, закреплённый на лёгкой пружине, совершает вертикальные колебания. На рисунке изображены графики зависимости смещения x груза от времени t и проекции V_x скорости груза от времени. Определите, чему равна жёсткость пружины.



Ответ: _____ Н/м.

5

На рисунке показана система, состоящая из лёгких тросов и четырёх идеальных блоков, с помощью которой можно удерживать в равновесии или поднимать груз массой M . Трение пренебрежимо мало. На основании анализа приведённого рисунка выберите **два** верных утверждения и укажите в ответе их номера.



- 1) Для того чтобы удерживать груз в равновесии, нужно действовать на конец верёвки с силой $F = \frac{Mg}{2}$.
- 2) Для того чтобы удерживать груз в равновесии, нужно действовать на конец верёвки с силой $F = \frac{Mg}{4}$.
- 3) Для того чтобы медленно поднять груз на высоту h , нужно вытянуть участок верёвки длиной $2h$.
- 4) Для того чтобы медленно поднять груз на высоту h , нужно вытянуть участок верёвки длиной $4h$.
- 5) Изображённая на рисунке система блоков не даёт выигрыша в силе.

Ответ:

--	--

6

В сосуд с водой полностью погружён алюминиевый груз, закреплённый на невесомой нерастяжимой нити. Груз не касается стенок и дна сосуда. Затем этот же груз погружают в глицерин, плотность которого превышает плотность воды в 1,25 раза. Как в результате этого изменятся модуль силы натяжения нити и модуль действующей на груз силы тяжести?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Модуль силы натяжения нити	Модуль действующей на груз силы тяжести

7

Брусек массой m соскальзывает с закреплённой шероховатой наклонной плоскости с углом α при основании. Коэффициент трения между бруском и наклонной плоскостью равен μ , модуль скорости бруска возрастает. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, при помощи которых их можно вычислить. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

- А) модуль силы трения, действующей на брусок
- Б) модуль ускорения бруска

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

Ответ:

А	Б

8

Газообразный азот находится в сосуде объёмом 33,2 литра. Давление газа 100 кПа, его температура 127 °С. Определите массу газа в этом сосуде. Ответ выразите в граммах и округлите до целого числа.

Ответ: _____ г.

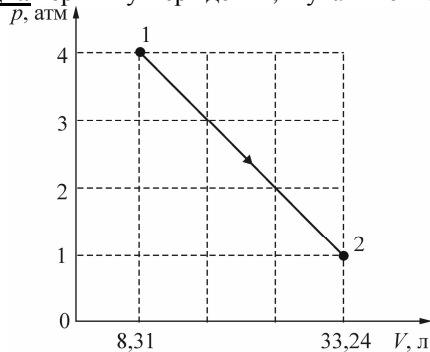
- 9 Идеальный одноатомный газ в количестве 0,05 моль подвергся адиабатическому сжатию. При этом его температура повысилась с $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+63\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какая работа была совершена над газом? Ответ выразите в джоулях и округлите до целого числа.

Ответ: _____ Дж.

- 10 Относительная влажность порции воздуха при некоторой температуре равна 25 %. Во сколько раз следует изменить давление этой порции воздуха, для того чтобы при неизменной температуре его относительная влажность увеличилась на 10 %?

Ответ: _____.

- 11 Один моль идеального одноатомного газа переходит из состояния 1 в состояние 2 так, как показано на pV -диаграмме. На основании анализа этого графика выберите два верных утверждения, и укажите в ответе их номера.



- 1) В процессе 1–2 температура газа всё время увеличивается.
- 2) В состоянии, соответствующем точке 1, температура газа равна 400 К.
- 3) В процессе 1–2 внутренняя энергия газа всё время уменьшается.
- 4) В процессе 1–2 газ совершает работу 6232,5 Дж.
- 5) В состоянии, соответствующем точке 2, плотность газа достигает максимального значения в течение процесса 1–2.

Ответ:

--	--

12

В изолированной системе тело А имеет температуру +50 °С, а тело Б – температуру +75 °С. Эти тела привели в тепловой контакт друг с другом. Через некоторое время наступило тепловое равновесие. Как в результате изменились температура тела А и суммарная внутренняя энергия тел А и Б? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

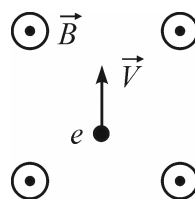
- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

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

Температура тела А	Суммарная внутренняя энергия тел А и Б

13

Электрон движется со скоростью \vec{V} в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} так, как показано на рисунке. Как направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вызванная этим полем сила Лоренца, действующая на электрон? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: _____.

14

Заряд плоского воздушного конденсатора ёмкостью 25 мкФ равен 50 мкКл. Расстояние между пластинами конденсатора равно 2 см. Чему равен модуль напряжённости электрического поля между пластинами?

Ответ: _____ В/м.

15

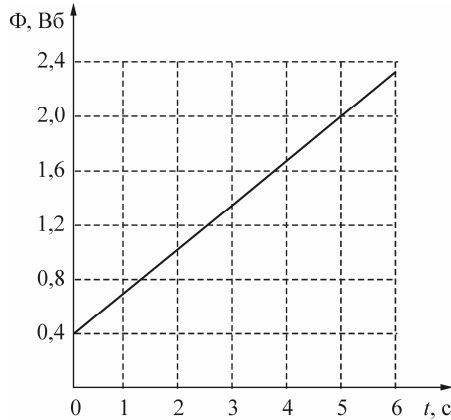
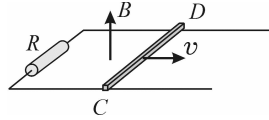
Луч света падает из воздуха на поверхность стекла. Угол падения луча можно изменять. В таблице приведена зависимость угла преломления β -луча от угла падения α -луча (углы выражены в градусах). Чему равен показатель преломления стекла? Ответ округлите до десятых долей.

$\alpha, ^\circ$	10	20	30	40	50	60	70	80
$\beta, ^\circ$	6,23	12,34	18,21	23,69	28,61	32,77	35,97	37,99

Ответ: _____.

16

Медная перемычка в момент времени $t_0 = 0$ с начинает двигаться со скоростью 2 м/с по параллельным горизонтальным проводящим рельсам, к концам которых подсоединён резистор сопротивлением 10 Ом (см. рисунок). Вся система находится в вертикальном однородном магнитном поле. Сопротивление перемычки и рельсов пренебрежимо мало, перемычка всё время расположена перпендикулярно рельсам. Поток Φ вектора магнитной индукции через контур, образованный перемычкой, рельсами и резистором, изменяется с течением времени t так, как показано на графике.



Используя график, выберите **два** верных утверждения и укажите в ответе их номера.

- 1) К моменту времени $t = 5$ с изменение магнитного потока через контур равно $0,16$ Вб.
- 2) Модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре, равен 32 В.
- 3) Индукционный ток в перемычке течёт в направлении от точки C к точке D .
- 4) Сила индукционного тока, текущего в перемычке, равна 32 мА.
- 5) Модуль силы Ампера, действующей на перемычку, равен $5,12$ мН.

Ответ:

--	--

17

Проволочная обмотка генератора переменного тока равномерно вращается в постоянном магнитном поле. Угловую скорость вращения увеличивают. Как изменятся частота генерируемого переменного тока и амплитуда ЭДС индукции, действующей в обмотке?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

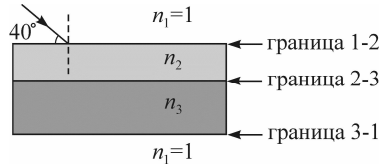
- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

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

Частота переменного тока	ЭДС индукции в обмотке

18

Две прозрачные плоскопараллельные пластинки плотно прижаты друг к другу. Из воздуха на поверхность первой пластинки падает луч света (см. рисунок). Известно, что синус угла преломления луча при переходе границы 2–3 между пластинками равен 0,4327.



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ЗНАЧЕНИЯ

- А) синус угла преломления луча при переходе границы 3–1
- Б) показатель преломления n_3 нижней пластинки

- 1) $\approx 0,766$
- 2) $\approx 0,643$
- 3) $\approx 1,770$
- 4) $\approx 1,486$

Ответ:

А	Б

19

Определите, сколько α -альфа-частиц и сколько протонов получается в результате реакции термоядерного синтеза ${}^3_2\text{He} + {}^6_3\text{Li} \rightarrow ?\cdot{}^4_2\text{He} + ?\cdot{}^1_1\text{p}$.

Количество α -частиц	Количество протонов

- 20** Энергия первого фотона равна $3,97 \cdot 10^{-19}$ Дж, что на $1,13 \cdot 10^{-19}$ Дж больше, чем энергия второго фотона. Найдите отношение $\frac{p_1}{p_2}$ модулей импульсов первого и второго фотонов. Ответ округлите до десятых долей.

Ответ: _____.

- 21** Ядро атома претерпело радиоактивный электронный β -распад. Как в результате этого изменились электрический заряд ядра и количество нейтронов в нём?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Электрический заряд ядра	Количество нейтронов в ядре

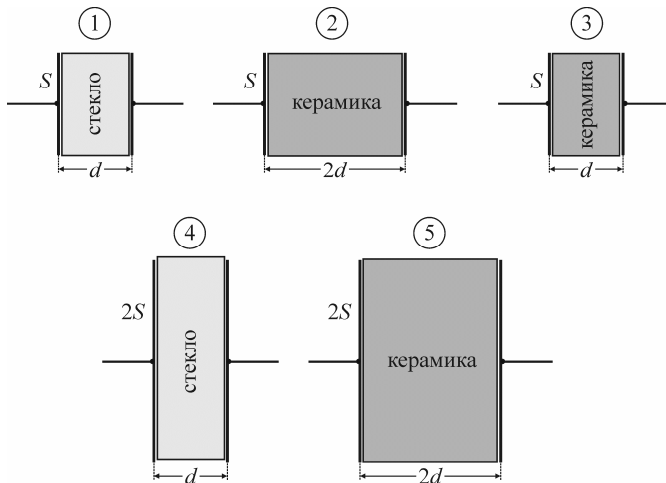
- 22** В лаборатории было проведено пять экспериментов по наблюдению дифракции с помощью различных дифракционных решёток. Каждая из решёток освещалась параллельными пучками монохроматического света с определённой длиной волны. Свет во всех случаях падал перпендикулярно решётке. Укажите сначала номер эксперимента, в котором наблюдалось наименьшее количество главных дифракционных максимумов, а затем – номер эксперимента, в котором наблюдалось наибольшее количество главных дифракционных максимумов.

Номер эксперимента	Период дифракционной решётки	Длина волны падающего света
1	$2d$	$\frac{\lambda}{2}$
2	d	λ
3	$2d$	λ
4	$\frac{d}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$
5	$\frac{d}{2}$	2λ

Ответ: _____.

23

Необходимо экспериментально изучить зависимость ёмкости плоского конденсатора от свойств диэлектрика, помещённого между его пластинами. На всех представленных ниже рисунках S – площадь пластины конденсатора, d – расстояние между пластинами. Какие две установки следует использовать для проведения такого исследования? Запишите в таблицу выбранные номера установок.



Ответ:

--	--

24

Вам даны характеристики звёзд, находящихся в пределах 3 парсеков от Солнца.

Название	Расстояние (в парсеках)	Видимая звездная величина	Спектраль- ный класс	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)
α Центавра С (Проксима)	1,30	11,09	M	0,18	0,17
α Центавра А	1,34	0,01	G	1,11	1,32
α Центавра В	1,34	1,34	K	0,92	0,98
Звезда Барнарда	1,83	9,54	M	0,18	0,2
Луман 16 А	2,02	23,25	L	0,04	неизвестно
Луман 16 В	2,02	24,07	T	0,03	неизвестно
Вольф 359	2,39	13,44	M	0,1	0,14
Лаланд 21185	2,54	7,47	M	0,43	0,47
Сириус А	2,63	-1,43	A	2,17	1,68
Сириус В	2,63	8,44	B	0,99	0,008
Лейтен 726-8 А	2,67	12,54	M	0,1	0,16
Лейтен 726-8 В	2,67	12,99	M	0,09	0,15
Росс 154	2,97	10,43	M	0,28	0,13

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют данным характеристикам, и укажите в ответе их номера.

- 1) α Центавра В холоднее, чем Солнце.
- 2) Большинство приведённых звёзд видно невооружённым глазом.
- 3) Сириус В — это белый карлик.
- 4) Поскольку расстояние до Сириуса и Лейтен 726-8 близки, эти звёзды на небе находятся рядом друг с другом
- 5) Луман 16 В — самая яркая из приведённых звёзд.

Ответ:

--	--

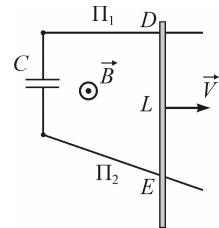
Часть 2

Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 25 Период колебаний математического маятника на поверхности Земли составляет 0,8 от периода его колебаний на некоторой планете. Чему равен модуль ускорения свободного падения на этой планете? Влияние атмосферы в обоих случаях пренебрежимо мало.

Ответ: _____ м/с².

- 26 Два прямых проводника Π_1 и Π_2 расположены в одной горизонтальной плоскости. Между их левыми концами включён конденсатор ёмкостью $C = 0,1$ нФ. По проводникам с постоянной скоростью $V = 2$ м/с движется проводящий стержень, который находится в контакте с проводниками. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 0,15$ Тл. В некоторый момент времени расстояние между точками D и E , в которых стержень касается проводников, равно $L = 40$ см, общее сопротивление цепи в этот момент равно $R = 2$ Ом, и в цепи протекает ток силой $I = 0,05$ А. Чему равен в этот момент заряд конденсатора? Индуктивность цепи пренебрежимо мала.



Ответ: _____ пКл.

- 27 Энергия магнитного поля, запасённая в катушке при пропускании через неё постоянного тока, равна 5 Дж. Во сколько раз нужно увеличить силу тока, протекающего через обмотку катушки, для того чтобы запасённая в ней энергия магнитного поля увеличилась на 120 Дж?

Ответ: _____.

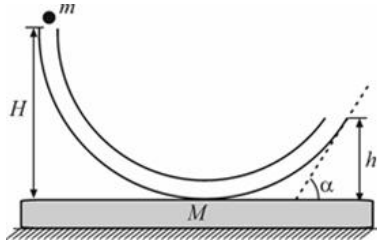
Для записи ответов на задания 28–32 используйте чистый лист бумаги. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 28 Каким образом возникают газовый разряд и свечение в стеклянных трубках с достаточно разреженными газами при подаче на электроды в трубках высокого напряжения? Какие частицы (ионы или электроны) играют основную роль в обеспечении ионизации газа? Оцените, во сколько раз отличаются кинетические энергии электронов и ионов атомарного водорода (протонов) после их ускорения в электрическом поле. Ответ поясните на основании известных законов механики и электродинамики.

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

29

На гладком горизонтальном столе покоится брусок с прикрепленной к нему гладкой изогнутой в вертикальной плоскости тонкой жёсткой трубкой (см. рисунок). Общая масса бруска с трубкой равна $M = 1$ кг. В верхний конец вертикальной части трубки, находящийся на высоте $H = 1$ м над бруском, опускают без начальной скорости маленький шарик массой $m = 100$ г. Другой конец трубки наклонён к горизонту под углом $\alpha = 45^\circ$ и находится на высоте $h = 30$ см над бруском. Найдите модуль скорости, с которой будет двигаться брусок, после того как шарик вылетит из трубки.



30

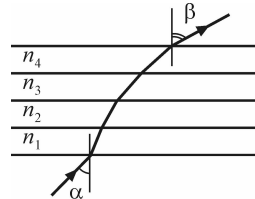
Некоторое количество идеального газа находится в объёме $V_1 = 30$ л под давлением $p_1 = 2,5 \cdot 10^4$ Па при температуре $T_1 = 100$ К. Какое количество теплоты ΔQ надо подвести к газу для его нагревания до температуры $T_2 = 300$ К в процессе, при котором молярная теплоёмкость этого газа зависит от температуры по закону $C_m = aT$, где $a = 0,25$ Дж/(моль·К²)?

31

Математический маятник, грузик которого имеет массу $m = 10$ г, совершает малые колебания в поле силы тяжести с периодом $T_1 = 0,6$ с. Грузик зарядили и включили направленное вниз однородное вертикальное электрическое поле, модуль напряжённости которого равен $E = 2$ кВ/м. В результате этого период колебаний маятника стал равным $T_2 = 0,4$ с. Найдите заряд q грузика.

32

Параллельный пучок света падает из воздуха на стопку из четырёх плоскопараллельных стеклянных пластин под углом $\alpha = 30^\circ$ (см. рисунок). Под каким углом β пучок выйдет из этой стопки, если показатели преломления пластин равны $n_1 = 1,7$, $n_2 = 1,6$, $n_3 = 1,5$, $n_4 = 1,4$?



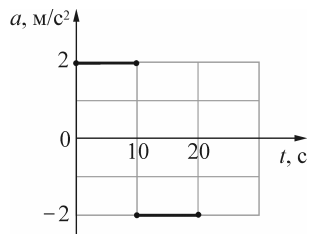
Вариант 6

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, цифра, число или последовательность цифр. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

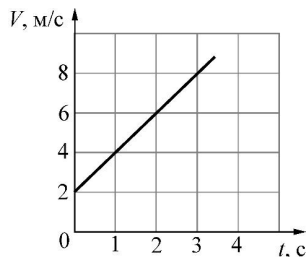
Автомобиль движется вдоль прямой дороги. На рисунке представлен график зависимости проекции a его ускорения от времени t . Известно, что при $t=0$ автомобиль покоился. Какой путь прошёл автомобиль за промежуток времени от 10 с до 20 с?



Ответ: _____ м.

2

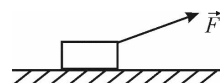
Груз массой 100 кг поднимают вертикально вверх с помощью троса. На рисунке приведена зависимость проекции скорости V груза на ось, направленную вертикально вверх, от времени t . Определите модуль силы натяжения троса во время подъёма.



Ответ: _____ Н.

3

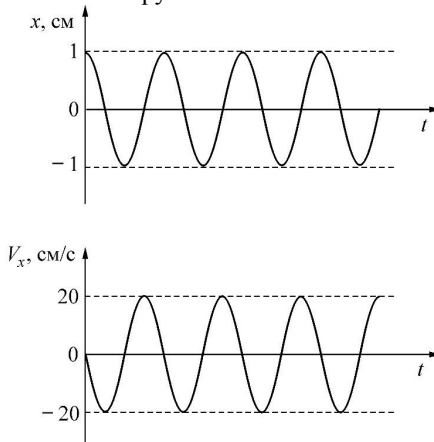
Тело тащат по шероховатой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью \vec{V} , модуль которой равен 1,5 м/с, прикладывая к нему силу \vec{F} так, как показано на рисунке. При этом модуль действующей на тело силы трения скольжения равен 16 Н. Чему равна мощность, развиваемая силой \vec{F} ?



Ответ: _____ Вт.

4

Груз, закреплённый на лёгкой пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает вертикальные колебания. На рисунке изображены графики зависимости смещения x груза от времени t и проекции V_x скорости груза от времени. Определите, чему равна масса груза.

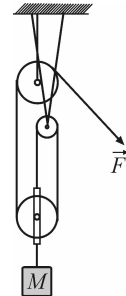


Ответ: _____ кг.

5

На рисунке показана система, состоящая из трёх лёгких блоков и невесомого троса, с помощью которой можно удерживать в равновесии или поднимать груз массой M . Подвес груза и конец троса прикреплены к оси нижнего блока. Трение пренебрежимо мало.

На основании анализа приведённого рисунка выберите **два** верных утверждения и укажите в ответе их номера.



- 1) Для того чтобы удерживать груз в равновесии, нужно действовать на конец верёвки с силой $F = \frac{Mg}{2}$.
- 2) Изображённая на рисунке система блоков не даёт выигрыша в силе.
- 3) Для того чтобы медленно поднять груз на высоту h , нужно вытянуть участок верёвки длиной $3h$.
- 4) Для того чтобы медленно поднять груз на высоту h , нужно вытянуть участок верёвки длиной $2h$.
- 5) Для того чтобы удерживать груз в равновесии, нужно действовать на конец верёвки с силой $F = \frac{Mg}{3}$.

Ответ:

--	--

6

В сосуд с водой полностью погружён алюминиевый груз, закреплённый на невесомой нерастяжимой нити. Груз не касается стенок и дна сосуда. Затем в такой же сосуд с водой погружают железный груз, масса которого равна массе алюминиевого груза. Как в результате этого изменятся модуль силы натяжения нити и модуль действующей на груз силы тяжести?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Модуль силы натяжения нити	Модуль действующей на груз силы тяжести

7

Брусok массой m соскальзывает с закреплённой шероховатой наклонной плоскости с углом α при основании. Модуль ускорения бруска равен a , модуль скорости бруска возрастает. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, при помощи которых их можно вычислить. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

- А) модуль силы реакции, действующей на брусok со стороны наклонной плоскости
- Б) коэффициент трения бруска о наклонную плоскость

- 1) mg
- 2) $\operatorname{tg}\alpha - \frac{a}{g \cos \alpha}$
- 3) $mg \cos \alpha$
- 4) $\sin \alpha - \frac{a}{g \cos \alpha}$

Ответ:

А	Б

8

Газообразный кислород находится в сосуде объёмом 33,2 литра. Давление газа 150 кПа, его температура 127 °С. Определите массу газа в этом сосуде. Ответ выразите в граммах и округлите до целого числа.

Ответ: _____ г.

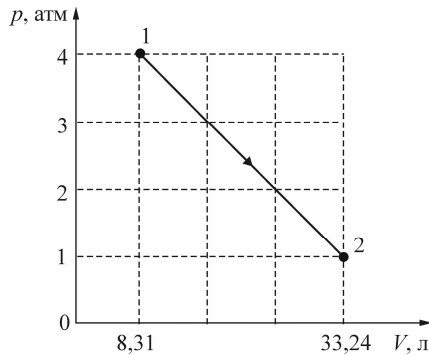
- 9 Идеальный одноатомный газ в количестве 0,025 моль адиабатически расширился. При этом его температура понизилась с +103 °С до +23 °С. Какую работу совершил газ? Ответ выразите в джоулях и округлите до целого числа.

Ответ: _____ Дж.

- 10 Относительная влажность порции воздуха при некоторой температуре равна 10 %. Во сколько раз следует изменить давление этой порции воздуха, для того чтобы при неизменной температуре его относительная влажность увеличилась на 25 %?

Ответ: _____.

- 11 Один моль идеального одноатомного газа переходит из состояния 1 в состояние 2 так, как показано на pV -диаграмме. На основании анализа этого графика выберите два верных утверждения, и укажите в ответе их номера.



- 1) В процессе 1–2 температура газа всё время уменьшается.
- 2) В состоянии, соответствующем точке 2, температура газа равна 400 К.
- 3) В процессе 1–2 внутренняя энергия газа всё время увеличивается.
- 4) В процессе 1–2 внешние силы совершают над газом работу –6232,5 Дж.
- 5) В состоянии, соответствующем точке 1, плотность газа достигает минимального значения в течение процесса 1–2.

Ответ:

--	--

12

В изолированной системе тело А имеет температуру $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, а тело Б – температуру $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Эти тела привели в тепловой контакт друг с другом. Через некоторое время наступило тепловое равновесие. Как в результате изменились температура тела Б и суммарная внутренняя энергия тел А и Б? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

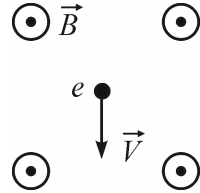
- 1) увеличилась;
- 2) уменьшилась;
- 3) не изменилась.

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

Температура тела Б	Суммарная внутренняя энергия тел А и Б

13

Электрон движется со скоростью \vec{V} в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} так, как показано на рисунке. Как направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вызванная этим полем сила Лоренца, действующая на электрон? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: _____.

14

Модуль напряжённости электрического поля в плоском воздушном конденсаторе ёмкостью 50 мкФ равен 200 В/м . Расстояние между пластинами конденсатора 2 мм . Чему равен заряд этого конденсатора?

Ответ: _____ мкКл.

15

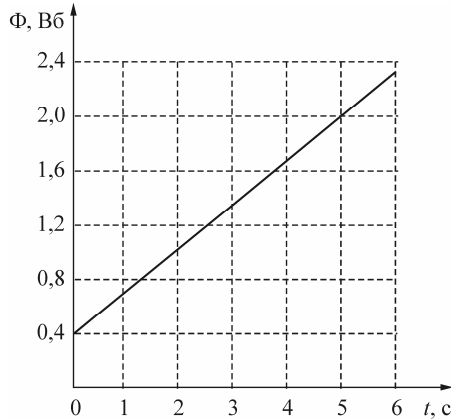
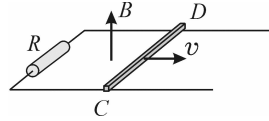
Луч света падает из воздуха на поверхность стекла. Угол падения луча можно изменять. В таблице приведена зависимость угла преломления β -луча от угла падения α -луча (углы выражены в градусах). Чему равен показатель преломления стекла? Ответ округлите до десятых долей.

$\alpha, ^{\circ}$	10	20	30	40	50	60	70	80
$\beta, ^{\circ}$	5,86	11,61	17,10	22,22	26,78	30,63	33,56	35,40

Ответ: _____.

16

Медная перемычка в момент времени $t_0 = 0$ с начинает двигаться со скоростью 2 м/с по параллельным горизонтальным проводящим рельсам, к концам которых подсоединён резистор сопротивлением 10 Ом (см. рисунок). Вся система находится в вертикальном однородном магнитном поле. Сопротивление перемычки и рельсов пренебрежимо мало, перемычка всё время расположена перпендикулярно рельсам. Поток Φ вектора магнитной индукции через контур, образованный перемычкой, рельсами и резистором, изменяется с течением времени t так, как показано на графике.



Используя график, выберите **два** верных утверждения и укажите в ответе их номера.

- 1) К моменту времени $t = 5$ с изменение магнитного потока через контур равно $1,6 \text{ Вб}$.
- 2) Модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре, равен $0,32 \text{ В}$.
- 3) Индукционный ток в перемычке течёт в направлении от точки C к точке D .
- 4) Сила индукционного тока, текущего в перемычке, равна 64 мА .
- 5) Для поддержания движения перемычки к ней прикладывают силу, проекция которой на направление рельсов равна $0,2 \text{ мН}$.

Ответ:

17 Проволочная обмотка генератора переменного тока равномерно вращается в постоянном магнитном поле. Угловую скорость вращения уменьшают. Как изменятся частота генерируемого переменного тока и амплитуда ЭДС индукции, действующей в обмотке?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

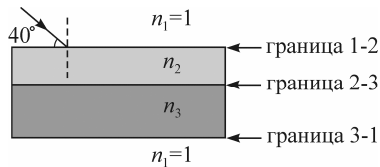
- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

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

Частота переменного тока	ЭДС индукции в обмотке

18 Две прозрачные плоскопараллельные пластинки плотно прижаты друг к другу. Из воздуха на поверхность первой пластинки падает луч света (см. рисунок). Известно, что показатель преломления верхней пластинки равен $n_2 = 1,77$.

Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ЗНАЧЕНИЯ

- | | |
|--|--------------------|
| А) синус угла падения луча на границу 2–3 между пластинками | 1) $\approx 0,698$ |
| Б) угол преломления луча при переходе границы 3–1 (в радианах) | 2) $\approx 0,433$ |
| | 3) $\approx 0,363$ |
| | 4) $\approx 0,873$ |

Ответ:

А	Б

19 Определите, сколько α -частиц и сколько протонов получается в результате реакции термоядерного синтеза ${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow ?\cdot{}^4_2\text{He} + ?\cdot{}^1_1\text{p}$.

Количество α -частиц	Количество протонов

20

Модуль импульса первого фотона равен $1,32 \cdot 10^{-28}$ кг·м/с, что на $9,48 \cdot 10^{-28}$ кг·м/с меньше, чем модуль импульса второго фотона. Найдите отношение энергий $\frac{E_2}{E_1}$ второго и первого фотонов. Ответ округлите до десятых долей.

Ответ: _____.

21

Ядро атома претерпело радиоактивный позитронный β -распад. Как в результате этого изменились электрический заряд ядра и количество нейтронов в нём?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Электрический заряд ядра	Количество нейтронов в ядре

22

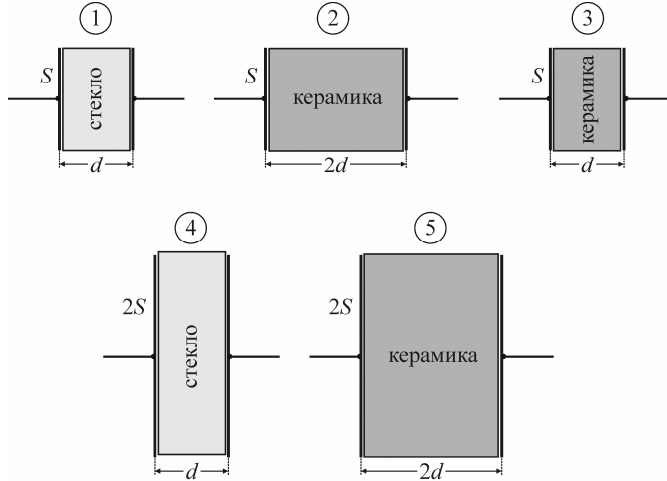
В лаборатории было проведено пять экспериментов по наблюдению дифракции с помощью различных дифракционных решёток. Каждая из решёток освещалась параллельными пучками монохроматического света с определённой длиной волны. Свет во всех случаях падал перпендикулярно решётке. В двух из пяти экспериментов наблюдалось одинаковое количество главных дифракционных максимумов. Укажите сначала номер эксперимента, в котором использовалась дифракционная решётка с меньшим периодом, а затем – номер эксперимента, в котором использовалась дифракционная решётка с бóльшим периодом.

Номер эксперимента	Период дифракционной решётки	Длина волны падающего света
1	$2d$	$\frac{\lambda}{2}$
2	d	λ
3	$2d$	λ
4	$\frac{d}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$
5	$\frac{d}{2}$	2λ

Ответ: _____.

23

Необходимо экспериментально изучить зависимость ёмкости плоского конденсатора, между пластинами которого помещён диэлектрик, от расстояния d между пластинами. На всех представленных ниже рисунках S – площадь пластины конденсатора. Какие две установки следует использовать для проведения такого исследования? Запишите в таблицу выбранные номера установок.



Ответ:

--	--

24

Среди перечисленных явлений/объектов выберите **два**, которые происходят/находятся в атмосфере Земли.

- 1) магеллановы Облака
- 2) вспышки метеоров
- 3) полярные сияния
- 4) кометы
- 5) вспышки сверхновых

Ответ:

--	--

Часть 2

Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

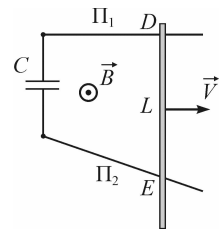
25

Период колебаний математического маятника на поверхности Земли в 1,2 раза больше периода его колебаний на некоторой планете. Чему равен модуль ускорения свободного падения на этой планете? Влияние атмосферы в обоих случаях пренебрежимо мало.

Ответ: _____ м/с².

26

Два прямых проводника Π_1 и Π_2 расположены в одной горизонтальной плоскости. Между их левыми концами включён конденсатор ёмкостью $C = 0,2$ нФ. По проводникам с постоянной скоростью $V = 4$ м/с движется проводящий стержень, который находится в контакте с проводниками. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 0,15$ Тл. В некоторый момент времени расстояние между точками D и E , в которых стержень касается проводников, равно $L = 20$ см, общее сопротивление цепи в этот момент равно $R = 5$ Ом, и в цепи протекает ток силой $I = 0,02$ А. Чему равен в этот момент заряд конденсатора? Индуктивность цепи пренебрежимо мала.



Ответ: _____ пКл.

27

Энергия магнитного поля, запасённая в катушке при пропускании через неё постоянного тока, равна 120 Дж. Во сколько раз нужно увеличить силу тока, протекающего через обмотку катушки, для того чтобы запасённая в ней энергия магнитного поля увеличилась на 5760 Дж?

Ответ: _____.

Для записи ответов на задания 28–32 используйте чистый лист бумаги. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

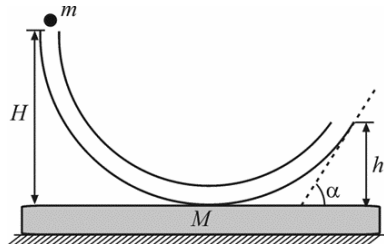
28

Каким образом возникают газовый разряд и свечение в стеклянных трубках с достаточно разреженными газами при подаче на электроды в трубках высокого напряжения? Какие частицы (ионы или электроны) играют основную роль в обеспечении ионизации газа? Оцените, во сколько раз отличаются кинетические энергии электронов и ионов гелия после их ускорения в электрическом поле (считайте, что при ионизации атом гелия теряет один электрон). Ответ поясните на основании известных законов механики и электродинамики.

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

29

На гладком горизонтальном столе постоит брусок с прикрепленной к нему гладкой изогнутой в вертикальной плоскости тонкой жёсткой трубкой (см. рисунок). Общая масса бруска с трубкой равна $M = 0,8$ кг. В верхний конец вертикальной части трубки, находящийся на высоте $H = 70$ см над бруском, опускают без начальной скорости маленький шарик массой $m = 50$ г. Другой конец трубки наклонён к горизонту под углом $\alpha = 30^\circ$ и находится на высоте $h = 20$ см над бруском. Найдите модуль скорости, с которой будет двигаться брусок, после того как шарик вылетит из трубки.



30

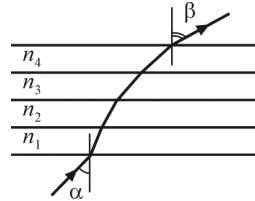
Некоторое количество идеального газа находится в объёме $V_1 = 40$ л под давлением $p_1 = 5 \cdot 10^4$ Па при температуре $T_1 = 200$ К. Какое количество теплоты ΔQ надо подвести к газу для его нагревания до температуры $T_2 = 400$ К в процессе, при котором молярная теплоёмкость этого газа зависит от температуры по закону $C_m = aT$, где $a = 0,30$ Дж/(моль·К²)?

31

Математический маятник, грузик которого имеет массу $m = 8$ г, совершает малые колебания в поле силы тяжести с периодом $T_1 = 0,7$ с. Грузик зарядили и включили направленное вниз однородное вертикальное электрическое поле, модуль напряжённости которого равен $E = 3$ кВ/м. В результате этого период колебаний маятника стал равным $T_2 = 0,5$ с. Найдите заряд q грузика.

32

Параллельный пучок света падает из воздуха на стопку из четырёх плоскопараллельных стеклянных пластин и выходит из неё под углом $\beta = 45^\circ$ (см. рисунок). Под каким углом α пучок вошёл в эту стопку, если показатели преломления пластин равны $n_1 = 1,7$, $n_2 = 1,6$, $n_3 = 1,5$, $n_4 = 1,4$?



Система оценивания экзаменационной работы по физике

За правильный ответ на каждое из заданий 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22, 23, 25–27 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	45	1	90	1	7,5
2	0,1	2	0,1	2	80
3	3	3	1	3	6
4	6	4	48	4	1,5
5	23	5	15	5	35
6	21	6	12	6	12
7	12	7	34	7	34
8	300	8	300	8	1,2
9	12465	9	4	9	400
10	52	10	88	10	37,4
11	34	11	25	11	25
12	22	12	11	12	31
13	4	13	5	13	вправо
14	200	14	40	14	25
15	1,5	15	1,8	15	471
16	23	16	35	16	15
17	21	17	11	17	22
18	34	18	12	18	24
19	86	19	74	19	26
20	3	20	4	20	2
21	11	21	22	21	21
22	400 ± 20	22	600 ± 30	22	16; 62
23	14 (41)	23	23 (32)	23	12
24	25	24	24	24	35
25	3,2	25	3,3	25	0,2
26	0,6	26	1,5	26	503
27	0,35	27	0,4	27	500

Ответы к заданиям с кратким ответом

Вариант 4		Вариант 5		Вариант 6	
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	6	1	75	1	100
2	900	2	1100	2	1200
3	10	3	9	3	24
4	5000	4	8	4	0,5
5	14	5	24	5	35
6	21	6	23	6	13
7	12	7	42	7	32
8	1,4	8	28	8	48
9	600	9	25	9	25
10	10	10	1,4	10	3,5
11	35	11	24	11	24
12	22	12	13	12	23
13	влево	13	влево	13	вправо
14	4,5	14	100	14	20
15	686	15	1,6	15	1,7
16	23	16	45	16	12
17	11	17	11	17	22
18	13	18	13	18	24
19	66	19	21	19	12
20	4	20	1,4	20	8,2
21	12	21	12	21	21
22	18; 48	22	51	22	42
23	13	23	13 (31)	23	23 (32)
24	13	24	13	24	23
25	0,5	25	6,4	25	14,4
26	257	26	2	26	4
27	0,45	27	5	27	7

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

Вариант 1

28

Каким образом зависит от температуры удельная теплота испарения жидкостей: увеличивается, остаётся неизменной или уменьшается с ростом температуры? Ответ поясните на основании известных явлений и закономерностей, касающихся поведения жидкостей и их паров в зависимости от температуры.

Возможное решение

1. В конденсированном состоянии вещества, например в жидкости, потенциальная энергия взаимодействия (притяжения) молекул отрицательна и по модулю превышает их кинетическую энергию.
2. С ростом температуры интенсивность теплового движения молекул усиливается. Возрастают их среднеквадратичная скорость и средняя кинетическая энергия, число молекул с энергиями, достаточными для покидания жидкости, увеличивается.
3. Поэтому молекулы легче преодолевают силы притяжения к жидкости и чаще покидают её, что приводит к росту концентрации молекул в паре, увеличению плотности пара и уменьшению различий в плотности жидкости и пара.
4. Таким образом, энергия, необходимая для перевода одной молекулы из жидкости в пар, с ростом температуры уменьшается, и соответственно уменьшается удельная теплота испарения жидкостей.

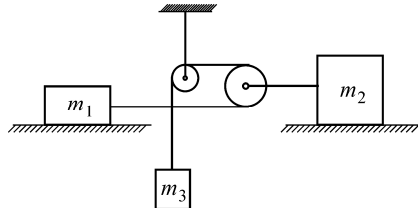
Ответ: удельная теплота испарения жидкостей уменьшается с ростом температуры

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>с ростом температуры удельная теплота испарения жидкостей уменьшается</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>указание на соотношение потенциальной и кинетической энергии молекул в жидкости, на характер изменения теплового движения молекул и их скоростей и энергий с ростом температуры, на уменьшение при этом различий в плотности жидкости и пара и облегчение перехода молекул из жидкости в пар</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2

<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимые для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

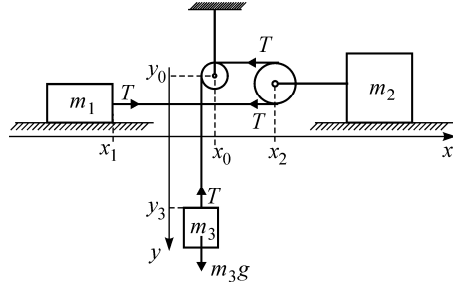
29

В системе, изображённой на рисунке, трения нет, блоки невесомы, нить невесома и нерастяжима, $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 2$ кг, $m_3 = 3$ кг. Найдите модуль и направление ускорения \vec{a}_3 груза массой m_3 .



Возможное решение

1. Введём на рисунке неподвижную систему координат, у которой ось x горизонтальна и направлена вправо, а ось y направлена вертикально вниз. Обозначим также силы, определяющие ускорения тел вдоль направлений их движения: силу T натяжения нити, которая, как следует из условия задачи, постоянна по модулю вдоль всей нити, и силу тяжести m_3g .



2. Записывая второй закон Ньютона в проекциях на оси x и y для трёх грузов, получаем $m_1 a_1 = T$, $m_2 a_2 = -2T$, $m_3 a_3 = m_3 g - T$.

3. Поскольку нить нерастяжима, из постоянства её длины получаем следующее соотношение для координат грузов:

$$x_2 - x_1 + x_2 - x_0 + y_3 - y = \text{const.}$$

Отсюда следует связь между ускорениями грузов: $2a_2 - a_1 + a_3 = 0$.

4. Решая полученную систему уравнений, находим модуль искомого ускорения:

$$a_3 = \frac{m_3(4m_1 + m_2)g}{m_1 m_2 + m_2 m_3 + 4m_1 m_3} = 9 \text{ м/с}^2, \text{ вектор } \vec{a}_3 \text{ направлен вниз.}$$

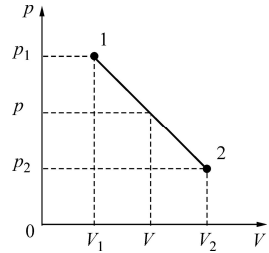
Ответ: $a_3 = \frac{m_3(4m_1 + m_2)g}{m_1 m_2 + m_2 m_3 + 4m_1 m_3} = 9 \text{ м/с}^2$, вектор \vec{a}_3 направлен вниз.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона и кинематические соотношения</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	<p>3</p>

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	<p>2</p>
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

30

С некоторым количеством идеального газа проводят процесс 1–2, для которого график зависимости давления от объёма представляет собой на pV -диаграмме прямую линию (см. рисунок). Параметры начального и конечного состояний процесса: $p_1 = 3$ атм, $V_1 = 1$ л, $p_2 = 1$ атм, $V_2 = 4$ л. Какой объём V_M соответствует максимальной температуре газа в данном процессе?



Возможное решение

1. Согласно уравнению Клапейрона–Менделеева $pV = \nu RT$ максимальная температура газа в процессе достигается там, где максимально произведение pV .

2. Зависимость $p(V)$ для процесса 1–2, как нетрудно показать, имеет вид

$$p(V) = p_1 + \frac{p_2 - p_1}{V_2 - V_1}(V - V_1).$$

3. Имеем $pV = p_1V + \frac{p_2 - p_1}{V_2 - V_1}(V - V_1)V = \frac{p_2 - p_1}{V_2 - V_1}V^2 + \frac{p_1V_2 - p_2V_1}{V_2 - V_1}V$.

Максимум этой квадратичной зависимости достигается при значении

$$\text{объёма } V_M = \frac{p_1V_2 - p_2V_1}{2(p_1 - p_2)} = 2,75 \text{ л.}$$

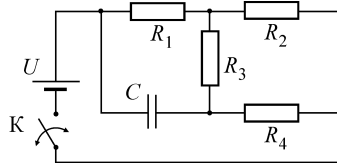
Ответ: $V_M = \frac{p_1V_2 - p_2V_1}{2(p_1 - p_2)} = 2,75 \text{ л.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Клапейрона–Менделеева и математические соотношения между давлениями и объёмами</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	<p>3</p>

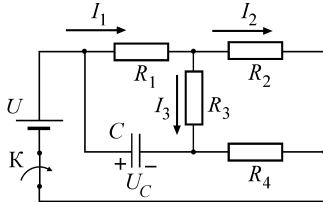
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	<p>2</p>
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

31

Какой заряд установится на конденсаторе C ёмкостью 10 мкФ после замыкания ключа K в цепи, схема которой изображена на рисунке? Параметры цепи: $U = 10 \text{ В}$, $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 1 \text{ Ом}$, $R_4 = 3 \text{ Ом}$. Внутреннее сопротивление батареи равно нулю.



Возможное решение



1. После замыкания ключа K в цепи пойдёт ток и конденсатор C постепенно зарядится до напряжения U_C и заряда $q = CU_C$, после чего ток через конденсатор прекратится.
 2. Пусть токи через резисторы R_1 , R_2 и R_3 равны I_1 , I_2 и I_3 . Тогда по закону сохранения заряда в каждом узле сумма входящих в него токов равна сумме выходящих: $I_1 = I_2 + I_3$.

3. По закону Ома для полной цепи $I_1 = \frac{U}{R_\Sigma}$, где по правилам вычисления сопротивлений для параллельного и последовательного соединения резисторов суммарное сопротивление вычисляется по формуле

$$R_\Sigma = R_1 + \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}.$$

4. По закону Ома для участка цепи $U_C = I_1 R_1 + I_3 R_3$.
 5. Кроме того, падение напряжения на резисторе R_2 должно равняться падению напряжения на резисторах R_3 и R_4 , соединённых с ним параллельно: $I_2 R_2 = I_3(R_3 + R_4)$.
 6. Решая полученную систему уравнений, получим

$$q = CU \frac{R_1(R_2 + R_3 + R_4) + R_2 R_3}{R_1(R_2 + R_3 + R_4) + R_2(R_3 + R_4)} = 62,5 \text{ мкКл.}$$

Ответ: $q = CU \frac{R_1(R_2 + R_3 + R_4) + R_2 R_3}{R_1(R_2 + R_3 + R_4) + R_2(R_3 + R_4)} = 62,5 \text{ мкКл.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: Д) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>связь напряжения и заряда на конденсаторе, законы Ома для участка и для полной цепи, параллельное и последовательное соединение резисторов, закон сохранения заряда и его следствия для цепей постоянного тока</i>); П) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант,	3

<p>указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

32

Параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 600$ нм и концентрацией фотонов $n = 10^{14} \text{ м}^{-3}$ нормально падает на идеальное зеркало, равномерно освещая всю его поверхность, площадь которой равна $S = 1 \text{ м}^2$. Чему равен модуль силы F давления этого светового пучка на зеркало?

Возможное решение

1. Каждый фотон в пучке света имеет энергию $h\nu$ и импульс $\frac{h\nu}{c}$. Поскольку $\nu = \frac{c}{\lambda}$, импульс фотона равен $\frac{h}{\lambda}$.
 2. При нормальном падении света на идеальное зеркало знак импульса меняется на противоположный, так что каждый фотон передаёт зеркалу импульс $\frac{2h}{\lambda}$.
 3. По второму закону Ньютона сила равна скорости изменения импульса p тела: $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$.
 4. За единицу времени ($\Delta t = 1 \text{ с}$) от зеркала отразятся все фотоны, находящиеся в цилиндре с высотой, равной скорости света c , и площадью основания S и движущиеся в направлении зеркала, так что $\Delta p = n \cdot cS \cdot \frac{2h}{\lambda}$
и $F = \frac{2nhcS}{\lambda} = 6,6 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$.
- Ответ: $F = \frac{2nhcS}{\lambda} = 6,6 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формулы для связи энергии и импульса, частоты и длины волны фотона, закон отражения света, а также второй закон Ньютона в импульсной формулировке</i>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей в системе;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	<p>3</p>
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	<p>2</p>

Вариант 1

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

Вариант 2

28

Каким образом зависит от температуры удельная теплота испарения жидкостей: увеличивается, остаётся неизменной или уменьшается при понижении температуры? Ответ поясните на основании известных явлений и закономерностей, касающихся поведения жидкостей и их паров в зависимости от температуры.

Возможное решение

1. В конденсированном состоянии вещества, например в жидкости, потенциальная энергия взаимодействия (притяжения) молекул отрицательна и по модулю превышает их кинетическую энергию.
2. При понижении температуры интенсивность теплового движения молекул уменьшается. Убывают их среднеквадратичная скорость и средняя кинетическая энергия, и число молекул с энергиями, достаточными для покидания жидкости, уменьшается.
3. Поэтому молекулы труднее преодолевают силы притяжения к жидкости и реже покидают её, что приводит к уменьшению концентрации молекул в паре, уменьшению плотности пара и увеличению различий в плотности жидкости и пара.
4. Таким образом, энергия, необходимая для перевода одной молекулы из жидкости в пар, с ростом температуры увеличивается, и соответственно увеличивается удельная теплота испарения жидкостей.

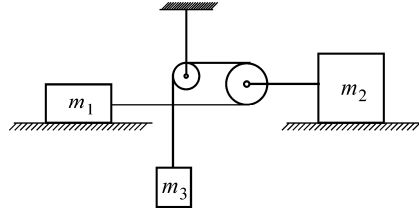
Ответ: удельная теплота испарения жидкостей увеличивается при понижении температуры

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>с понижением температуры удельная теплота испарения жидкостей увеличивается</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>указание на соотношение потенциальной и кинетической энергии молекул в жидкости, на характер изменения теплового движения молекул и их скоростей и энергий при понижении температуры, на увеличение при этом различий в плотности жидкости и пара и затруднение перехода молекул из жидкости в пар</i>)	3

<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.). И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	<p>2</p>
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимые для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

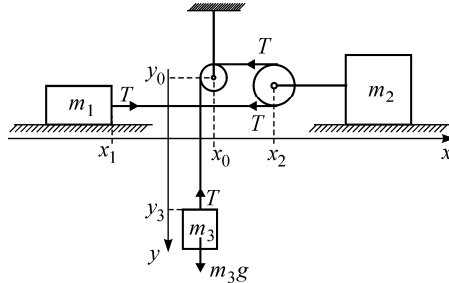
29

В системе, изображённой на рисунке, трения нет, блоки невесомы, нить невесома и нерастяжима, $m_1 = 2$ кг, $m_2 = 4$ кг, $m_3 = 1$ кг. Найдите модуль и направление ускорения \vec{a}_3 груза массой m_3 .



Возможное решение

1. Введём на рисунке неподвижную систему координат, у которой ось x горизонтальна и направлена вправо, а ось y направлена вертикально вниз. Обозначим также силы, определяющие ускорения тел вдоль направлений их движения: силу T натяжения нити, которая, как следует из условия задачи, постоянно по модулю вдоль всей нити, и силу тяжести m_3g .



2. Записывая второй закон Ньютона в проекциях на оси x и y для трёх грузов, получаем $m_1 a_1 = T$, $m_2 a_2 = -2T$, $m_3 a_3 = m_3 g - T$.
3. Поскольку нить нерастяжима, из постоянства её длины получаем следующее соотношение для координат грузов:

$$x_2 - x_1 + x_2 - x_0 + y_3 - y = \text{const.}$$

Отсюда следует связь между ускорениями грузов: $2a_2 - a_1 + a_3 = 0$.

4. Решая полученную систему уравнений, находим модуль искомого ускорения: $a_3 = \frac{m_3(4m_1 + m_2)g}{m_1 m_2 + m_2 m_3 + 4m_1 m_3} = 6 \text{ м/с}^2$, вектор \vec{a}_3 направлен вниз.

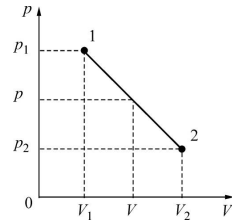
Ответ: $a_3 = \frac{m_3(4m_1 + m_2)g}{m_1 m_2 + m_2 m_3 + 4m_1 m_3} = 6 \text{ м/с}^2$, вектор \vec{a}_3 направлен вниз.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона и кинематические соотношения</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие ОДНОМУ из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

30

С некоторым количеством идеального газа проводят процесс 1–2, для которого график зависимости давления от объёма представляет собой на pV -диаграмме прямую линию (см. рисунок). Параметры начального и конечного состояний процесса: $p_1 = 4$ атм, $V_1 = 1,5$ л, $p_2 = 1,3$ атм, $V_2 = 4,5$ л. Какой объём V_M соответствует максимальной температуре газа в данном процессе?



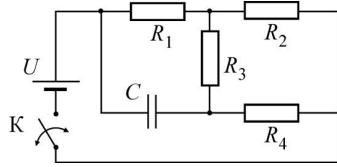
Возможное решение
<p>1. Согласно уравнению Клапейрона–Менделеева $pV = \nu RT$ максимальная температура газа в процессе достигается там, где максимально произведение pV.</p> <p>2. Зависимость $p(V)$ для процесса 1–2, как нетрудно показать, имеет вид</p> $p(V) = p_1 + \frac{p_2 - p_1}{V_2 - V_1}(V - V_1).$ <p>3. Имеем $pV = p_1V + \frac{p_2 - p_1}{V_2 - V_1}(V - V_1)V = \frac{p_2 - p_1}{V_2 - V_1}V^2 + \frac{p_1V_2 - p_2V_1}{V_2 - V_1}V$.</p> <p>Максимум этой квадратичной зависимости достигается при значении объёма</p> $V_M = \frac{p_1V_2 - p_2V_1}{2(p_1 - p_2)} \approx 3 \text{ л.}$ <p>Ответ: $V_M = \frac{p_1V_2 - p_2V_1}{2(p_1 - p_2)} \approx 3 \text{ л.}$</p>

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Клапейрона–Менделеева и математические соотношения между давлениями и объёмами</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	<p>2</p>
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

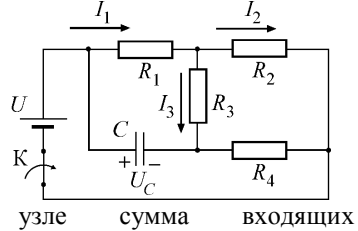
31

Какой заряд установится на конденсаторе C ёмкостью 1 мкФ после замыкания ключа K в цепи, схема которой изображена на рисунке? Параметры цепи: $U = 12 \text{ В}$, $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 1 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$. Внутреннее сопротивление батареи равно нулю.



Возможное решение

1. После замыкания ключа K в цепи пойдёт ток и конденсатор C постепенно зарядится до напряжения U_C и заряда $q = CU_C$, после чего ток через конденсатор прекратится.
2. Пусть токи через резисторы R_1 , R_2 и R_3 равны I_1 , I_2 и I_3 . Тогда по закону сохранения заряда в каждом узле сумма входящих в него токов равна сумме выходящих: $I_1 = I_2 + I_3$.



3. По закону Ома для полной цепи $I_1 = \frac{U}{R_\Sigma}$, где по правилам вычисления сопротивлений для параллельного и последовательного соединения резисторов суммарное сопротивление вычисляется по формуле

$$R_\Sigma = R_1 + \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4}.$$

4. По закону Ома для участка цепи $U_C = I_1 R_1 + I_3 R_3$.
5. Кроме того, падение напряжения на резисторе R_2 должно равняться падению напряжения на резисторах R_3 и R_4 , соединённых с ним параллельно: $I_2 R_2 = I_3(R_3 + R_4)$.
6. Решая полученную систему уравнений, получим

$$q = CU \frac{R_1(R_2 + R_3 + R_4) + R_2 R_3}{R_1(R_2 + R_3 + R_4) + R_2(R_3 + R_4)} \approx 10,2 \text{ мкКл.}$$

Ответ: $q = CU \frac{R_1(R_2 + R_3 + R_4) + R_2 R_3}{R_1(R_2 + R_3 + R_4) + R_2(R_3 + R_4)} \approx 10,2 \text{ мкКл.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>связь напряжения и заряда на конденсаторе, законы Ома для участка и для полной цепи, параллельное и последовательное соединение резисторов, закон сохранения заряда и его следствия для цепей постоянного тока</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	<p>3</p>
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	<p>2</p>

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

32

Параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 500$ нм и концентрацией фотонов $n = 10^{13} \text{ м}^{-3}$ нормально падает на идеальное зеркало, равномерно освещая всю его поверхность, площадь которой равна $S = 0,25 \text{ м}^2$. Чему равен модуль силы F давления этого светового пучка на зеркало?

Возможное решение

1. Каждый фотон в пучке света имеет энергию $h\nu$ и импульс $\frac{h\nu}{c}$. Поскольку

$$\nu = \frac{c}{\lambda}, \text{ импульс фотона равен } \frac{h}{\lambda}.$$

2. При нормальном падении света на идеальное зеркало знак импульса меняется на противоположный, так что каждый фотон передаёт зеркалу импульс $\frac{2h}{\lambda}$.

3. По второму закону Ньютона сила равна скорости изменения импульса p тела: $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$.

4. За единицу времени ($\Delta t = 1$ с) от зеркала отразятся все фотоны, находящиеся в цилиндре с высотой, равной скорости света c , и площадью основания S и движущиеся в направлении зеркала, так что $\Delta p = n \cdot cS \cdot \frac{2h}{\lambda}$ и $F = \frac{2nhcS}{\lambda} = 1,98 \cdot 10^{-6}$ Н.

Ответ: $F = \frac{2nhcS}{\lambda} = 1,98 \cdot 10^{-6}$ Н.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формулы для связи энергии и импульса, частоты и длины волны фотона, закон отражения света, а также второй закон Ньютона в импульсной формулировке</i>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей в системе;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	<p>3</p>
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	<p>2</p>

Вариант 2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

Вариант 3

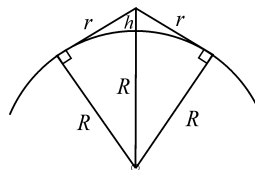
28

Капитан парусного корабля в открытом море не обнаружил в пределах видимости (до горизонта) ни одного клочка земли. Тогда он послал юнгу оглядеться с самого верха грот-мачты, который находился над уровнем моря в 4 раза выше, чем капитанский мостик. Во сколько раз при этом увеличилась площадь поверхности моря, которую можно было обозревать? Считайте, что радиус Земли гораздо больше высоты мачты.

Возможное решение

1. Согласно закону прямолинейного распространения света в однородной среде горизонтальный луч от точки на пределе видимости (на горизонте) попадает к наблюдателю на корабле под небольшим углом к горизонтали, поскольку поверхность моря не плоская, а имеет сферическую форму. С ростом высоты наблюдателя над уровнем моря расстояние до видимого горизонта увеличивается.

2. Обозначим через R радиус Земли, и пусть r – расстояние от наблюдателя до горизонта, а h – высота наблюдателя над уровнем моря. Построим ход лучей от горизонта до наблюдателя (см. рисунок).



3. По теореме Пифагора для прямоугольного треугольника с вершинами в центре Земли, на горизонте и у наблюдателя имеем $R^2 + r^2 = (R+h)^2$.

4. Отсюда с учётом того, что $h \ll r \ll R$, получаем $r^2 = (R+h)^2 - R^2 \approx 2Rh$, то есть $r \approx \sqrt{2Rh}$, и площадь поверхности моря, которую можно было обозревать, $S \approx \pi r^2$, при увеличении высоты h в 4 раза возросла также в 4 раза

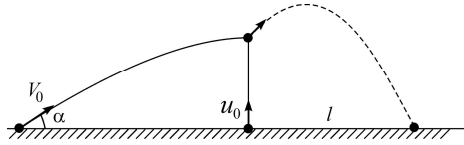
Ответ: возросла в 4 раза

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>при подъёме наблюдателя над поверхностью моря расстояние до видимого горизонта увеличивается</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>указание на закон прямолинейного распространения света в однородной среде и использование геометрических соотношений для фигурирующих в решении размеров с учётом их относительных величин</i>)	3

<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.). И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	<p>2</p>
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

29

Небольшое тело бросили под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонтальной плоскости с начальной скоростью $V_0 = 40$ м/с. В верхней точке траектории в него попало другое тело с такой же массы, брошенное с той же плоскости вертикально вверх с начальной скоростью $u_0 = 25$ м/с, и оба тела в результате абсолютно неупругого удара слиплись и полетели дальше вместе (см. рисунок). На каком расстоянии l от места броска второго тела слипшиеся тела упадут на горизонтальную плоскость? Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

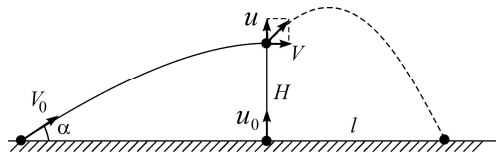


Возможное решение

1. Из условия задачи следует, что первое тело в момент столкновения со вторым будет находиться в верхней точке траектории на высоте $H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = 20$ м и двигаться горизонтально со скоростью $V_0 \cos \alpha = 20\sqrt{3}$ м/с (см. рисунок).

2. Второе тело в момент столкновения будет двигаться на высоте H в вертикальном направлении со скоростью, равной, согласно закону сохранения механической энергии, $u_1 = \sqrt{u_0^2 - 2gH} = 15$ м/с.

3. Поскольку массы столкнувшихся тел одинаковы, из закона сохранения импульса следует, что образовавшееся при столкновении слипшееся тело будет иметь по горизонтали и по вертикали вдвое меньшие проекции скорости:



$V = \frac{V_0 \cos \alpha}{2} = 10\sqrt{3}$ м/с $\approx 17,32$ м/с и $u = \frac{1}{2} \sqrt{u_0^2 - 2gH} = 7,5$ м/с.

4. Время полёта слипшегося тела до земли можно определить из кинематической формулы для равнозамедленного движения: $H + ut - gt^2/2 = 0$,

или $gt^2 - 2ut - 2H = 0$, откуда $t = \frac{u + \sqrt{u^2 + 2gH}}{g} \approx 2,886$ с. За это время

составное тело пролетит по горизонтали расстояние от места столкновения $l = Vt \approx 49,986 \approx 50$ м.

Ответ: $l \approx 50$ м.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формулы кинематики равноускоренного движения, закон сохранения механической энергии и закон сохранения импульса</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

30

Морозильная камера установлена на кухне, где температура равна $t_1 = +20^\circ\text{C}$, и потребляет в течение длительного времени среднюю мощность $P = 70$ Вт, обеспечивая внутреннюю температуру $t_2 = -18^\circ\text{C}$. Оцените мощность подвода теплоты в камеру из окружающей среды, считая, что морозильник работает по обратному циклу Карно (то есть за счёт совершаемой двигателем работы забирает теплоту от содержимого камеры и «перекачивает» её в окружающую среду).

Возможное решение

1. При работе теплового двигателя по циклу Карно согласно первому началу термодинамики теплота Q^+ , отнятая от более нагретого тела с абсолютной температурой T_1 , расходуется на производство работы A , а её часть Q^- отдаётся более холодному телу с температурой T_2 . При этом $Q^+ = A + Q^-$, КПД цикла Карно $\eta = \frac{A}{Q^+} = \frac{A}{A + Q^-} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$. Таким образом, $Q^- = \frac{T_2}{T_1 - T_2} A$.
2. При работе морозильника в непрерывном режиме всё происходит наоборот: теплота Q^- , поступающая из окружающей среды в морозильную камеру, отнимается от неё при помощи работы A внешнего источника, и в окружающую среду отдаётся теплота $Q^+ = A + Q^-$. Таким образом, при работе морозильника теплота Q^- «циркулирует» между средой и камерой, а в среду дополнительно отдаётся теплота $Q = A$.
3. Мощность подвода теплоты в камеру при работе по обратному циклу Карно может быть оценена, таким образом, по выведенной выше формуле – она выражается через среднюю работу за определённый промежуток времени t :

$$N = \frac{Q^-}{t} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \frac{A}{t} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} P = \frac{255}{38} \cdot 70 \approx 470 \text{ Вт}.$$

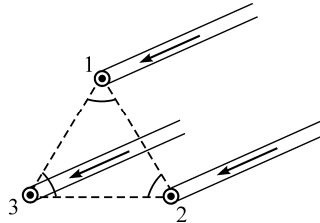
Ответ: $N = 470$ Вт.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>определение КПД теплового двигателя, выражение для КПД цикла Карно и принцип работы морозильника</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

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

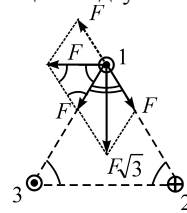
31

Три параллельных тонких длинных провода в сечении перпендикулярной им плоскостью находятся в вершинах равностороннего треугольника (см. рисунок), и по ним текут в одном направлении одинаковые токи. Во сколько раз изменится по модулю сила Ампера, действующая на единицу длины провода № 1 со стороны проводов № 2 и № 3, если направление тока в проводе № 2 изменить на противоположное?



Возможное решение

1. Обозначим модуль силы, действующей на единицу длины взаимодействующих проводов (№ 1 и № 2, № 1 и № 3), при протекании по ним одинаковых токов, через F .
2. Параллельные длинные проводники с однонаправленными токами, как следует из закона Ампера, притягиваются, а направленные в разные стороны – отталкиваются друг от друга.
3. Тогда в первом случае две силы притяжения F , действующие под углом 60° друг к другу, дают в сумме силу, направленную (см. рисунок) вниз и равную по модулю $2F\cos 30^\circ = F\sqrt{3}$.
4. После изменения направления тока № 2 суммарная сила, складывающаяся из двух сил F , составляющих угол 120° друг с другом, будет направлена влево (см. рисунок) и равна по модулю F .
5. Таким образом, суммарная сила, действующая на единицу длины провода № 1 со стороны проводов № 2 и № 3, уменьшится по модулю в $\sqrt{3}$ раз.



Ответ: суммарная сила уменьшится по модулю в $\sqrt{3}$ раз.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>взаимодействие параллельных токов, закон Ампера и геометрические соотношения при сложении векторов</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	<p>3</p>

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	<p>2</p>
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

32

«Просветлением оптики» называется уменьшение отражения света от преломляющих поверхностей оптических систем, например от объектива фотоаппарата. Для этого на поверхность объектива наносят тонкую плёнку с показателем преломления, отличающимся от показателя преломления n стекла объектива, и подбирают её толщину определённым образом. Какую минимальную толщину d должна иметь эта плёнка, для того чтобы максимально погасить отражение света в наиболее чувствительной для глаза человека жёлто-зелёной части спектра, при длине волны в воздухе $\lambda = 560$ нм, если показатель преломления плёнки при этой длине волны равен $n_{пл} = 1,4$? Какой оттенок цвета при этом имеют «просветлённые» объективы? Падение света на объектив можно считать практически нормальным.

Возможное решение

1. При почти нормальном падении света на поверхность стекла, покрытого плёнкой, на двух границах раздела возникают отражённые волны (см. рисунок).

2. Эти две волны, полученные делением одной падающей волны, когерентны и могут интерферировать друг с другом.

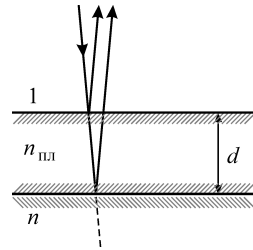
3. В плёнке с показателем преломления $n_{пл}$ длина волны света уменьшается в $n_{пл}$ раз по сравнению с воздухом: $\lambda_{пл} = \lambda/n_{пл}$.

4. Минимум отражения на длине волны λ получится тогда, когда разность хода $2d$ у двух упомянутых волн будет равна нечётному числу половин длины волны в плёнке: $2d = \frac{(2m+1)\lambda_{пл}}{2}$, где m – целое число.

5. Минимальная толщина плёнки для гашения света с длиной волны λ получится при $m = 0$, откуда $d = \frac{\lambda_{пл}}{4} = \frac{\lambda}{4n_{пл}} = \frac{560}{4 \cdot 1,4}$ нм = 100 нм = 0,1 мкм.

Поскольку зелёная часть в спектре белого света гасится, остаются синяя и красная части, и объектив имеет красновато-синеватый оттенок в отражённом свете.

Ответ: $d = \frac{\lambda}{4n_{пл}} = 100$ нм = 0,1 мкм; объектив имеет красновато-синеватый оттенок.



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>интерференция когерентных волн света после отражения на двух границах трёх прозрачных сред, условие минимума при интерференции и выражение для длины волны в среде с некоторым показателем преломления</i>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей в системе;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

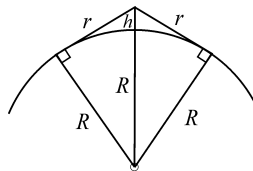
Вариант 4

28

Капитан парусного корабля в открытом море не обнаружил в пределах видимости (до горизонта) ни одного клочка земли. Тогда он послал юнгу оглядеться с самого верха грот-мачты, который находился над уровнем моря в 4 раза выше, чем капитанский мостик. Во сколько раз при этом увеличилось расстояние до крайней точки поверхности моря, которую ещё можно было видеть?

Возможное решение

- Согласно закону прямолинейного распространения света в однородной среде горизонтальный луч от точки на пределе видимости (на горизонте) попадает к наблюдателю на корабле под небольшим углом к горизонтали, поскольку поверхность моря не плоская, а имеет сферическую форму. С ростом высоты наблюдателя над уровнем моря расстояние до видимого горизонта увеличивается.
- Обозначим через R радиус Земли, и пусть r – расстояние от наблюдателя до горизонта, а h – высота наблюдателя над уровнем моря. Построим ход лучей от горизонта до наблюдателя (см. рисунок).
- По теореме Пифагора для прямоугольного треугольника с вершинами в центре Земли, на горизонте и у наблюдателя имеем $R^2 + r^2 = (R + h)^2$.
- Отсюда с учётом того, что $h \ll r \ll R$, получаем $r^2 = (R + h)^2 - R^2 \approx 2Rh$, то есть $r \approx \sqrt{2Rh}$, и расстояние до крайней точки поверхности моря, которую ещё можно было видеть, при увеличении высоты h в 4 раза возросло в 2 раза.



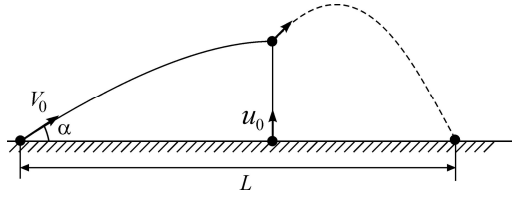
Ответ: возросло в 2 раза

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>при подъёме наблюдателя над поверхностью моря расстояние до видимого горизонта увеличивается</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>указание на закон прямолинейного распространения света в однородной среде и использование геометрических соотношений для фигурирующих в решении размеров с учётом их относительных величин</i>)	3

<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.). И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	<p>2</p>
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

29

Небольшое тело бросили под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонтальной плоскости с начальной скоростью $V_0 = 40$ м/с. В верхней точке траектории в него попало другое тело такой же массы, брошенное с той же плоскости вертикально вверх с начальной скоростью $u_0 = 25$ м/с, и оба тела в результате абсолютно неупругого удара слиплись и полетели дальше вместе (см. рисунок). На каком расстоянии L от места броска первого тела слипшиеся тела упадут на горизонтальную плоскость? Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Ответ выразите в метрах и округлите до целого числа.



Возможное решение

1. Из условия задачи следует, что первое тело в момент столкновения со вторым будет находиться в верхней точке траектории на высоте

$$H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = 20 \text{ м}$$

и двигаться горизонтально со скоростью $V_0 \cos \alpha = 20\sqrt{3}$ м/с. Оно пройдёт за время своего подъёма $t_0 = \frac{V_0 \sin \alpha}{g} = 2$ с расстояние по горизонтали, равное

$$l_0 = V_0 \cos \alpha \cdot t_0 = 40\sqrt{3} \text{ м} \approx 69,3 \text{ м}$$

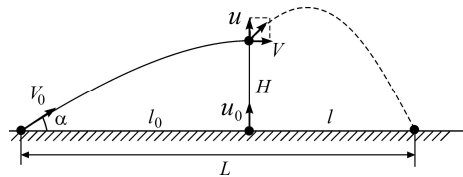
2. Второе тело в момент столкновения будет двигаться на высоте H в вертикальном направлении со скоростью, равной, согласно закону сохранения механической энергии, $u_1 = \sqrt{u_0^2 - 2gH} = 15$ м/с.

3. Поскольку массы столкнувшихся тел одинаковы, из закона сохранения импульса следует, что образовавшееся при столкновении слипшееся тело будет иметь по горизонтали и по вертикали вдвое меньшие проекции скорости: $V = \frac{V_0 \cos \alpha}{2} = 10\sqrt{3}$ м/с $\approx 17,32$ м/с и $u = \frac{1}{2} \sqrt{u_0^2 - 2gH} = 7,5$ м/с.

4. Время полёта слипшегося тела до земли можно определить из кинематической формулы для равнозамедленного движения: $\frac{H + Ut - gt^2}{2} = 0$,

$$\text{или } gt^2 - 2ut - 2H = 0, \text{ откуда } t = \frac{U + \sqrt{U^2 + 2gH}}{g} \approx 2,886 \text{ с.}$$

За это время составное тело пролетит по горизонтали расстояние от места столкновения $l = Vt \approx 49,986 \approx 50$ м.



5. Таким образом, слипшиеся тела упадут на горизонтальную плоскость на расстоянии $L = l_0 + l \approx 119$ м от места броска первого тела.

Ответ: $L \approx 119$ м

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формулы кинематики равноускоренного движения, закон сохранения механической энергии и закон сохранения импульса</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

30

Морозильная камера установлена на кухне, где температура равна $t_1 = +20^\circ\text{C}$, и потребляет в течение длительного времени среднюю мощность $P = 89,4$ Вт, обеспечивая внутреннюю температуру $t_2 = -18^\circ\text{C}$. Оцените мощность подвода теплоты в камеру из окружающей среды, считая, что морозильник работает по обратному циклу Карно. Ответ выразите в Вт и округлите до целого числа.

Возможное решение

1. При работе теплового двигателя по циклу Карно согласно первому началу термодинамики теплота Q^+ , отнятая от более нагретого тела с абсолютной температурой T_1 , расходуется на производство работы A , а её часть Q^- отдаётся более холодному телу с температурой T_2 . При этом $Q^+ = A + Q^-$, а КПД цикла Карно $\eta = \frac{A}{Q^+} = \frac{A}{A + Q^-} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$. Таким

$$\text{образом, } Q^- = \frac{T_2}{T_1 - T_2} A.$$

2. При работе морозильника в непрерывном режиме всё происходит наоборот: теплота Q^- , поступающая из окружающей среды в морозильную камеру, отнимается от неё при помощи работы A внешнего источника, и в окружающей среде отдаётся теплота $Q^+ = A + Q^-$. Таким образом, при работе морозильника теплота Q^- «циркулирует» между средой и камерой, а в среду дополнительно отдаётся теплота $Q = A$.

3. Мощность теплоподвода в камеру при работе по обратному циклу Карно может быть оценена, таким образом, по выведенной выше формуле – она выражается через среднюю работу за определённый промежуток времени t :

$$N = \frac{Q^-}{t} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \frac{A}{t} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} P = \frac{255}{38} \cdot 90 \approx 600 \text{ Вт}.$$

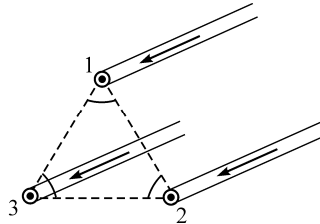
Ответ: $N = 600$ Вт.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>определение КПД теплового двигателя, выражение для КПД цикла Карно и принцип работы морозильника</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие ОДНОМУ из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

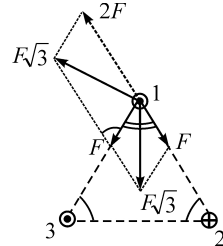
31

Три параллельных тонких длинных провода в сечении перпендикулярной им плоскостью находятся в вершинах равностороннего треугольника (см. рисунок), и по ним текут в одном направлении одинаковые токи. Во сколько раз изменится по модулю сила Ампера, действующая на единицу длины провода №1 со стороны проводов № 2 и № 3, если направление тока в проводе № 2 изменить на противоположное и увеличить его силу в 2 раза?



Возможное решение

1. Обозначим модуль силы, действующей на единицу длины взаимодействующих проводов (№ 1 и № 2, № 1 и № 3) при протекании по ним одинаковых токов, через F .
2. Параллельные длинные проводники с однонаправленными токами, как следует из закона Ампера, притягиваются, а направленные в разные стороны – отталкиваются друг от друга.
3. Тогда в первом случае две силы притяжения F , действующие под углом 60° друг к другу, дают в сумме силу, направленную (см. рисунок) вниз и равную по модулю $2F\cos 30^\circ = F\sqrt{3}$
4. Модуль силы взаимодействия проводников № 1 и № 2 пропорционален по закону Ампера индукции магнитного поля от проводника № 2 и при увеличении тока в нём в два раза также возрастёт в два раза и станет равным $2F$, а направление силы по сравнению с первым случаем изменится на противоположное (см. рисунок).
5. Складывая векторы с модулями F и $2F$, направленные под углом 60° друг к другу, по теореме косинусов получаем, что модуль суммарной силы во втором случае равен $\sqrt{F^2 + (2F)^2 - 2 \cdot F \cdot 2F \cdot \cos 60^\circ} = F\sqrt{3}$, то есть он не изменится по сравнению с первым случаем.



Ответ: суммарная сила по модулю не изменится.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>взаимодействие параллельных токов, закон Ампера и геометрические соотношения при сложении векторов</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	<p>3</p>

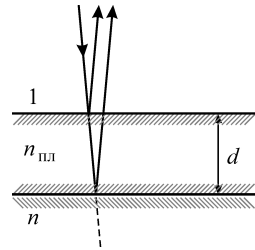
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

32

«Просветлением оптики» называется уменьшение отражения света от преломляющих поверхностей оптических систем, например от объектива фотоаппарата. Для этого на поверхность объектива наносят тонкую плёнку с показателем преломления, отличающимся от показателя преломления n стекла объектива, и подбирают её толщину определённым образом. Какую минимальную толщину d должна иметь эта плёнка, для того чтобы максимально погасить отражение света в наиболее чувствительной для глаза человека жёлто-зелёной части спектра, при длине волны в воздухе $\lambda = 540$ нм, если показатель преломления плёнки при этой длине волны равен $n_{\text{пл}} = 1,35$? Какой оттенок цвета при этом имеют «просветлённые» объективы? Падение света на объектив можно считать практически нормальным.

Возможное решение

1. При почти нормальном падении света на поверхность стекла, покрытого плёнкой, на двух границах раздела возникают отражённые волны (см. рисунок).
2. Эти две волны, полученные делением одной падающей волны, когерентны и могут интерферировать друг с другом.
3. В плёнке с показателем преломления $n_{\text{пл}}$ длина волны света уменьшается в $n_{\text{пл}}$ раз по сравнению



с воздухом: $\lambda_{\text{пл}} = \frac{\lambda}{n_{\text{пл}}}$.

4. Минимум отражения на длине волны λ получится тогда, когда разность хода $2d$ у двух волн будет равна нечётному числу половин длины волны в плёнке: $2d = \frac{(2m+1)\lambda_{\text{пл}}}{2}$, где m – целое число.

5. Минимальная толщина плёнки для гашения света с длиной волны λ получится при $m = 0$, откуда $d = \frac{\lambda_{\text{пл}}}{4} = \frac{\lambda}{4n_{\text{пл}}} = \frac{540}{4 \cdot 1,35}$ нм = 100 нм = 0,1 мкм.

Поскольку зелёная часть в спектре белого света гасится, остаются синяя и красная части, и объектив имеет красновато-синеватый оттенок в отражённом свете.

Ответ: $d = \frac{\lambda}{4n_{\text{пл}}} = 1000 \text{ \AA} = 0,1 \text{ мкм}$; объектив имеет красновато-синеватый оттенок.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>интерференция когерентных волн света после отражения на двух границах трёх прозрачных сред, условие минимума при интерференции и выражение для длины волны в среде с некоторым показателем преломления</i>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей в системе;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	<p>3</p>
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	<p>2</p>

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p> <p>ИЛИ</p> <p>Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

Вариант 5

28

Каким образом возникают газовый разряд и свечение в стеклянных трубках с достаточно разреженными газами при подаче на электроды в трубках высокого напряжения? Какие частицы (ионы или электроны) играют основную роль в обеспечении ионизации газа? Оцените, во сколько раз отличаются кинетические энергии электронов и ионов атомарного водорода (протонов) после их ускорения в электрическом поле. Ответ поясните на основании известных законов механики и электродинамики.

Возможное решение

1. Для того чтобы в газе при наличии электрического поля существовал разряд, то есть шёл электрический ток, необходимо наличие в нём заряженных частиц – ионов и электронов.
2. Заряженные частицы, ускоряясь в электрическом поле и сталкиваясь с нейтральными атомами газа, могут вызывать либо их ионизацию (отрыв электрона), либо их возбуждение, при котором электрон переходит на более высокий энергетический уровень. Это возможно в том случае, если за время ускорения заряженных частиц они приобретают достаточную для осуществления указанных процессов кинетическую энергию.
3. При обратных переходах в основное состояние возбуждённые атомы излучают кванты света, в результате чего газоразрядные трубки светятся.
4. Если в какой-то момент атом газа (например, водорода) в трубке был ионизирован и возникла пара «протон + электрон» с одинаковыми разноимёнными зарядами, равными по модулю e , и сильно отличающимися массами m , то в электрическом поле с напряжённостью E , существующем в трубке при подаче на электроды высокого напряжения U , эти частицы ускоряются. Приобретённая ими кинетическая энергия W_k за время t при этом равна работе сил $F = eE$ электрического поля на пути

$$s = \frac{at^2}{2}, \text{ который проходят частицы, двигаясь с ускорением } a = \frac{F}{m}:$$

$$W_k = eU = eE \cdot s = \frac{(eE)^2 t^2}{2m} \sim \frac{1}{m}, \text{ то есть лёгкие частицы (электроны)}$$

ускоряются быстрее и приобретают бóльшую кинетическую энергию, чем тяжёлые ионы.

5. Поэтому ионизация и возбуждение атомов в газовом разряде осуществляются в основном за счёт их столкновений с электронами, то есть «электронного удара», причём кинетическая энергия ускоренных электронов превышает кинетическую энергию протонов (в случае

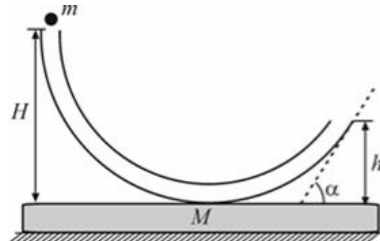
$$\text{атомарного водорода) в } \frac{W_{ke}}{W_{kp}} = \frac{m_p}{m_e} \approx 1840 \text{ раз.}$$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>лёгкие электроны ускоряются быстрее и приобретают гораздо большую кинетическую энергию, чем тяжёлые ионы, что и обеспечивает главную роль электронов в осуществлении газового разряда</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>указание на причину возникновения электрического тока, способ ионизации и возбуждения излучения атомов в газовом разряде, на связь изменения кинетической энергии частиц с работой ускоряющих их сил электрического поля, а также на зависимость ускорения и пройденного пути от массы частиц</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2

<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимые для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	
	3

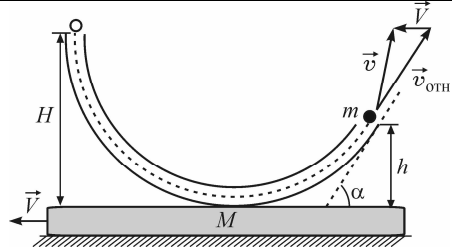
29

На гладком горизонтальном столе покоится брусок с прикрепленной к нему гладкой изогнутой в вертикальной плоскости тонкой жёсткой трубкой (см. рисунок). Общая масса бруска с трубкой равна $M = 1$ кг. В верхний конец вертикальной части трубки, находящийся на высоте $H = 1$ м над бруском, опускают без начальной скорости маленький шарик массой $m = 100$ г. Другой конец трубки наклонён к горизонту под углом $\alpha = 45^\circ$ и находится на высоте $h = 30$ см над бруском. Найдите модуль скорости, с которой будет двигаться брусок, после того как шарик вылетит из трубки.



Возможное решение

1. Из условия задачи следует, что шарик вылетит из трубки с некоторой скоростью \vec{v} относительно стола, а брусок приобретёт горизонтальную скорость \vec{V} , направленную влево (см. рисунок).



2. Поскольку шарик в системе отсчёта, связанной с бруском, вылетает вдоль трубки со скоростью $\vec{v}_{отн}$, направленной под углом α к горизонту, а сама трубка в момент вылета шарика движется влево со скоростью \vec{V} , согласно классическому закону сложения скоростей имеем $\vec{v} = \vec{v}_{отн} + \vec{V}$, и по теореме Пифагора $v^2 = v_{отн}^2 \sin^2 \alpha + (v_{отн} \cos \alpha - V)^2$.

3. Поскольку механическая энергия системы сохраняется, можно записать

$$mg(H - h) = \frac{mv^2}{2} + \frac{MV^2}{2}.$$

4. Сохраняется также и нулевая горизонтальная проекция импульса системы, так что $MV = m(v_{отн} \cos \alpha - V)$.

5. Решая полученную систему уравнений, находим модуль искомой скорости

$$\text{бруска: } V = m \cos \alpha \sqrt{\frac{2g(H - h)}{(M + m \sin^2 \alpha)(M + m)}} \approx 0,25 \text{ м/с.}$$

$$\text{Ответ: } V = m \cos \alpha \sqrt{\frac{2g(H - h)}{(M + m \sin^2 \alpha)(M + m)}} \approx 0,25 \text{ м/с.}$$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон сложения скоростей, закон сохранения механической энергии и закон сохранения проекции импульса);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	<p>2</p>
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

30

Некоторое количество идеального газа находится в объёме $V_1 = 30$ л под давлением $p_1 = 2,5 \cdot 10^4$ Па при температуре $T_1 = 100$ К. Какое количество теплоты ΔQ надо подвести к газу для его нагревания до температуры $T_2 = 300$ К в процессе, при котором молярная теплоёмкость этого газа зависит от температуры по закону $C_m = aT$, где $a = 0,25$ Дж/(моль·К²)?

Возможное решение

1. Так как газ идеальный, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева количество его вещества (число молей) ν вычисляется по формуле

$$\nu = \frac{p_1 V_1}{RT_1}.$$

2. В рассматриваемом процессе молярная теплоёмкость газа при увеличении температуры возрастает по линейному закону. Поэтому количество теплоты Q , которое надо подвести к газу для его нагревания от температуры $T_1 = 100$ К до температуры $T_2 = 300$ К, равно произведению числа молей ν на изменение температуры $\Delta T = T_2 - T_1$ и на среднюю молярную теплоёмкость $C_{cp} = \frac{C_m(T_1) + C_m(T_2)}{2} = \frac{\alpha(T_1 + T_2)}{2}$:

$$\Delta Q = \nu \Delta T C_{cp} = \frac{p_1 V_1}{RT_1} \cdot (T_2 - T_1) \cdot \frac{\alpha(T_1 + T_2)}{2} = \frac{\alpha p_1 V_1}{2RT_1} (T_2^2 - T_1^2) = 9025 \text{ Дж}.$$

Ответ: $\Delta Q = \frac{\alpha p_1 V_1}{2RT_1} (T_2^2 - T_1^2) = 9025$ Дж.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Клапейрона–Менделеева и формула для подсчёта количества теплоты с использованием средней теплоёмкости</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	<p>2</p>
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

31

Математический маятник, грузик которого имеет массу $m = 10$ г, совершает малые колебания в поле силы тяжести с периодом $T_1 = 0,6$ с. Грузик зарядили и включили направленное вниз однородное вертикальное электрическое поле, модуль напряжённости которого равен $E = 2$ кВ/м. В результате этого период колебаний маятника стал равным $T_2 = 0,4$ с. Найдите заряд q грузика.

Возможное решение

1. В первом случае период колебаний математического маятника равен

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \text{ где } l - \text{длина нити подвеса маятника.}$$

2. Во втором случае период колебаний шарика в электрическом поле, направленном вниз, уменьшился, значит, сила натяжения нити подвеса увеличилась и заряд шарика положительный.

3. При малых колебаниях математического маятника с грузиком массой m и с зарядом q в поле тяготения модуль F силы натяжения нити близок к $mg + qE$. Уравнение движения грузика в проекции на горизонтальную ось

X имеет вид $m\ddot{x} \approx -F\alpha \approx -(mg + qE)\frac{x}{l}$, где $\alpha \approx \frac{x}{l}$ – угол отклонения нити от вертикали, x – смещение грузика. Отсюда получаем уравнение гармонических колебаний: $x'' + \frac{mg + qE}{ml}x = 0$, или $x'' + \omega^2x = 0$, где

$\omega^2 = \frac{mg + qE}{ml}$. Период этих колебаний равен

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g + (qE/m)}} = \frac{T_1}{\sqrt{1 + \frac{qE}{mg}}}.$$

4. Из последнего уравнения находим заряд шарика маятника:

$$q = \left[\left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2 - 1 \right] \frac{mg}{E} = 62,5 \text{ мкКл.}$$

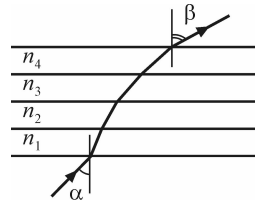
Ответ: $q = \left[\left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2 - 1 \right] \frac{mg}{E} = 62,5 \text{ мкКл.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула для периода колебаний математического маятника под действием силы тяжести, уравнение движения математического маятника при наличии силы тяжести и электрического поля, связь между периодом колебаний и коэффициентом перед линейным слагаемым в уравнении гармонических колебаний</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	<p>3</p>
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	<p>2</p>

<p>Представлены записи, соответствующие ОДНОМУ из следующих случаев.</p> <p>Преданы только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

32

Параллельный пучок света падает из воздуха на стопку из четырёх плоскопараллельных стеклянных пластин под углом $\alpha = 30^\circ$ (см. рисунок). Под каким углом β пучок выйдет из этой стопки, если показатели преломления пластин равны $n_1 = 1,7$, $n_2 = 1,6$, $n_3 = 1,5$, $n_4 = 1,4$?

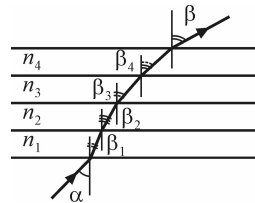


Возможное решение

1. Обозначим углы преломления света в пластинках через $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ (см. рисунок).

2. Тогда в соответствии с законом преломления света можно записать $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta_1} = n_1, \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_2} = \frac{n_2}{n_1}, \frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_3} = \frac{n_3}{n_2},$

$$\frac{\sin \beta_3}{\sin \beta_4} = \frac{n_4}{n_3}, \frac{\sin \beta_4}{\sin \beta} = \frac{1}{n_4}.$$



3. Перемножив эти соотношения, получим $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 1$, то есть $\beta = \alpha = 30^\circ$.

Ответ: $\beta = \alpha = 30^\circ$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон преломления света на границе двух прозрачных сред</i>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей в системе;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	<p>3</p>
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	<p>2</p>

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

Вариант 6

28

Каким образом возникают газовый разряд и свечение в стеклянных трубках с достаточно разреженными газами при подаче на электроды в трубках высокого напряжения? Какие частицы (ионы или электроны) играют основную роль в обеспечении ионизации газа? Оцените, во сколько раз отличаются кинетические энергии электронов и ионов гелия после их ускорения в электрическом поле (считайте, что при ионизации атом гелия теряет один электрон). Ответ поясните на основании известных законов механики и электродинамики.

Возможное решение

1. Для того чтобы в газе при наличии электрического поля существовал разряд, то есть шёл электрический ток, необходимо наличие в нём заряженных частиц – ионов и электронов.
2. Заряженные частицы, ускоряясь в электрическом поле и сталкиваясь с нейтральными атомами газа, могут вызывать либо их ионизацию (отрыв электрона), либо их возбуждение, при котором электрон переходит на более высокий энергетический уровень. Это возможно в том случае, если за время ускорения заряженных частиц они приобретают достаточную для осуществления указанных процессов кинетическую энергию.
3. При обратных переходах в основное состояние возбуждённые атомы излучают кванты света, в результате чего газоразрядные трубки светятся.
4. Если в какой-то момент атом газа (например, гелия) в трубке был ионизирован и возникла пара «ион+электрон» с одинаковыми разноимёнными зарядами, равными по модулю e , и сильно отличающимися массами m , то в электрическом поле с напряжённостью E , существующем в трубке при подаче на электроды высокого напряжения U , эти частицы ускоряются. Приобретённая ими кинетическая энергия W_k за время t при этом равна работе сил $F = eE$ электрического поля на пути $s = \frac{at^2}{2}$, который проходят частицы, двигаясь с ускорением $a = \frac{F}{m}$:

$$W_k = eU = eE \cdot s = \frac{(eE)^2 t^2}{2m} \sim \frac{1}{m},$$
 то есть лёгкие частицы (электроны) ускоряются быстрее и приобретают большую кинетическую энергию, чем тяжёлые ионы.
5. Поэтому ионизация и возбуждение атомов в газовом разряде осуществляются в основном за счёт их столкновений с электронами, то есть «электронного удара», причём кинетическая энергия ускоренных электронов превышает кинетическую энергию ионов гелия

$$\text{в } \frac{W_{ke}}{W_{kHe}} = \frac{m_{He}}{m_e} \approx 7350 \text{ раз.}$$

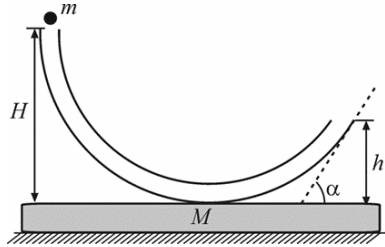
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>лёгкие электроны ускоряются быстрее и приобретают гораздо большую кинетическую энергию, чем тяжёлые ионы, что и обеспечивает главную роль электронов в осуществлении газового разряда</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>указание на причину возникновения тока, способ ионизации и возбуждения излучения атомов в газовом разряде, на связь изменения кинетической энергии частиц с работой ускоряющих их сил электрического поля, а также на зависимость ускорения и пройденного пути от массы частиц</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.). И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2

Вариант 6

<p>Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимые для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

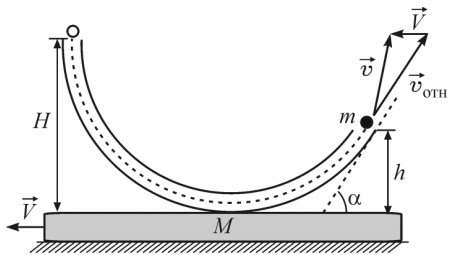
29

На гладком горизонтальном столе поκειται брусок с прикреплённой к нему гладкой изогнутой в вертикальной плоскости тонкой жёсткой трубкой (см. рисунок). Общая масса бруска с трубкой равна $M = 0,8$ кг. В верхний конец вертикальной части трубки, находящийся на высоте $H = 70$ см над бруском, опускают без начальной скорости маленький шарик массой $m = 50$ г. Другой конец трубки наклонён к горизонту под углом $\alpha = 30^\circ$ и находится на высоте $h = 20$ см над бруском. Найдите модуль скорости, с которой будет двигаться брусок, после того как шарик вылетит из трубки.



Возможное решение

1. Из условия задачи следует, что шарик вылетит из трубки с некоторой скоростью \vec{v} относительно стола, а брусок приобретёт горизонтальную скорость \vec{V} , направленную влево (см. рисунок).



2. Поскольку шарик в системе отсчёта, связанной с бруском, вылетает вдоль трубки со скоростью $\vec{v}_{отн}$, направленной под углом α к горизонту, а сама трубка в момент вылета шарика движется влево со скоростью \vec{V} , согласно классическому закону сложения скоростей имеем $\vec{v} = \vec{v}_{отн} + \vec{V}$, и по

теореме Пифагора $v^2 = v_{отн}^2 \sin^2 \alpha + (v_{отн} \cos \alpha - V)^2$.

3. Поскольку механическая энергия системы сохраняется, можно записать

$$mg(H - h) = \frac{mv^2}{2} + \frac{MV^2}{2}.$$

4. Сохраняется также и нулевая горизонтальная проекция импульса системы, так что $MV = m(v_{отн} \cdot \cos \alpha - V)$.

5. Решая полученную систему уравнений, находим модуль искомой скорости

бруска: $V = m \cos \alpha \sqrt{\frac{2g(H - h)}{(M + m \sin^2 \alpha)(M + m)}} \approx 0,165$ м/с.

Ответ: $V = m \cos \alpha \sqrt{\frac{2g(H - h)}{(M + m \sin^2 \alpha)(M + m)}} \approx 0,165$ м/с.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сложения скоростей, закон сохранения механической энергии и закон сохранения проекции импульса</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

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

30

Некоторое количество идеального газа находится в объёме $V_1 = 40$ л под давлением $p_1 = 5 \cdot 10^4$ Па при температуре $T_1 = 200$ К. Какое количество теплоты ΔQ надо подвести к газу для его нагревания до температуры $T_2 = 400$ К в процессе, при котором молярная теплоёмкость этого газа зависит от температуры по закону $C_m = aT$, где $a = 0,30$ Дж/(моль·К²)?

Возможное решение

1. Так как газ идеальный, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева

$$\text{количество его вещества (число молей) } \nu \text{ равно } \nu = \frac{p_1 V_1}{RT_1}.$$

2. В рассматриваемом процессе молярная теплоёмкость газа при увеличении температуры возрастает по линейному закону. Поэтому количество теплоты Q , которое надо подвести к газу для его нагревания от температуры $T_1 = 100$ К до температуры $T_2 = 300$ К, равно произведению числа молей ν на изменение температуры $\Delta T = T_2 - T_1$ и на среднюю молярную теплоёмкость $C_{cp} = \frac{C_m(T_1) + C_m(T_2)}{2} = \frac{\alpha(T_1 + T_2)}{2}$:

$$\Delta Q = \nu \Delta T C_{cp} = \frac{p_1 V_1}{RT_1} \cdot (T_2 - T_1) \cdot \frac{\alpha(T_1 + T_2)}{2} = \frac{\alpha p_1 V_1}{2RT_1} (T_2^2 - T_1^2) = 21661 \text{ Дж.}$$

Ответ: $\Delta Q = \frac{\alpha p_1 V_1}{2RT_1} (T_2^2 - T_1^2) = 21661$ Дж.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>уравнение Клапейрона–Менделеева и формула для подсчёта количества теплоты с использованием средней теплоёмкости</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

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

31

Математический маятник, грузик которого имеет массу $m = 8$ г, совершает малые колебания в поле силы тяжести с периодом $T_1 = 0,7$ с. Грузик зарядили и включили направленное вниз однородное вертикальное электрическое поле, модуль напряжённости которого равен $E = 3$ кВ/м. В результате этого период колебаний маятника стал равным $T_2 = 0,5$ с. Найдите заряд q грузика.

Возможное решение

- В первом случае период колебаний математического маятника равен $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, где l – длина нити подвеса маятника.
- Во втором случае период колебаний шарика в электрическом поле, направленном вниз, уменьшился, значит, сила натяжения нити подвеса увеличилась и заряд шарика положительный.
- При малых колебаниях математического маятника с грузиком массой m и с зарядом q в поле тяготения модуль F силы натяжения нити близок к $mg + qE$. Уравнение движения грузика в проекции на горизонтальную ось X имеет вид $m\ddot{x} \approx -F\alpha \approx -(mg + qE)\frac{x}{l}$, где $\alpha \approx \frac{x}{l}$ – угол отклонения нити от вертикали, x – смещение грузика. Отсюда получаем уравнение гармонических колебаний: $x'' + \frac{mg + qE}{ml}x = 0$, или $x'' + \omega^2x = 0$, где

$\omega^2 = \frac{mg + qE}{ml}$. Период этих колебаний равен

$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g + (qE/m)}} = \frac{T_1}{\sqrt{1 + \frac{qE}{mg}}}$$

4. Из последнего уравнения находим заряд шарика маятника:

$$q = \left[\left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2 - 1 \right] \frac{mg}{E} = 25,6 \text{ мкКл.}$$

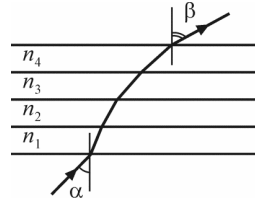
Ответ: $q = \left[\left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2 - 1 \right] \frac{mg}{E} = 25,6 \text{ мкКл.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула для периода колебаний математического маятника под действием силы тяжести, уравнение движения математического маятника при наличии силы тяжести и электрического поля, связь между периодом колебаний и коэффициентом перед линейным слагаемым в уравнении гармонических колебаний</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	<p>2</p>
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

32

Параллельный пучок света падает из воздуха на стопку из четырёх плоскопараллельных стеклянных пластин и выходит из неё под углом $\beta = 45^\circ$ (см. рисунок). Под каким углом α пучок вошёл в эту стопку, если показатели преломления пластин равны $n_1 = 1,7$, $n_2 = 1,6$, $n_3 = 1,5$, $n_4 = 1,4$?



Возможное решение

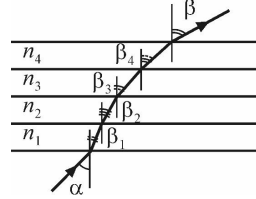
1. Обозначим углы преломления света в пластинках через $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ (см. рисунок).

2. Тогда в соответствии с законом преломления света можно записать $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta_1} = n_1$, $\frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_2} = \frac{n_2}{n_1}$,

$$\frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_3} = \frac{n_3}{n_2}, \frac{\sin \beta_3}{\sin \beta_4} = \frac{n_4}{n_3}, \frac{\sin \beta_4}{\sin \beta} = \frac{1}{n_4}.$$

3. Перемножив эти соотношения, получим $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 1$, то есть $\alpha = \beta = 45^\circ$.

Ответ: $\alpha = \beta = 45^\circ$.



Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:
 I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *закон преломления света на границе двух прозрачных сред*);
 II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей в системе;
 III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов*);
 IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям», с промежуточными вычислениями);
 V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	<p>2</p>
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе</p>	<p>1</p>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<p>0</p>
<p style="text-align: right;"><i>Максимальный балл</i></p>	<p>3</p>

Содержание

Предисловие	3
Инструкция по выполнению работы.....	4
Справочные данные	5
Вариант 1	8
Вариант 2	21
Вариант 3	34
Вариант 4	46
Вариант 5	58
Вариант 6	70
Система оценивания экзаменационной работы по физике.....	82
Ответы к заданиям с кратким ответом.....	83
Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом.....	85
Вариант 1	85
Вариант 2	97
Вариант 3	110
Вариант 4	123
Вариант 5	136
Вариант 6	148

**ОПТОВЫЕ И РОЗНИЧНЫЕ ЗАКАЗЫ В МОСКВЕ И РЕГИОНАХ –
В МАГАЗИНЕ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КНИГА»**
в здании Московского центра непрерывного
математического образования (МЦНМО)

119002, Москва, Большой Власьевский пер., 11.
(м. «Смоленская», «Кропоткинская»)
Ежедневно, 10.00–20.00, кроме воскресенья

biblio.mccme.ru

e-mail: biblio@mccme.ru

Интернет-магазин biblio.mccme.ru

8 (495) 745-80-31

**ОПТОВЫЕ И РОЗНИЧНЫЕ ЗАКАЗЫ В РЕГИОНАХ –
КНИГОТОРГОВАЯ КОМПАНИЯ «АБРИС»**



абрис.рф • www.textbook.ru

Москва: 8 (495) 229-67-59

Санкт-Петербург: 8 (812) 327-04-50

e-mail: info@prosv-spb.ru

Оптовые заказы: abrids@textbook.ru

Розничные заказы:

Интернет-магазин UMLIT.RU

www.umlit.ru • e-mail: zakaz@umlit.ru

8 (495) 981-10-39

12+

ISBN 978-5-4439-1185-4



9 785443 911854 >