

Тренировочная работа № 5

по ФИЗИКЕ

11 класс

Вариант №1

Район _____

Город (населенный пункт) _____

Школа _____

Класс _____

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Инструкция по выполнению работы

На выполнение экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 36 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (А1–А25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 5 заданий (В1–В5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий В1 и В2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий В3–В5 в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 заданий (С1–С6), на которые требуется дать развернутый ответ.

При выполнении заданий В3–В5 части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа. Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время. За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношение между различными единицами

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

Масса частиц

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

Плотность		подсолнечного масла	900 кг/м^3
воды	1000 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	ртути	13600 кг/м^3

Удельная теплоемкость

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

Удельная теплота

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

Нормальные условия давление 10^5 Па , температура 0°С

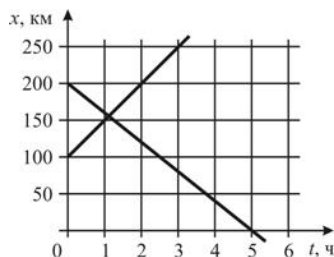
Молярная масса

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

Часть 1

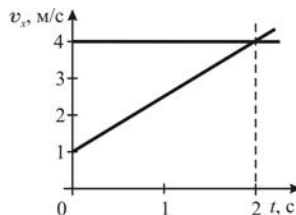
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1 – A25) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1 Два автомобиля (1 и 2) движутся по прямой дороге. На графике для каждого автомобиля приведена зависимость координаты от времени движения. Автомобиль 1 начал движение из точки с координатой 100 км, а автомобиль 2 – из точки с координатой 200 км. У какого автомобиля модуль скорости больше?



- 1) у автомобиля 1
- 2) у автомобиля 2
- 3) модуль скорости у автомобилей 1 и 2 одинаковый
- 4) однозначного ответа дать нельзя

A2 Две материальные точки одновременно начинают двигаться вдоль оси OX. На рисунке для каждой из точек приведен график зависимости проекции скорости на ось OX от времени. В момент времени $t = 2$ с у этих материальных точек одинаковы



- 1) координаты
- 2) проекции скорости на ось OX
- 3) проекции ускорения на ось OX
- 4) пройденные пути

A3 Координата тела массой 2 кг, движущегося вдоль оси OX, изменяется с течением времени t по закону $x = 3 + 2t - 0,5t^2$ (координата измеряется в м). Найдите проекцию на ось OX равнодействующей всех сил, приложенных к телу.

- 1) -1 Н
- 2) +1 Н
- 3) -2 Н
- 4) +2 Н

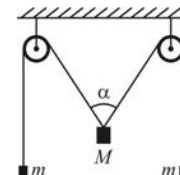
A4 Веревка выдерживает на разрыв силу 1500 Н. С каким максимальным ускорением можно поднимать на ней вертикально вверх груз массой 100 кг?

- 1) $2,5 \text{ м/с}^2$
- 2) 5 м/с^2
- 3) 10 м/с^2
- 4) 15 м/с^2

A5 Тело массой 500 г бросили вертикально вверх с начальной скоростью 10 м/с. В конце полета, при его ударе о землю, выделилось количество теплоты 15 Дж. Какую работу совершила сила трения о воздух за все время полета тела?

- 1) -10 Дж
- 2) 10 Дж
- 3) 25 Дж
- 4) -25 Дж

A6 Система, изображенная на рисунке, находится в равновесии. Трения нет, $m = 10$ кг, $\alpha = 120^\circ$. Чему равна масса груза M ?



- 1) 5 кг
- 2) 10 кг
- 3) ≈ 17 кг
- 4) 20 кг

A7 Прямоугольный плот постоянной толщины плавает по реке. Как изменится глубина погружения плота в воду при переходе из реки в спокойное море? Плотности воды в реке и в море равны 1000 кг/м^3 и 1030 кг/м^3 , соответственно.

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится
- 4) однозначно ответить нельзя

A8 Давление идеального газа составляет 200 кПа, а концентрация его молекул равна $4 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Чему равна масса молекулы газа, если среднеквадратичная скорость молекул $1,5 \text{ км/с}$?

- 1) $\approx 0,33 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$
- 2) $\approx 0,67 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$
- 3) $\approx 0,33 \cdot 10^{-20} \text{ кг}$
- 4) $\approx 0,67 \cdot 10^{-20} \text{ кг}$

A9 Давление идеального газа в некотором процессе возросло в 3 раза, а температура уменьшилась от 427°C до 77°C . Как и во сколько раз изменилась в этом процессе плотность газа?

- 1) увеличилась в 6 раз
- 2) уменьшилась в 6 раз
- 3) увеличилась в 16,6 раза
- 4) уменьшилась в 1,8 раза

A10 Чай в стакане имеет массу 200 г и температуру 80°C . Сколько алюминиевых чайных ложек массой 10 г, находящихся при температуре 20°C , достаточно опустить в чай для того, чтобы его температура упала ниже 77°C ? Считать, что чай обменивается теплотой только с алюминием.

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

A11 В закрытом сосуде находятся воздух и водяной пар при температуре 70°C . Найдите парциальное давление паров воды, если относительная влажность воздуха равна 50%. Давление насыщенных паров воды при данной температуре 31 кПа.

- 1) 10,5 кПа 2) 15,5 кПа 3) 31 кПа 4) 62 кПа

A12 Кондиционер, работающий в режиме обогрева комнаты, за некоторое время сообщает ей количество теплоты 10 кДж. Кондиционер передает теплоту от улицы в комнату. Температура на улице -20°C , температура в комнате $+20^\circ\text{C}$. Какую работу совершает за это время двигатель кондиционера, если его можно считать идеальной тепловой машиной?

- 1) ≈ 10 кДж 2) ≈ 5 кДж 3) ≈ 1365 Дж 4) ≈ 18635 Дж

A13 Металлический шар имеет заряд q . К этому шару прикоснулись вторым таким же незаряженным шаром, после чего удалили второй шар на очень большое расстояние от первого. Как изменилась напряженность электростатического поля вблизи поверхности первого шара?

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

A14 К источнику постоянного напряжения подключен резистор сопротивлением 1 Ом. Если подключить к этому источнику последовательно два таких резистора, то сила тока в цепи изменится в 1,5 раза. Чему равно внутреннее сопротивление источника напряжения?

- 1) 1 Ом 2) 2 Ом 3) 3 Ом 4) 5 Ом

A15 При протекании постоянного тока через катушку запасенная в ней энергия равна 0,05 Дж, а магнитный поток через катушку равен 0,01 Вб. Найдите индуктивность этой катушки.

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

A16 Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и плоского конденсатора. Пространство между обкладками конденсатора заполнили диэлектриком с диэлектрической проницаемостью, равной 4. Как и во сколько раз изменилась в результате этого частота электромагнитных колебаний в контуре?

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

A17 Луч света, распространяющийся в воздухе, падает на границу раздела воздуха и стекла с показателем преломления, равным $\sqrt{3}$. Угол падения света в 2 раза превышает угол преломления. Чему равен угол падения?

- 1) 30° 2) 40° 3) 45° 4) 60°

A18 Свет с длиной волны 450 нм нормально падает на дифракционную решетку с периодом $d = 1$ мкм. Максимумы какого максимального порядка можно будет наблюдать в возникающей за решеткой дифракционной картине?

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

A19 Сила электрического тока, текущего через катушку индуктивности, равномерно возрастает с течением времени. В таблице указаны значения I силы тока, измеренные в разные моменты времени t . При этом в катушке возникает ЭДС индукции, равная по модулю 75 мВ. Чему равна индуктивность катушки?

t, c	0	1	2	3	4
I, A	0	0,75	1,50	2,25	3,00

- 1) 0,01 Гн 2) 0,1 Гн 3) 0,5 Гн 4) 0,75 Гн

A20 С какой скоростью должен двигаться электрон для того, чтобы его кинетическая энергия была равна энергии фотона с частотой $1,7 \cdot 10^{15}$ Гц?

- 1) 1000 км/с
2) 1500 км/с
3) 2000 км/с
4) 2300 км/с

A21 Постулаты Бора позволяют

- 1) получить законы фотоэффекта
2) объяснить спектр излучения атома водорода
3) объяснить результаты опытов по дифракции электронов
4) объяснить наличие светового давления

A22 Ядро дейтерия ${}^2_1\text{D}$ состоит из

- 1) одного протона и двух нейтронов
2) одного протона и одного нейтрона
3) двух протонов
4) двух протонов и одного нейтрона

A23 Волновые свойства присущи

- 1) свету
2) звуку
3) элементарным частицам
4) всему перечисленному

A24 В Международной системе единиц СИ одной из основных единиц является

- 1) Вольт 2) Ампер 3) Кулон 4) Ом

- A25** Представление о квантовой природе электромагнитного излучения ввел
- 1) А. Эйнштейн
 - 2) М. Планк
 - 3) Г. Лоренц
 - 4) А. Майкельсон

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1 – В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

- B1** Пластилиновый шарик, движущийся с некоторой скоростью, сталкивается со вторым покоящимся шариком такой же массы и прилипает к нему. Как после этого изменятся следующие физические величины, перечисленные в первом столбце?

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|---|-----------------|
| А) суммарный импульс шариков | 1) увеличится |
| Б) суммарная кинетическая энергия шариков | 2) уменьшится |
| В) скорость первого шарика | 3) не изменится |

Ответ:

А	Б	В

- B2** Кусок льда помещают в стакан с горячей водой, в результате чего весь лед тает. При этом физические величины, перечисленные в первом столбце, меняются следующим образом:
- | | |
|----------------------------|------------------|
| А) внутренняя энергия льда | 1) уменьшается |
| Б) внутренняя энергия воды | 2) увеличивается |
| В) температура воды | 3) не изменяется |

Ответ:

А	Б	В

Ответом к каждому из заданий В3 – В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

- B3** Тело равномерно втаскивают вверх по наклонной плоскости, наклоненной под углом 45° к горизонту. Коэффициент трения тела о плоскость равен $1/3$. Найдите КПД этой наклонной плоскости. Ответ выразите в процентах.

Ответ:

- B4** В вертикальном цилиндрическом сосуде под тяжелым горизонтальным поршнем находится идеальный газ, имеющий температуру 27°C . Расстояние от дна сосуда до поршня равно 60 см. В результате нагревания газа его температура увеличилась на 50°C . На какое расстояние переместился поршень? Ответ выразите в см.

Ответ:

- B5** На картонный цилиндрический каркас плотно намотаны 100 витков тонкого провода, концы которого соединены друг с другом. Получившаяся катушка находится в однородном постоянном магнитном поле и расположена так, что ось цилиндра горизонтальна. Индукция магнитного поля равна $0,02$ Тл, линии индукции направлены горизонтально, вдоль оси цилиндра. Сопrotивление катушки $0,3$ Ом, площадь каждого ее витка 100 см^2 . Какой заряд протечет через катушку, если ее повернуть вокруг вертикального диаметра каркаса на угол 120° ? Ответ выразите в Кл.

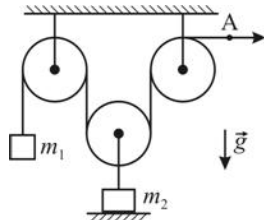
Ответ:

Часть 3

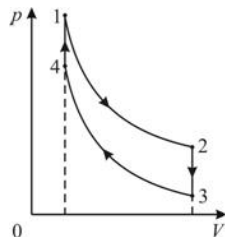
Задания С1 – С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

- C1** Пассажир автобуса на остановке привязал к ручке сиденья за нитку легкий воздушный шарик, заполненный гелием. Автобус тронулся вдоль по прямому горизонтальному шоссе, и некоторое время двигался вперед с постоянным ускорением, затем ехал с постоянной скоростью, а на подъезде к следующей остановке двигался равнозамедленно, пока не остановился. Опишите, как менялся угол наклона нити шарика к вертикали в течение всего времени перемещения автобуса от одной остановки до другой.

С2 Конец А нити в системе, изображенной на рисунке, двигают в горизонтальном направлении вправо с некоторым ускорением a . При каком максимальном значении ускорения a груз массой $m_2 = 3$ кг не будет отрываться от подставки, а нить, к другому концу которой прикреплен груз массой $m_1 = 1$ кг, будет оставаться натянутой? Нить невесома и нерастяжима, блоки невесома, трение отсутствует.



С3 Цикл теплового двигателя (см. рисунок), проводимый с некоторым количеством идеального одноатомного газа, состоит из двух адиабат (1-2, 3-4) и двух изохор (2-3, 4-1). Найдите КПД η этого цикла, если температуры в точках 1, 2, 3 и 4 равны, соответственно, $T_1 = 1000$ К, $T_2 = 500$ К, $T_3 = 300$ К и $T_4 = 600$ К.



С4 В вакууме, вдали от других тел, расположены параллельно друг над другом на расстоянии $d = 1$ см две одинаковые металлические пластины площадью $S = 1$ м². Одна из них заряжена зарядом $q = +1$ мкКл, а другая – зарядом $2q = +2$ мкКл. Чему равна разность потенциалов V между ними?

С5 Школьника с нормальным зрением (расстояние наилучшего зрения $L = 25$ см) укусила в лоб над глазом пчела. Посмотревшись в плоское зеркало, он не смог разглядеть, не осталось ли жало в месте укуса. Тогда он взял маленькую лупу оптической силой $D = 16$ дптр, и при помощи того же зеркала увидел, что жала нет. Как он это сделал? Нарисуйте возможную оптическую схему, примененную школьником, и найдите расстояние от зеркала до лупы в этой схеме. Все углы падения лучей считать малыми.

С6 На большом адронном коллайдере (БАК) в конце 2009 года проведены первые эксперименты по ускорению протонных пучков, содержащих $N = 20$ миллиардов частиц, до энергии $E_p = 1,18$ ТэВ = 1180 ГэВ, приходящейся на каждый протон. Представим себе, что такой пучок полностью поглощается шариком массой $m = 1$ г и теплоемкостью $C = 5 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$. Какую скорость приобретет после этого шарик и на сколько градусов он нагреется?

Тренировочная работа № 5

по ФИЗИКЕ

11 класс

Вариант №2

Район _____

Город (населенный пункт) _____

Школа _____

Класс _____

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Инструкция по выполнению работы

На выполнение экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 36 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (А1–А25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 5 заданий (В1–В5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий В1 и В2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий В3–В5 в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 заданий (С1–С6), на которые требуется дать развернутый ответ.

При выполнении заданий В3–В5 части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа. Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время. За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{C}$
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	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность		подсолнечного масла	900 кг/м^3
воды	1000 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	ртути	13600 кг/м^3

Удельная теплоемкость

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

Удельная теплота

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

Нормальные условия давление 10^5 Па , температура 0°C

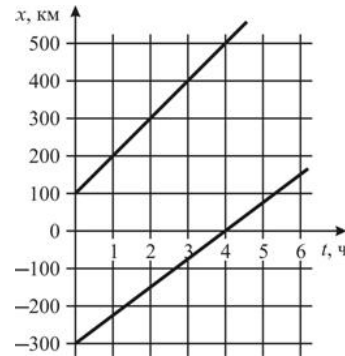
Молярная масса

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

Часть 1

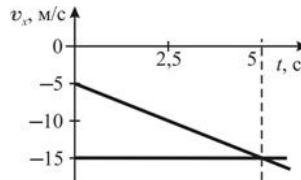
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1 – A25) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1 Два автомобиля (1 и 2) движутся по прямой дороге. На графике для каждого автомобиля приведена зависимость координаты от времени движения. Автомобиль 1 начал движение из точки с координатой 100 км, а автомобиль 2 – из точки с координатой –300 км. У какого автомобиля модуль скорости больше?



- 1) у автомобиля 1
- 2) у автомобиля 2
- 3) модуль скорости у автомобилей 1 и 2 одинаковый
- 4) однозначного ответа дать нельзя

A2 Две материальные точки одновременно начинают двигаться вдоль оси OX . На рисунке для каждой из точек приведен график зависимости проекции скорости на ось OX от времени. В момент времени $t = 2$ с у этих материальных точек одинаковы



- 1) координаты
- 2) проекции скорости на ось OX
- 3) проекции ускорения на ось OX
- 4) пройденные пути

A3 Координата тела, движущегося вдоль оси OX , изменяется с течением времени t по закону $x = 5 - 2t + 1,5t^2$ (координата измеряется в м). Проекция на ось OX равнодействующей всех сил, приложенных к телу, равна 9 Н. Чему равна масса тела?

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

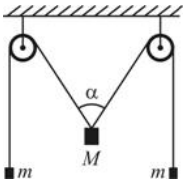
A4 Груз массой 50 кг поднимают на веревке с постоянным ускорением, направленным вертикально вверх. При ускорении, равном по модулю 3 м/с^2 , веревка рвется. Какую силу натяжения выдерживает веревка?

- 1) 350 Н
- 2) 650 Н
- 3) 150 Н
- 4) 500 Н

A5 Тело массой 500 г бросили вертикально вверх с начальной скоростью 10 м/с. Оно поднялось на высоту 4 м. Какую работу совершила сила трения о воздух за время подъема тела?

- 1) 5 Дж
- 2) –5 Дж
- 3) –20 Дж
- 4) 25 Дж

A6 Система, изображенная на рисунке, находится в равновесии. Трения нет, $M = 30 \text{ кг}$, $\alpha = 120^\circ$. Чему равна масса каждого из грузов m ?



- 1) 15 кг
- 2) 30 кг
- 3) ≈ 52 кг
- 4) 60 кг

A7 Прямоугольный плот постоянной толщины плывет по спокойному морю. Как изменится глубина погружения пловца в воду при переходе из моря в реку? Плотности воды в море и в реке равны 1025 кг/м^3 и 1000 кг/м^3 , соответственно.

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится
- 4) однозначно ответить нельзя

A8 Давление идеального одноатомного газа составляет 250 кПа, а средняя кинетическая энергия его молекул равна $7,5 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$. Чему равна концентрация молекул газа?

- 1) $5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$
- 2) $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$
- 3) 10^{17} мм^{-3}
- 4) 10^{11} мм^{-3}

A9 Давление идеального газа в некотором процессе возросло в 2 раза, а плотность увеличилась в 3 раза. Как и на сколько изменилась в этом процессе температура газа, если его начальная температура была равна 300 К?

- 1) увеличилась на 100 К
- 2) уменьшилась на 100 К
- 3) увеличилась на 250 К
- 4) уменьшилась на 150 К

A10 Чай массой 200 г, имеющий температуру 80°C , переливают в медную кружку массой 200 г, находящуюся при температуре 20°C . Чему будет равна установившаяся температура кружки с чаем? Считать, что чай обменивается теплотой только с медью.

- 1) 71°C
- 2) 73°C
- 3) 75°C
- 4) 77°C

A11 В закрытом сосуде находятся воздух и водяной пар при температуре $24\text{ }^\circ\text{C}$. Давление насыщенных паров воды при данной температуре 3 кПа . Каким может быть парциальное давление паров воды в этом сосуде?

- 1) меньше 3 кПа
- 2) меньше или равно 3 кПа
- 3) больше или равно 3 кПа
- 4) любым

A12 Кондиционер, работающий в режиме обогрева комнаты, за некоторое время сообщает ей количество теплоты 10 кДж . Кондиционер передает теплоту от улицы в комнату, его можно считать идеальной тепловой машиной. Двигатель кондиционера за это время совершает работу $1,5\text{ кДж}$. Температура в комнате равна $+27\text{ }^\circ\text{C}$. На сколько градусов Цельсия ниже нее температура на улице?

- 1) 4
- 2) 27
- 3) 35
- 4) 45

A13 Металлический шар имеет заряд q . К этому шару прикоснулись вторым таким же шаром, имеющим заряд $-q$, после чего удалили второй шар на очень большое расстояние от первого. Как изменилась напряженность электростатического поля вблизи поверхности первого шара?

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

A14 К источнику постоянного напряжения подключен резистор сопротивлением 1 Ом . Если подключить к этому резистору параллельно еще один такой резистор, то сила тока, текущего через источник, изменится в 1,6 раз. Чему равно внутреннее сопротивление источника напряжения?

- 1) $1/3\text{ Ом}$
- 2) $2/3\text{ Ом}$
- 3) 1 Ом
- 4) $4/3\text{ Ом}$

A15 При протекании постоянного тока $0,1\text{ А}$ через катушку магнитный поток через нее равен $0,02\text{ Вб}$. Найдите энергию, запасенную в этой катушке.

- 1) $0,5\text{ мДж}$
- 2) 1 мДж
- 3) 2 мДж
- 4) 1 Дж

A16 Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и плоского конденсатора. Индуктивность катушки уменьшили от 36 мГн до 4 мГн . Как и во сколько раз изменилась в результате этого частота электромагнитных колебаний в контуре?

- 1) увеличилась в 9 раз
- 2) уменьшилась в 9 раз
- 3) увеличилась в 3 раз
- 4) уменьшилась в 3 раз

A17 Луч света, распространяющийся в стекле, падает на границу раздела стекла и воздуха. Показатель преломления стекла равен $\sqrt{3}$. При выходе из стекла луч поворачивается на угол 30° . Чему равен угол падения луча на границу стекло-воздух?

- 1) 45°
- 2) 55°
- 3) 60°
- 4) 75°

A18 Свет с длиной волны $0,5\text{ мкм}$ нормально падает на дифракционную решетку. В возникающей за решеткой дифракционной картине наблюдаются 7 максимумов интенсивности (считая центральный максимум). Чему может быть равен период дифракционной решетки?

- 1) $0,1\text{ мкм}$
- 2) $0,5\text{ мкм}$
- 3) $1,5\text{ мкм}$
- 4) $3,5\text{ мкм}$

A19 Сила электрического тока, текущего через катушку индуктивностью 200 мГн , равномерно убывает с течением времени. В таблице указаны значения I силы тока, измеренные в разные моменты времени t . Чему равен модуль ЭДС индукции, возникающей в этой катушке?

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4
$I, \text{ А}$	0,4	0,3	0,2	0,1	0

- 1) $0,32\text{ В}$
- 2) $0,2\text{ В}$
- 3) $0,02\text{ В}$
- 4) 20 В

A20 Найти частоту фотона, при которой его импульс равен импульсу электрона, движущегося со скоростью 12 км/с .

- 1) $\approx 10^{15}\text{ Гц}$
- 2) $\approx 2 \cdot 10^{15}\text{ Гц}$
- 3) $\approx 5 \cdot 10^{15}\text{ Гц}$
- 4) $\approx 10^{16}\text{ Гц}$

A21 Линейчатый спектр излучения создается

- 1) атомами водорода
- 2) молекулами различных газов
- 3) Солнцем
- 4) всеми этими объектами

A22 Ядро трития ${}^3_1\text{T}$ состоит из

- 1) двух протонов и двух нейтронов
- 2) одного протона и трех нейтронов
- 3) трех протонов и одного нейтрона
- 4) одного протона и двух нейтронов

A23 Свет оказывает давление на

- 1) твердые тела
- 2) жидкости
- 3) газы
- 4) на все перечисленные объекты

A24 Какая из перечисленных единиц не является единицей Международной системы единиц СИ?

- 1) Вебер 2) Тесла 3) Генри 4) Гаусс

A25 Постулат о том, что скорость света во всех инерциальных системах отсчета одинакова, сформулировал

- 1) А. Майкельсон
2) А. Эйнштейн
3) Г. Лоренц
4) М. Планк

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1 – В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1 Стальной шарик, движущийся с некоторой скоростью, сталкивается со вторым покоящимся шариком такой же массы. Происходит абсолютно упругий лобовой удар. Как после этого изменятся следующие физические величины, перечисленные в первом столбце?

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Суммарный импульс шариков
Б) Суммарная кинетическая энергия шариков
В) Скорость первого шарика

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- 1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

Ответ:

А	Б	В
---	---	---

--	--	--

В2 Водяной пар впускают в сосуд с холодной водой, в результате чего весь пар конденсируется. При этом физические величины, перечисленные в первом столбце, меняются следующим образом:

- А) внутренняя энергия пара 1) уменьшается
Б) внутренняя энергия воды 2) увеличивается
В) температура воды 3) не изменяется

Ответ:

А	Б	В
---	---	---

--	--	--

Ответом к каждому из заданий В3 – В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

В3 Тело равномерно втаскивают вверх по наклонной плоскости, наклоненной под углом 30° к горизонту. КПД этой наклонной плоскости равен 58%. Найдите коэффициент трения тела о плоскость. Ответ округлите до сотых долей.

Ответ:

В4 В вертикальном цилиндрическом сосуде под тяжелым горизонтальным поршнем находится идеальный газ, имеющий температуру 127°C . Расстояние от дна сосуда до поршня равно 1 м. В результате охлаждения газа его температура уменьшилась на 80°C . На какое расстояние переместился поршень? Ответ выразите в см.

Ответ:

В5 На картонный цилиндрический каркас плотно намотаны 200 витков тонкого провода, концы которого соединены друг с другом. Получившаяся катушка находится в однородном постоянном магнитном поле и расположена так, что ось цилиндра горизонтальна. Индукция магнитного поля равна $0,05\text{ Тл}$, линии индукции направлены горизонтально, вдоль оси цилиндра. Площадь каждого витка катушки 50 см^2 . Если повернуть катушку вокруг вертикального диаметра каркаса на угол 150° , то через нее протечет заряд 37 мКл . Чему равно сопротивление катушки? Ответ выразите в Ом и округлите до десятых долей.

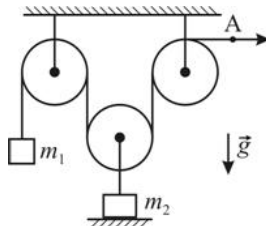
Ответ:

Часть 3

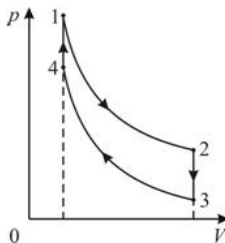
Задания С1 – С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланк ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

С1 Пассажир автобуса на остановке привязал к ручке сиденья за нитку легкий воздушный шарик, заполненный гелием. Автобус тронулся вдоль по прямому горизонтальному шоссе, и некоторое время двигался вперед с постоянным ускорением, затем ехал с постоянной скоростью, а на подъезде к следующей остановке двигался равнозамедленно, пока не остановился. Опишите, как менялся угол наклона нити шарика к вертикали в течение всего времени перемещения автобуса от одной остановки до другой.

C2 Конец А нити в системе, изображенной на рисунке, двигают в горизонтальном направлении вправо с некоторым ускорением a . При каком максимальном значении ускорения a груз массой $m_2 = 3$ кг не будет отрываться от подставки, а нить, к другому концу которой прикреплен груз массой $m_1 = 1$ кг, будет оставаться натянутой? Нить невесома и нерастяжима, блоки невесома, трение отсутствует.



C3 Цикл теплового двигателя (см. рисунок), проводимый с некоторым количеством идеального одноатомного газа, состоит из двух адиабат (1-2, 3-4) и двух изохор (2-3, 4-1). Найдите КПД η этого цикла, если температуры в точках 1, 2, 3 и 4 равны, соответственно, $T_1 = 1000$ К, $T_2 = 500$ К, $T_3 = 300$ К и $T_4 = 600$ К.



C4 В вакууме, вдали от других тел, расположены параллельно друг над другом на расстоянии $d = 1$ см две одинаковые металлические пластины площадью $S = 1$ м². Одна из них заряжена зарядом $q = +1$ мкКл, а другая – зарядом $2q = +2$ мкКл. Чему равна разность потенциалов V между ними?

C5 Школьника с нормальным зрением (расстояние наилучшего зрения $L = 25$ см) укусила в лоб над глазом пчела. Посмотревшись в плоское зеркало, он не смог разглядеть, не осталось ли жало в месте укуса. Тогда он взял маленькую лупу оптической силой $D = 16$ дптр, и при помощи того же зеркала увидел, что жала нет. Как он это сделал? Нарисуйте возможную оптическую схему, примененную школьником, и найдите расстояние от зеркала до лупы в этой схеме. Все углы падения лучей считать малыми.

C6 На большом адронном коллайдере (БАК) в конце 2009 года проведены первые эксперименты по ускорению протонных сгустков, содержащих $N = 20$ миллиардов частиц, до энергии $E_p = 1,18$ ТэВ = 1180 ГэВ, приходящейся на каждый протон. Представим себе, что такой сгусток полностью поглощается шариком массой $m = 1$ г и теплоемкостью $C = 5 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$. Какую скорость приобретет после этого шарик и на сколько градусов он нагреется?

Ответы к заданиям с выбором ответа

№ задания	Ответ
A1	1
A2	2
A3	3
A4	2
A5	1
A6	2
A7	2
A8	2
A9	1
A10	3
A11	2
A12	3
A13	1

№ задания	Ответ
A14	1
A15	3
A16	2
A17	4
A18	4
A19	2
A20	2
A21	2
A22	2
A23	4
A24	2
A25	2

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	322
B2	211
B3	75

№ задания	Ответ
B4	10
B5	0,1

Ответы к заданиям с выбором ответа

№ задания	Ответ
A1	1
A2	2
A3	3
A4	2
A5	2
A6	2
A7	1
A8	1
A9	2
A10	3
A11	2
A12	4
A13	4

№ задания	Ответ
A14	1
A15	2
A16	3
A17	3
A18	3
A19	3
A20	3
A21	1
A22	4
A23	4
A24	4
A25	2

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	332
B2	122
B3	0,42

№ задания	Ответ
B4	20
B5	2,5

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

C1 Пассажир автобуса на остановке привязал к ручке сиденья за нитку легкий воздушный шарик, заполненный гелием. Автобус тронулся вдоль по прямому горизонтальному шоссе, и некоторое время двигался вперед с постоянным ускорением, затем ехал с постоянной скоростью, а на подъезде к следующей остановке двигался равнозамедленно, пока не остановился. Опишите, как менялся угол наклона нити шарика к вертикали в течение всего времени перемещения автобуса от одной остановки до другой.

Образец возможного решения

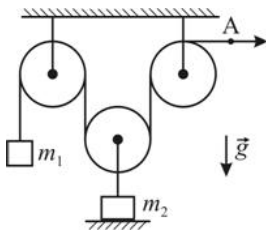
- 1) Пока автобус стоял, шарик висел в воздухе над ручкой сиденья, а нить была вертикальна, поскольку выталкивающая сила, действующая на шарик по закону Архимеда в неподвижном воздухе внутри салона автобуса, была направлена вверх и превышала вес оболочки шарика и гелия внутри него (гелий легче воздуха, оболочка шарика по условию легкая).
- 2) Когда автобус тронулся с ускорением, направленным вперед, распределение давления воздуха внутри салона изменилось: появилась разность давлений в направлении вдоль салона автобуса, и связанная с ней сила давления, благодаря которой воздух и шарик ускорялись вместе с автобусом. Наличие такой силы следует из второго закона Ньютона. При этом на шарик стала действовать дополнительная сила давления, направленная вперед в горизонтальном направлении. Следовательно, нить наклонится вперед по ходу движения автобуса.
- 3) Во время движения автобуса с постоянной скоростью между остановками нить опять будет натянута вдоль вертикали.
- 4) При торможении, очевидно, нить отклонится назад. Это можно доказать, проведя такие же рассуждения, что и в п. 2), с той лишь разницей, что теперь действующая на шарик дополнительная сила давления будет направлена назад в горизонтальном направлении.
- 5) После остановки автобуса нить снова будет вертикальна.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>описание поведения угла наклона нити шарика во всех пяти случаях</i>), и дано полное верное объяснение причин наблюдаемых эффектов со ссылкой на необходимые физические законы (в данном случае – на <i>закон Архимеда и второй закон Ньютона</i>).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы. ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты. ИЛИ – недостаточно полно описаны существенные черты физических явлений, понимание которых необходимо для полного правильного решения.	2

Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ. ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан. ИЛИ – представлен только <u>правильный</u> ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, разрозненные записи и т.п.).	0
<i>Максимальный балл</i>	3

C2

Конец А нити в системе, изображенной на рисунке, двигают в горизонтальном направлении вправо с некоторым ускорением a . При каком максимальном значении ускорения a груз массой $m_2 = 3$ кг не будет отрываться от подставки, а нить, к другому концу которой прикреплен груз массой $m_1 = 1$ кг, будет оставаться натянутой? Нить невесома и нерастяжима, блоки невесома, трение отсутствует.



Образец возможного решения

Поскольку груз m_2 не отрывается от подставки, а нить нерастяжима, ускорение груза m_1 по модулю равно ускорению a точки А нити. В силу того, что нить и блоки невесома, а трение отсутствует, сила натяжения вдоль всей нити одинакова. Обозначим ее через T . Поскольку нить должна быть натянута, $T > 0$.

Запишем уравнение движения груза m_1 в проекции на вертикальную ось, направленную вверх:

$$m_1 a = T - m_1 g.$$

На груз m_2 действует вверх удвоенная сила натяжения нити $2T$ и сила реакции подставки $N \geq 0$, а вниз – сила тяжести $m_2 g$. В равновесии $m_2 g = 2T + N$. Условие того, чтобы груз m_2 не отрывался от подставки, имеет вид:

$$m_2 g \geq 2T.$$

Подставив $T > 0$ из первого уравнения в это неравенство, получаем:

$$m_2 g \geq 2m_1(a + g) > 0,$$

откуда следует, что искомое ускорение a точки А нити в горизонтальном направлении может лежать в пределах

$$-g < a \leq g \left(\frac{m_2}{2m_1} - 1 \right),$$

или

$$-10 \text{ м/с}^2 < a \leq +5 \text{ м/с}^2,$$

где положительный знак a соответствует ускорению \vec{a} точки А, направленному вправо, а отрицательный – влево. Таким образом, искомое максимальное значение направленного вправо ускорения a груза массой $m_2 = 3$ кг равно 5 м/с^2 .

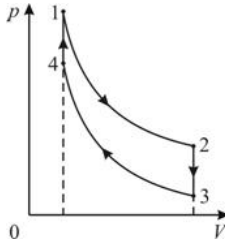
Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

Ответ: Конец А нити можно двигать вправо с максимальным ускорением 5 м/с^2 .

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
------------------------------------	-------

<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – уравнение кинематической связи, условие равновесия и второй закон Ньютона в проекциях на выбранные оси координат); – проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями). 	3
<p>– Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>– В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	
	3

С3 Цикл теплового двигателя (см. рисунок), проводимый с некоторым количеством идеального одноатомного газа, состоит из двух адиабат (1-2, 3-4) и двух изохор (2-3, 4-1). Найдите КПД η этого цикла, если температуры в точках 1, 2, 3 и 4 равны, соответственно, $T_1 = 1000$ К, $T_2 = 500$ К, $T_3 = 300$ К и $T_4 = 600$ К.



Образец возможного решения

Рассмотрим энергетические составляющие процессов в данном цикле. Обозначим через ν количество идеального газа, которое используется в цикле в качестве рабочего тела. На основании условия задачи, 1-го начала термодинамики и выражения для внутренней энергии U идеального одноатомного газа можно найти количества теплоты, которыми газ обменивался с окружающими телами в течение цикла:

$$\Delta Q_{12} = \Delta Q_{34} = 0;$$

$$\Delta Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) < 0;$$

$$\Delta Q_{41} = \Delta U_{41} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_4) > 0.$$

Следовательно, газ на участке 4-1 получает от нагревателя теплоту ΔQ_{41} , а на участке 2-3 отдает холодильнику теплоту, равную по величине $|\Delta Q_{23}|$. Таким образом, КПД цикла равен

$$\eta = 1 - \frac{|\Delta Q_{23}|}{\Delta Q_{41}} = 1 - \frac{T_2 - T_3}{T_1 - T_4} = 1 - \frac{200 \text{ К}}{400 \text{ К}} = 0,5.$$

Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

Ответ: $\eta = 1 - \frac{T_2 - T_3}{T_1 - T_4} = 0,5.$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: — верно проанализирован процесс и записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – 1-ое начало термодинамики, выражения для внутренней энергии идеального газа и КПД цикла теплового двигателя); — проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3

– Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.

ИЛИ

– Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.

ИЛИ

– В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

– В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.

ИЛИ

– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.

ИЛИ

– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).

Максимальный балл 3

C4 В вакууме, вдаль от других тел, расположены параллельно друг над другом на расстоянии $d = 1$ см две одинаковые металлические пластины площадью $S = 1$ м². Одна из них заряжена зарядом $q = +1$ мкКл, а другая – зарядом $2q = +2$ мкКл. Чему равна разность потенциалов V между ними?

Образец возможного решения

Поскольку расстояние между пластинами много меньше их размеров, то можно считать, что система из этих двух пластин представляет собой плоский конденсатор емкостью $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$.

Если бы он был заряжен зарядом q , то есть на одной пластине был бы заряд $+q$, а на другой $-q$, то разность потенциалов между пластинами была бы равна $U = \frac{q}{C} = \frac{qd}{\epsilon_0 S}$, а напряженность электрического поля внутри конденсатора

составляла бы $E = \frac{U}{d} = \frac{q}{\epsilon_0 S}$. Эта напряженность поля, в силу принципа суперпозиции электрических полей, создается в равной мере двумя заряженными пластинами, так что вклад в нее одной из них, с зарядом $+q$, равен $E_1 = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$.

В нашем случае поле создается двумя пластинами с зарядами одного знака, причем поле первой из них как раз равно $E_1 = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$, а поле второй направлено в противоположную сторону и по величине вдвое больше: $E_2 = \frac{2q}{2\epsilon_0 S}$.

Напряженность поля между пластинами равна $E = E_2 - E_1 = \frac{2q}{2\epsilon_0 S} - \frac{q}{2\epsilon_0 S} = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$, и направлено оно от пластины с большим зарядом к пластине с меньшим зарядом. Таким образом, разность потенциалов между этими пластинами равна

$$V = Ed = \frac{qd}{2\epsilon_0 S} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2\pi qd}{S} \approx 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-2}}{1} \approx 565 \text{ В.}$$

Ответ: $V \approx 565$ В.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: — верно записаны формулы, выражающие физические законы и принципы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — формула для емкости плоского конденсатора, связь заряда конденсатора с разностью потенциалов между его пластинами, связь напряженности электрического поля в плоском конденсаторе с разностью потенциалов между его пластинами, принцип суперпозиции электрических полей); — проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3

– Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.

ИЛИ

– Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.

ИЛИ

– В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

– В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.

ИЛИ

– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.

ИЛИ

– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).

Максимальный балл

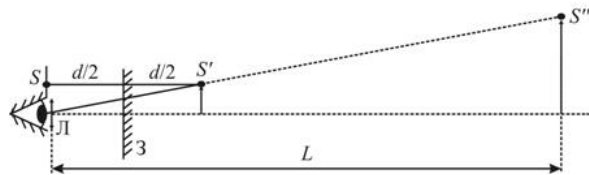
– Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов. ИЛИ – Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. ИЛИ – В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
– В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. ИЛИ – Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка. ИЛИ – Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0
Максимальный балл	3

С5 Школьника с нормальным зрением (расстояние наилучшего зрения $L = 25$ см) укусила в лоб над глазом пчела. Посмотревшись в плоское зеркало, он не смог разглядеть, не осталось ли жало в месте укуса. Тогда он взял маленькую лупу оптической силой $D = 16$ дптр, и при помощи того же зеркала увидел, что жала нет. Как он это сделал? Нарисуйте возможную оптическую схему, примененную школьником, и найдите расстояние от зеркала до лупы в этой схеме. Все углы падения лучей считать малыми.

Образец возможного решения

Школьник не смог разглядеть жало при помощи одного лишь зеркала потому, что плоское зеркало дает изображение с теми же линейными размерами, что и сам предмет. Для того чтобы все же разглядеть маленькое жало в зеркале, школьнику нужно было приблизить зеркало к глазу на очень малое расстояние. Но при этом становится невозможной аккомодация глаза, что опять мешает рассматривать жало. Таким образом, ясно, что изображение, даваемое искомой оптической системой, состоящей из лупы и зеркала, должно быть увеличенным, и при этом должно находиться от глаза школьника не дальше расстояния наилучшего зрения $L = 25$ см.

Лупу L , как обычно, надо расположить вблизи глаза, но так, чтобы она не загоразивала место укуса. После лупы надо поставить зеркало Z , в котором отразится место укуса S (см. рис.). Изображение места укуса S' , полученное в зеркале, должно отстоять от лупы на расстояние d такое, чтобы мнимое изображение S'' точки S' , полученное в лупе, отстояло от нее (и от глаза) на расстояние L . Мнимое изображение S'' , очевидно, лежит на линии, проходящей через оптический центр линзы и точку S' . Поэтому построение второго луча, формирующего изображение S'' , в данном случае необязательно.



Согласно формуле тонкой линзы для данного случая, $\frac{1}{d} - \frac{1}{L} = D$, откуда

$$d = \frac{L}{DL + 1} = 5 \text{ см.}$$

При этом зеркало будет находиться на расстоянии

$$f = \frac{d}{2} = \frac{L}{2(DL + 1)} = 2,5 \text{ см от лупы, глаза и укуса на лбу.}$$

Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).

Ответ: Лупа помещается вплотную к глазу, зеркало – на расстоянии 2,5 см от лупы.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
---	--------------

<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> — верно сделаны геометрические построения, записаны формулы и соотношения, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <u>построено изображение места укуса в плоском зеркале, найдено положение изображения места укуса в тонкой линзе, применена формула тонкой линзы</u>); — проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями). 	3
<p>– Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>– В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	
	3

С6 На большом адронном коллайдере (БАК) в конце 2009 года проведены первые эксперименты по ускорению протонных сгустков, содержащих $N = 20$ миллиардов частиц, до энергии $E_p = 1,18 \text{ ТэВ} = 1180 \text{ ГэВ}$, приходящейся на каждый протон. Представим себе, что такой сгусток полностью поглощается шариком массой $m = 1 \text{ г}$ и теплоемкостью $C = 5 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$. Какую скорость приобретет после этого шарик и на сколько градусов он нагреется?

Образец возможного решения

При столкновении и поглощении сгустка протонов шариком должны выполняться законы сохранения импульса и энергии.

Энергия E_p протона очень велика (более чем в тысячу раз превышает энергию покоя протона $\sim 1 \text{ ГэВ}$), так что его скорость очень близка к скорости света c , а импульс p_p связан с энергией соотношением $p_p = E_p / c$ (это следует из основных формул теории относительности: $E = mc^2$, $\vec{p} = m\vec{v} = \frac{E\vec{v}}{c^2}$). Суммарная энергия всех протонов в сгустке равна

$$E = NE_p = 2 \cdot 10^{10} \cdot 1,18 \cdot 10^{12} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 3776 \text{ Дж},$$

$$\text{а модуль их импульса } p = N p_p = E / c = \frac{3776}{3 \cdot 10^8} \approx 1,26 \cdot 10^{-5} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

Суммарная масса покоя всех протонов в сгустке равна $N \cdot m_p \approx 3,4 \cdot 10^{-17} \text{ кг}$, что значительно меньше массы шарика $m = 10^{-3} \text{ кг}$, поэтому можно считать, что после поглощения сгустка весь его импульс передается шарiku: $p = mv$, и шарик приобретает скорость $v = p / m \approx 1,26 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$. При этом кинетическая энергия шарика $\frac{mv^2}{2} \approx 8 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$, что гораздо меньше начальной энергии сгустка протонов. Поэтому можно считать, что вся начальная энергия сгустка превращается в теплоту, идущую на нагревание шарика: $E \approx C \cdot \Delta T$, и $\Delta T \approx \frac{E}{C} \approx 755 \text{ К}$.

Ответ: $v = \frac{NE_p}{mc} \approx 1,26 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$, $\Delta T \approx \frac{NE_p}{C} \approx 755 \text{ К}$.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
---	--------------

<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – правильно записаны формулы, выражающие физические законы и соотношения, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>формула для связи импульса и энергии протона с высокой энергией, а также законы сохранения импульса и энергии для данного случая</i>). – проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями). 	3
<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но имеет <u>один</u> из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> – В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа. 	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и без ответа. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – В решении отсутствует <u>ОДНА</u> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> – В <u>ОДНОЙ</u> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. 	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более чем одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3