

**Сборник тренировочных материалов для подготовки
к государственной итоговой аттестации по ФИЗИКЕ
для слепых и поздноослепших обучающихся
по образовательным программам
СРЕДНЕГО общего образования**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Тренировочные материалы предназначены для подготовки к единому государственному экзамену и государственному выпускному экзамену (в письменной форме) по физике. Тренировочные материалы состоят из четырёх разделов.

В разделе 1 проверяется материал по механике: кинематика, динамика, законы сохранения в механике, механические колебания и волны, элементы статики. Раздел 1 содержит 17 заданий. За верное выполнение каждого из заданий 1–7 и 12–14 выставляется по 1 баллу. Правильно выполненные задания 8–11 оцениваются следующим образом: 2 балла – нет ошибок; 1 балл – допущена одна ошибка; 0 баллов – допущены две ошибки или ответ отсутствует. Задания 15–17 оцениваются максимально в 3 балла в соответствии с критериями оценивания. Задания 1–15 могут быть включены как в экзаменационные материалы ГВЭ-11, так и в КИМ ЕГЭ; задания 16 и 17 используются только в КИМ ЕГЭ.

В разделе 2 проверяется освоение содержания по темам «Молекулярно-кинетическая теория» и «Термодинамика». Раздел 2 содержит 15 заданий. За верное выполнение каждого из заданий 1–6 и 10–12 выставляется по 1 баллу. Правильно выполненные задания 7–9 оцениваются в 2 балла или 1 балл, если допущена одна ошибка. Задания 13–15 оцениваются максимально в 3 балла в соответствии с критериями оценивания. Задания 1–13 могут быть включены как в экзаменационные материалы ГВЭ-11, так и в КИМ ЕГЭ; задания 14 и 15 используются только в КИМ ЕГЭ.

В раздел 3 включены задания по темам «Электростатика», «Постоянный электрический ток», «Магнитное поле», «Электромагнитная индукция», «Электромагнитные колебания и волны» и «Оптика». Раздел 3 содержит 17 заданий. За верное выполнение каждого из заданий 1–8 и 12–14 выставляется по 1 баллу. Правильно выполненные задания 9–11 оцениваются в 2 балла или 1 балл, если допущена одна ошибка. Задания 15–17 оцениваются максимально в 3 балла в соответствии с критериями оценивания. Задания 1–15 могут быть включены как в экзаменационные материалы ГВЭ-11, так и в КИМ ЕГЭ; задания 16 и 17 используются только в КИМ ЕГЭ.

В раздел 4 включены задания, оценивающие освоение знаний и умений по темам «Элементы СТО» и «Квантовая физика». Раздел 4 содержит 14 заданий. За верное выполнение каждого из заданий 1–8 и 12 выставляется по 1 баллу. Правильно выполненные задания 9–11 оцениваются в 2 балла или 1 балл, если допущена одна ошибка. Задания 13 и 14 оцениваются максимально в 3 балла в соответствии с критериями оценивания. Задания 1–12 могут быть включены как в экзаменационные материалы ГВЭ-11, так и в КИМ ЕГЭ; задания 13 и 14 используются только в КИМ ЕГЭ.

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношение между различными единицами

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

Масса частиц

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

Плотность		подсолнечного масла	900 кг/м ³
воды	1000 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	ртути	13 600 кг/м ³
Удельная теплоёмкость			
воды	4,2·10 ³ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	2,1·10 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	2,3·10 ⁶ Дж/кг		
плавления свинца	2,5·10 ⁴ Дж/кг		
плавления льда	3,3·10 ⁵ Дж/кг		
Нормальные условия: давление – 10 ⁵ Па, температура – 0 °С			
Молярная масса			
азота	28·10 ⁻³ кг/моль	гелия	4·10 ⁻³ кг/моль
аргона	40·10 ⁻³ кг/моль	кислорода	32·10 ⁻³ кг/моль
водорода	2·10 ⁻³ кг/моль	лития	6·10 ⁻³ кг/моль
воздуха	29·10 ⁻³ кг/моль	неона	20·10 ⁻³ кг/моль
воды	18·10 ⁻³ кг/моль	углекислого газа	44·10 ⁻³ кг/моль

РАЗДЕЛ 1

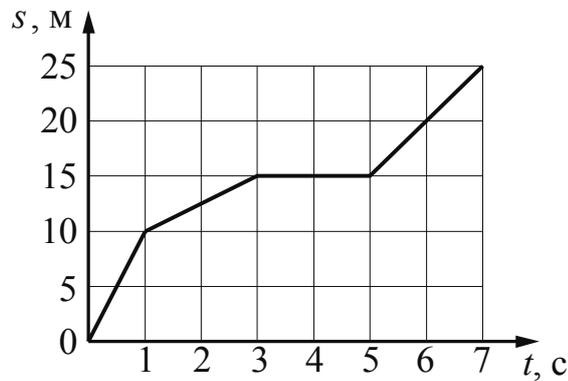
Ответом к заданиям 1, 5–8 является одна цифра, а к заданиям 16–24 и 26, 27 – последовательность двух цифр. Запишите одну или две цифры в поле ответа в тексте работы.

Ответ к заданиям 2–4, 9–15 и 25, 28–31 в виде числа запишите в отведённом месте работы с учётом предложенных единиц измерения величины.

При выполнении заданий 32–35 с развёрнутым ответом используйте отдельный лист. Запишите сначала номер задания, а затем ответ на него.

1

На рисунке представлен график зависимости пути s , пройденного материальной точкой, от времени t . Определите интервал времени, когда точка двигалась со скоростью 2,5 м/с.

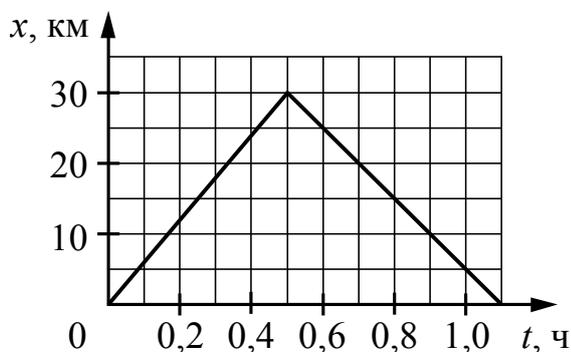


- 1) от 0 до 1 с
- 2) от 1 до 3 с
- 3) от 3 до 5 с
- 4) от 5 до 7 с

Ответ:

2

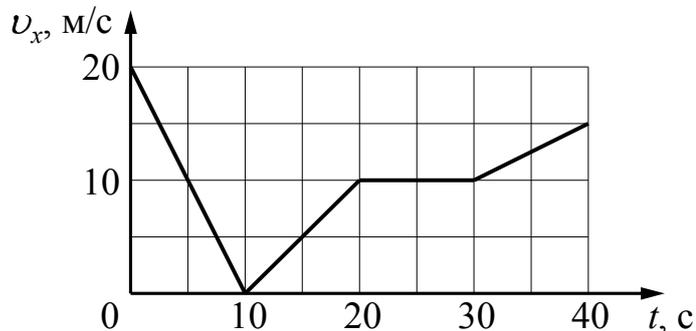
На рисунке представлен график движения автобуса из пункта А в пункт Б и обратно. Пункт А находится в точке $x = 0$, а пункт Б – в точке $x = 30$ км. Во сколько раз скорость автобуса на пути из А в Б больше его скорости на пути из Б в А?



Ответ: в _____ раз(-а).

3

Автомобиль движется по прямой улице, параллельной оси Ox . На графике представлена зависимость проекции его скорости v_x от времени t .

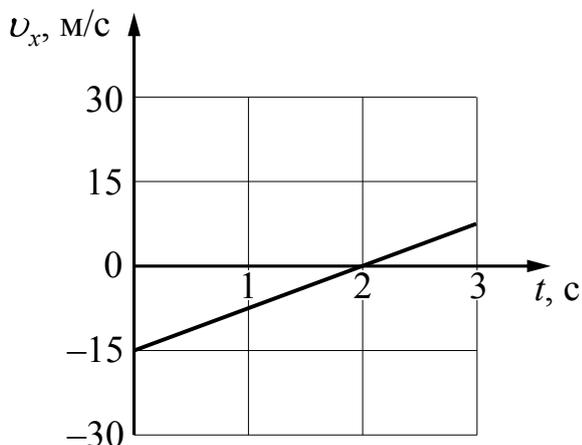


Определите проекцию ускорения автомобиля a_x в интервале времени от 0 до 10 с.

Ответ: _____ м/с^2 .

4

На рисунке приведён график зависимости проекции скорости v_x от времени t для тела, движущегося прямолинейно по оси x . Определите проекцию ускорения тела a_x .



Ответ: _____ м/с^2 .

5

Мяч, неподвижно лежавший на полу вагона движущегося поезда, покатился влево, если смотреть по ходу поезда. Как изменилось движение поезда?

- 1) Поезд повернул влево.
- 2) Скорость поезда увеличилась.
- 3) Скорость поезда уменьшилась.
- 4) Поезд повернул вправо.

Ответ:

6

Если многократно сжимать и разжимать пружину, то она нагревается. Как это можно объяснить?

- 1) Пружина нагревается в процессе ударов молекул воздуха о частицы вещества пружины.
- 2) Часть работы внешних сил переходит во внутреннюю энергию пружины.
- 3) Потенциальная энергия пружины переходит в кинетическую.
- 4) Кинетическая энергия пружины переходит в потенциальную.

Ответ:

7

Расстояние от спутника до центра Земли равно двум радиусам Земли. Во сколько раз изменится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до центра Земли станет равным четырём радиусам Земли?

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

Ответ:

8

Если массу груза пружинного маятника уменьшить в 4 раза, то период собственных малых колебаний маятника

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

Ответ:

9

Скорость груза массой 0,2 кг равна 3 м/с. Определите кинетическую энергию груза.

Ответ: _____ Дж.

10

Координата тела массой 10 кг, движущегося вдоль оси x , изменяется по закону $x = x_0 + v_x t$, где $x_0 = -10$ м; $v_x = -6$ м/с. Какова кинетическая энергия тела в момент времени $t = 4$ с?

Ответ: _____ Дж.

11

В инерциальной системе отсчёта сила \vec{F} сообщает телу массой 4 кг ускорение \vec{a} . Какова должна быть масса тела, чтобы вдвое меньшая сила сообщала ему в 4 раза большее ускорение?

Ответ: _____ кг.

12

Пружина жёсткостью $2 \cdot 10^4$ Н/м одним концом закреплена в штативе. На какую величину она растянется под действием силы 200 Н?

Ответ: _____ см.

13

Сосновый брус объёмом $0,06 \text{ м}^3$ плавает в воде, погрузившись на $0,4$ своего объёма. Определите выталкивающую силу, действующую на брус.

Ответ: _____ Н.

14

Тело массой 1 кг движется со скоростью 2 м/с навстречу телу массой 2 кг , скорость которого равна 1 м/с . Каково отношение модулей импульсов $\frac{p_2}{p_1}$ этих тел?

Ответ: _____.

15

Во сколько раз уменьшится период малых свободных колебаний математического маятника, если длину его нити уменьшить в 9 раз?

Ответ: в _____ раз(а).

16

Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. В некоторый момент времени спутник находится в точке *минимального* удаления от Земли. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения и запишите их номера.

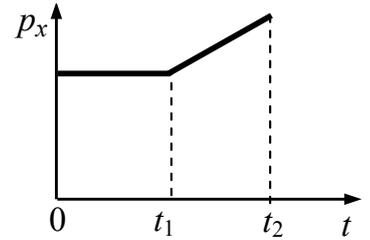
- 1) Ускорение спутника в этом положении равно 0 .
- 2) Полная энергия спутника в этом положении достигает максимума.
- 3) Сила притяжения спутника к Земле в этом положении максимальна.
- 4) Кинетическая энергия спутника в этом положении максимальна.
- 5) Скорость спутника в этом положении минимальна.

Ответ:

--	--

17

Тело движется по оси x . На рисунке приведён график зависимости проекции p_x импульса тела от времени. Выберите **два** правильных утверждения о движении тела, соответствующих представленному графику.



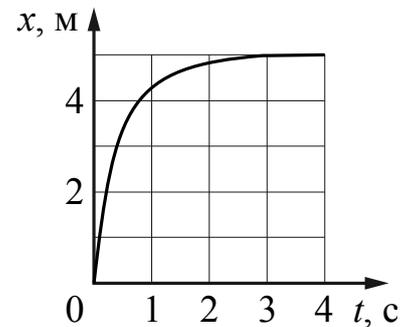
- 1) В интервале от t_1 до t_2 тело двигалось равномерно.
- 2) В интервале от 0 до t_1 кинетическая энергия тела не изменялась.
- 3) В интервале от 0 до t_1 тело двигалось равноускоренно.
- 4) В интервале от t_1 до t_2 тело двигалось равноускоренно.
- 5) В интервале от 0 до t_1 тело не двигалось.

Ответ:

--	--

18

Шарик катится по прямому жёлобу вдоль оси x . Изменение координаты x шарика с течением времени в инерциальной системе отсчёта показано на графике. На основании этого графика выберите **два** верных утверждения о движении шарика.



- 1) На шарик действовала всё увеличивающаяся сила.
- 2) Первые 3 с проекция ускорения шарика a_x отрицательна.
- 3) Первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной.
- 4) Проекция скорости шарика v_x оставалась отрицательной на всём пути.
- 5) Первые 3 с шарик двигался, а затем покоился.

Ответ:

--	--

19

Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью v_0 , за время t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L . Что произойдёт с временем полёта и дальностью полёта, если на этой же установке уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Время полёта	Дальность полёта

20

Камень брошен вверх под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как меняются по мере подъёма камня модуль ускорения и модуль импульса камня?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Модуль ускорения камня	Модуль импульса камня

21

Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как ведут себя потенциальная энергия пружины и кинетическая энергия груза, когда груз движется вниз от положения равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Потенциальная энергия пружины	Кинетическая энергия груза

22

Шайба массой m съезжает без трения из состояния покоя с вершины горки. У подножия горки потенциальная энергия шайбы равна нулю, а модуль её импульса равен p . Каковы высота горки и потенциальная энергия шайбы на её вершине? Ускорение свободного падения равно g .

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

- А) высота горки
Б) потенциальная энергия шайбы на вершине горки

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{p^2}{2m}$
2) $\frac{p^2}{2m^2g}$
3) $\frac{mp^2}{2g}$
4) $\frac{p^2}{2mg}$

Ответ:

А	Б

23

Грузовик массой m , движущийся по прямолинейному горизонтальному участку дороги со скоростью v , совершает торможение до полной остановки. При торможении колёса грузовика не вращаются. Коэффициент трения между колёсами и дорогой равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль силы трения, действующей на грузовик
Б) тормозной путь грузовика

ФОРМУЛЫ

- 1) μmg
2) μg
3) $\frac{v}{\mu g}$
4) $\frac{v^2}{2\mu g}$

Ответ:

А	Б

24

В инерциальной системе отсчёта (ИСО) за время Δt под действием постоянной силы импульс тела массой m изменился на $\Delta\vec{p}$.

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

А) сила, действующая на тело

Б) ускорение тела в ИСО

ФОРМУЛЫ

1) $\frac{m\Delta\vec{p}}{\Delta t}$

2) $\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$

3) $\frac{\Delta\vec{p}}{m\Delta t}$

4) $\frac{m\Delta t}{\Delta\vec{p}}$

Ответ:

А	Б

25

При измерении периода колебаний математического маятника было измерено время, за которое совершается 20 колебаний. Оно оказалось равным 12,0 с. Определите период колебаний маятника, если погрешность измерения времени составила 0,2 с. В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

Ответ: (_____ \pm _____) с.

26

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить коэффициент трения скольжения стали по дереву. Для этого школьник взял стальной брусок с крючком. Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) пластмассовая рейка
- 2) мензурка
- 3) динамометр
- 4) линейка
- 5) деревянная рейка

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ:

27

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить плотность алюминия. Для этого школьник взял стакан с водой и алюминиевый шарик. Какое дополнительное оборудование необходимо использовать для проведения этого эксперимента? Из приведённого ниже перечня оборудования выберите **две** позиции и запишите их номера.

- 1) секундомер
- 2) электронные весы
- 3) термометр
- 4) мензурка с делениями
- 5) пружина

Ответ:

28

Капля падает отвесно и оставляет на стекле горизонтально движущегося вагона след под углом 30° к вертикали. Скорость капли относительно вагона 20 м/с. Чему равна скорость вагона?

Ответ: _____ м/с.

29

Камень, брошенный с крыши дома почти вертикально вверх со скоростью 10 м/с, упал на землю через 3 с после броска. С какой высоты брошен камень? Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: _____ м.

30

Два груза массами соответственно $M_1 = 2$ кг и $M_2 = 3$ кг, находящиеся на гладкой горизонтальной поверхности, связаны невесомой и нерастяжимой нитью. На первый груз действует горизонтальная сила $F_1 = 20$ Н. Определите силу натяжения нити.

Ответ: _____ Н.

31

Горизонтальная невесомая пружина с жёсткостью $k = 1000$ Н/м находится в недеформированном состоянии. Один её конец закреплён, а другой касается бруска массой $M = 0,1$ кг, находящегося на горизонтальной поверхности. Брусок сдвигают, сжимая пружину, и отпускают. На какую длину Δx была сжата пружина, если после отпускания бруска его скорость достигла величины $v = 1$ м/с? Трение не учитывать.

Ответ: _____ м.

32

На полу лифта стоит открытый сверху теплоизолированный сосуд. В сосуде под тяжёлым подвижным поршнем находится одноатомный идеальный газ. Поршень находится в равновесии. Лифт начинает равноускоренно опускаться вниз. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, объясните, куда сдвинется поршень относительно сосуда после начала движения лифта и как при этом изменится температура газа в сосуде. Трением между поршнем и стенками сосуда, а также утечкой газа из сосуда пренебречь.

33

На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, верхняя из которых имеет плотность $\rho_1 = 900$ кг/м³, а нижняя — $\rho_2 = 3\rho_1$, плавает шарик. Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна треть его объёма?

34

Снаряд массой $2m$ разрывается в полёте на две равные части, одна из которых продолжает движение по направлению движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счёт энергии взрыва на величину ΔE . Модуль скорости осколка, движущегося по направлению движения снаряда, равен v_1 , а модуль скорости второго осколка равен v_2 . Найдите ΔE .

35

Радиус Луны $R=1738$ км, а первая космическая скорость для Луны $v=1680$ м/с. Каково ускорение свободного падения на Луне?

Ответы и критерии оценивания

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	2	17	24
2	1,2	18	25
3	-2	19	32
4	7,5	20	32
5	4	21	12
6	2	22	21
7	1	23	14
8	4	24	23
9	0,9	25	0,600,01
10	180	26	35
11	0,5	27	24
12	1	28	10
13	240	29	15
14	1	30	12
15	3	31	0,01
16	34		

На полу лифта стоит открытый сверху теплоизолированный сосуд. В сосуде под тяжёлым подвижным поршнем находится одноатомный идеальный газ. Поршень находится в равновесии. Лифт начинает равноускоренно опускаться вниз. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, объясните, куда сдвинется поршень относительно сосуда после начала движения лифта и как при этом изменится температура газа в сосуде. Трением между поршнем и стенками сосуда, а также утечкой газа из сосуда пренебречь.

Возможное решение	
<p>1. Поршень сдвинется вверх. Температура газа в сосуде понизится.</p> <p>2. Пусть масса поршня M, а площадь его основания S. Атмосферное давление над поршнем равно $p_{\text{атм}}$, первоначальное давление газа в сосуде равно p_1. Поскольку поршень первоначально находится в равновесии: $p_1 = p_{\text{атм}} + \frac{Mg}{S}$.</p> <p>3. При движении лифта с ускорением \vec{a}, направленным вниз, поршень сдвинется и займёт относительно сосуда новое положение равновесия, в котором давление газа в сосуде $p_2 = p_{\text{атм}} + \frac{M(g-a)}{S} < p_1$. Поскольку сосуд теплоизолирован и изменения числа частиц нет, уменьшение давления возможно только за счёт расширения газа. При этом газ совершает работу $A > 0$</p> <p>4. Поскольку сосуд теплоизолированный, газ, находящийся под поршнем, участвует в адиабатическом процессе. В этом случае, по первому закону термодинамики, газ совершает работу за счёт уменьшения внутренней энергии.</p> <p>5. Уменьшение внутренней энергии газа повлечёт понижение его температуры ($\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$)</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>направление движения поршня, уменьшение температуры газа</i>, п. 1) и полное объяснение (п. 2–5) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>условия равновесия поршня в случаях покоящегося лифта и движущегося с ускорением вниз, совершение работы при расширении газа, первый закон термодинамики для адиабатического процесса, зависимость внутренней энергии газа от температуры</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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, верхняя из которых имеет плотность $\rho_1 = 900 \text{ кг/м}^3$, а нижняя - $\rho_2 = 3\rho_1$, плавает шарик. Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна треть его объёма?

Возможное решение	
<p>Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землёй. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравнивает действующую на него силу тяжести: $\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho(V_1 + V_2)g$ (здесь V_1 и V_2 – соответственно объёмы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда:</p> $\rho_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \rho. \quad (1)$ <p>Доли объёма шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением</p> $\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = 1. \quad (2)$ <p>Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:</p> $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}.$ <p>По условию задачи $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{3}$, так что $\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1}{3}$, откуда</p> $\rho = \frac{1}{3}(\rho_1 + 2\rho_2) = \frac{7}{3}\rho_1 = 2100 \text{ кг/м}^3.$ <p>Ответ: $\rho = 2100 \text{ кг/м}^3$</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>закон Архимеда и второй закон Ньютона</i>);</p> <p>II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, 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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">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, и получение ответа.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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

Снаряд массой $2m$ разрывается в полёте на две равные части, одна из которых продолжает движение по направлению движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счёт энергии взрыва на величину ΔE . Модуль скорости осколка, движущегося по направлению движения снаряда, равен v_1 , а модуль скорости второго осколка равен v_2 . Найдите ΔE .

Возможное решение	
<p>Введём обозначение: v_0 – модуль скорости снаряда до разрыва. Составим систему уравнений, исходя из закона сохранения импульса (1) и закона сохранения энергии (2).</p> $2mv_0 = mv_1 - mv_2; \quad (1)$ $mv_0^2 + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}. \quad (2)$ <p>Выразим v_0 из первого уравнения: $v_0 = \frac{v_1 - v_2}{2}$ – и подставим во второе уравнение. Получим: $\frac{4\Delta E}{m} = (v_1 + v_2)^2$.</p> <p>Отсюда следует: $\Delta E = \frac{m}{4}(v_1 + v_2)^2$.</p> <p>Ответ: $\Delta E = \frac{m}{4}(v_1 + v_2)^2$</p>	
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>закон сохранения импульса, закон сохранения энергии</i>); II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ</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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">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, и получение ответа.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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

Радиус Луны $R=1738$ км, а первая космическая скорость для Луны $v=1680$ м/с. Каково ускорение свободного падения на Луне?

Возможное решение	
<p>Согласно второму закону Ньютона и закону всемирного тяготения $ma_{\text{цс}} = G \frac{mM}{R^2}$, $G \frac{mM}{R^2} = mg$, где R – радиус Луны, а g – ускорение свободного падения на её поверхности.</p> <p>Первая космическая скорость определяется формулой $a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{R}$.</p> <p>Отсюда: $g = v^2 / R = (1680)^2 / 1738 \cdot 10^3 \approx 1,62$ м/с².</p> <p>Ответ: $g \approx 1,62$ м/с²</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>закон всемирного тяготения, второй закон Ньютона, формула для центростремительного ускорения</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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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

РАЗДЕЛ 2

Ответом к заданиям 1–6 является одна цифра, а к заданиям 7–14 – последовательность двух цифр. Запишите одну или две цифры в поле ответа в тексте работы.

Ответ к заданиям 15–20 в виде числа запишите в отведённом месте работы с учётом предложенных единиц измерения величины.

При выполнении заданий 21–25 с развёрнутым ответом используйте отдельный лист. Запишите сначала номер задания, а затем ответ на него.

1

Молекулы газа находятся в среднем на таких расстояниях друг от друга, при которых силы притяжения между ними незначительны. Что из нижеследующего можно этим объяснить?

- 1) распространение звуковых волн в газе
- 2) значение скорости звука в газе
- 3) способность газов к неограниченному расширению
- 4) большую скорость молекул газа

Ответ:

2

Какой из приведённых ниже видов движения можно считать примером броуновского движения?

Движение

- 1) электронов в металлическом проводнике
- 2) бильярдных шаров по поверхности стола
- 3) мошкары в воздухе
- 4) частичек мела, взвешенных в воде

Ответ:

3

В воздушном насосе перекрыли выходное отверстие и быстро сжали воздух в цилиндре насоса. Какой процесс происходит с воздухом в цилиндре насоса?

- 1) изобарный
- 2) изохорный
- 3) изотермический
- 4) адиабатный

Ответ:

4

При сжатии идеального газа его объём уменьшился в 2 раза, а температура увеличилась в 2 раза. Как изменилось при этом давление газа?

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

Ответ:

5

При 0 °С вода кристаллизуется и переходит из жидкого состояния в твёрдое. Что происходит в процессе кристаллизации с её температурой и внутренней энергией?

- 1) уменьшается температура, возрастает внутренняя энергия.
- 2) уменьшаются и температура, и внутренняя энергия.
- 3) уменьшается внутренняя энергия, не изменяется температура.
- 4) уменьшается температура, не изменяется внутренняя энергия.

Ответ:

6

Газ в сосуде сжали, совершив работу 40 Дж. Внутренняя энергия газа при этом увеличилась на 15 Дж. Следовательно, газ

- 1) получил извне количество теплоты, равное 25 Дж
- 2) отдал окружающей среде количество теплоты, равное 25 Дж
- 3) получил извне количество теплоты, равное 55 Дж
- 4) отдал окружающей среде количество теплоты, равное 55 Дж

Ответ:

7

В герметичный сосуд с подвижным поршнем поместили 1 моль гелия и нагрели при постоянном давлении. Выберите **два** верных утверждения, которые соответствуют процессу, проведённому с газом.

- 1) Объём газа увеличился.
- 2) Количество теплоты, переданное газу, равно нулю.
- 3) Плотность газа уменьшилась.
- 4) Внутренняя энергия газа уменьшилась.
- 5) Над газом совершили положительную работу.

Ответ:

8

Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В левой части сосуда содержится 8 г гелия, в правой – 1 моль аргона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул аргона. Температура газов одинакова и остаётся постоянной. Выберите два верных утверждения, описывающих состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Внутренняя энергия гелия в сосуде больше, чем внутренняя энергия аргона.
- 2) Концентрация гелия и аргона в правой части сосуда одинакова.
- 3) В правой части сосуда общее число молекул газов в 2 раза меньше, чем в левой части.
- 4) Внутренняя энергия гелия в сосуде в конечном состоянии больше, чем в начальном.
- 5) Давление в обеих частях сосуда одинаково.

Ответ:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

9

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Давление газа в сосуде	Внутренняя энергия газа в сосуде
<input type="text"/>	<input type="text"/>

10

В процессе сжатия 1 моль разреженного гелия его внутренняя энергия всё время остаётся неизменной. Как изменяются при этом температура гелия и его давление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Температура гелия	Давление гелия

11

В закрытом сосуде постоянного объёма при комнатной температуре находится воздух, содержащий ненасыщенный водяной пар. Температуру воздуха увеличили на 20 К. Как изменились при этом концентрация молекул воды и относительная влажность воздуха в сосуде?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Концентрация молекул воды в сосуде	Относительная влажность воздуха в сосуде

12

В цилиндре под поршнем находится идеальный одноатомный газ. Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих состояние газа. Используются обозначения: p – давление; V – объём; \bar{E}_k – средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения частиц газа; ν – количество вещества, N_A – постоянная Авогадро. Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФОРМУЛЫ

$$\text{А) } \frac{2}{3} \frac{\nu N_A \bar{E}_k}{V}$$

$$\text{Б) } \frac{3}{2} \frac{pV}{N_A \bar{E}_k}$$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) количество вещества
- 2) давление
- 3) масса газа
- 4) абсолютная температура

Ответ:

А	Б

13

В цилиндре под поршнем находится идеальный одноатомный газ. Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих состояние газа. Обозначения: p – давление; T – абсолютная температура; N – число атомов газа; k – постоянная Больцмана, V – объём газа. Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФОРМУЛЫ

$$\text{А) } \frac{pV}{Nk}$$

$$\text{Б) } \frac{p}{kT}$$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) концентрация молекул
- 2) давление
- 3) внутренняя энергия
- 4) абсолютная температура

Ответ:

А	Б

14

Идеальный одноатомный газ изобарно расширяется при давлении p_0 . Первоначальный объём газа V_1 , конечный объём V_2 . Чему равны изменение внутренней энергии газа и полученное им количество теплоты в этом процессе?

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) изменение внутренней энергии в процессе изобарного расширения
- Б) количество теплоты, полученное в процессе изобарного расширения

ФОРМУЛЫ

- 1) $p_0(V_2 - V_1)$
- 2) $\frac{1}{2}p_0(V_2 - V_1)$
- 3) $\frac{3}{2}p_0(V_2 - V_1)$
- 4) $\frac{5}{2}p_0(V_2 - V_1)$

Ответ:

А	Б

15

При уменьшении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул неона уменьшилась в 4 раза. Какова начальная температура газа?

Ответ: _____ К.

16

Абсолютная температура газа в закрытом сосуде снизилась в 2 раза. Во сколько раз при этом уменьшилось давление газа?

Ответ: в _____ раз(-а).

17

При температуре 240 К и давлении $1,66 \cdot 10^5$ Па плотность газа равна 2 кг/м^3 . Какова молярная масса этого газа?

Ответ: _____ кг/моль.

18

Тепловой двигатель с КПД, равным 30%, за цикл получает от нагревателя количество теплоты, равное 100 кДж. Какую работу совершает двигатель за цикл?

Ответ: _____ кДж.

19

Какое количество теплоты необходимо для того, чтобы расплавить 2 кг свинца, взятого при температуре плавления? Удельная теплота плавления свинца $2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг.

Ответ: _____ кДж.

20

Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда 0°C , начальная температура воды 30°C . Теплоёмкостью термоса можно пренебречь. При переходе к тепловому равновесию часть льда массой 210 г растаяла. Чему равна исходная масса воды в термосе? Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/кг $\cdot^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Ответ: _____ г.

21

Температура воздуха в комнате повысилась, а парциальное давление водяного пара не изменилось. Как изменилась относительная влажность воздуха? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

22

Три одинаковых сосуда, содержащих разреженный газ, соединены друг с другом трубками малого диаметра: первый сосуд – со вторым; второй – с третьим. Первоначально давление газа в сосудах было равно соответственно p , $3p$ и p . В ходе опыта сначала открыли и закрыли кран, соединяющий второй и третий сосуды, а затем открыли и закрыли кран, соединяющий первый и второй сосуды. Как изменилось в итоге (уменьшилось, увеличилось или осталось неизменным) количество газа в первом сосуде? (Температура газа оставалась в течение всего опыта неизменной.)

23

Сферическую оболочку воздушного шара делают из материала, квадратный метр которого имеет массу 1 кг. Шар наполняют гелием. Атмосферное давление 10^5 Па равно давлению гелия в шаре. Определите минимальную массу оболочки, при которой шар оторвётся от Земли. Температура гелия и окружающего воздуха одинакова и равна 0°C . (Площадь сферы $S = 4\pi r^2$, объём шара $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.)

24

Сосуд объёмом $V = 10$ л содержит $\nu = 0,5$ моль гелия при $t = 17$ °С. Если разность давлений внутри сосуда и снаружи него станет больше в 10 раз, то сосуд лопнет. Лопнет ли сосуд, если передать гелию количество теплоты $Q = 3$ кДж? Атмосферное давление $p_a = 10^5$ Па.

25

Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является 1 моль идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на ΔT , а работа, совершённая газом в изотермическом процессе, равна A . Определите КПД тепловой машины.

Ответы и критерии оценивания

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	3	11	32
2	4	12	21
3	4	13	41
4	3	14	34
5	3	15	800
6	2	16	2
7	13	17	0,024
8	12	18	30
9	22	19	50
10	31	20	550

Температура воздуха в комнате повысилась, а парциальное давление водяного пара не изменилось. Как изменилась относительная влажность воздуха? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

Возможное решение	
<p>1. Относительная влажность воздуха определяется соотношением</p> $\varphi = \frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{насыщ. пара}}}.$ <p>Здесь $p_{\text{пара}}$ – парциальное давление водяного пара в воздухе, $p_{\text{насыщ. пара}}$ – давление насыщенного водяного пара при той же температуре.</p> <p>2. Давление насыщенного водяного пара ($p_{\text{насыщ. пара}} = nkT$, где n – концентрация молекул водяного пара, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура) монотонно растёт с ростом температуры, поскольку увеличивается и концентрация, и температура.</p> <p>3. Из условия задачи следует, что в правой части дроби числитель остаётся постоянным, а знаменатель растёт. Следовательно, значение дроби уменьшается.</p> <p>4. Ответ: относительная влажность воздуха понизилась</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>изменение относительной влажности, п. 4</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>формула для относительной влажности, зависимость давления насыщенного водяного пара от температуры</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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<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

Три одинаковых сосуда, содержащих разреженный газ, соединены друг с другом трубками малого диаметра: первый сосуд – со вторым, второй – с третьим. Первоначально давление газа в сосудах было равно соответственно p , $3p$ и p . В ходе опыта сначала открыли и закрыли кран, соединяющий второй и третий сосуды, а затем открыли и закрыли кран, соединяющий первый сосуд со вторым. Как изменилось в итоге (уменьшилось, увеличилось или осталось неизменным) количество газа в первом сосуде? (Температура газа оставалась в течение всего опыта неизменной.)

Возможное решение	
1. В итоге количество газа в первом сосуде увеличилось. 2. В соответствии с законами Дальтона и Бойля – Мариотта (применёнными к парциальным давлениям газов во втором и третьем сосудах) суммарное давление этих газов после закрывания второго крана $\frac{3p}{2} + \frac{p}{2} = 2p$. 3. Аналогично этому давление в первом и во втором сосудах после закрывания первого крана $\frac{p}{2} + \frac{2p}{2} = 1,5p$. Это означает согласно уравнению Клапейрона – Менделеева, что количество газа в первом сосуде в итоге увеличилось	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>увеличение количества газа в первом сосуде</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>законы Дальтона и Бойля – Мариотта, уравнение Клапейрона – Менделеева</i>)	3

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

Сферическую оболочку воздушного шара делают из материала, квадратный метр которого имеет массу 1 кг. Шар наполняют гелием. Атмосферное давление 10^5 Па равно давлению гелия в шаре. Определите минимальную массу оболочки, при которой шар оторвётся от земли. Температура гелия и окружающего воздуха одинакова и равна 0°C . (Площадь сферы $S = 4\pi r^2$, объём шара $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.)

Возможное решение

1. Запишем для шара второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось в момент его отрыва от Земли: $F_A = m_{\text{He}}g + m_{\text{об}}g$, где F_A – сила Архимеда, действующая на шар.

2. Выразим силы через радиус шара r : $\rho_{\text{в}}g \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 = b \cdot 4\pi r^2 \cdot g + \rho_{\text{He}}g \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$,

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность атмосферного воздуха, ρ_{He} – плотность гелия, $b = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ – отношение массы одного квадратного метра оболочки шара к его площади.

Отсюда найдём радиус шара: $r = \frac{3b}{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{He}}}$.

3. Плотности гелия и воздуха найдём из уравнения Клапейрона – Менделеева: $pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{Mp}{RT}$, $\rho_{\text{He}} = \frac{M_{\text{He}}p}{RT}$, $\rho_{\text{в}} = \frac{M_{\text{в}}p}{RT}$.

4. Объединяя полученные выражения, найдём радиус:

$$r = \frac{3bRT}{p(M_{\text{в}} - M_{\text{He}})} \approx 2,7 \text{ м,}$$

а искомая масса оболочки $m = 4\pi r^2 \cdot b$.

Ответ: $m \approx 92$ кг

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, выражение для силы Архимеда, связь массы и плотности, уравнение Клапейрона – Менделеева</i>);</p> <p>II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">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, и получение ответа.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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

Сосуд объёмом $V = 10$ л содержит $\nu = 0,5$ моль гелия при $t = 17$ °С. Если разность давлений внутри сосуда и снаружи него станет больше в 10 раз, то сосуд лопнет. Лопнет ли сосуд, если передать гелию количество теплоты $Q = 3$ кДж? Атмосферное давление $p_a = 10^5$ Па.

Возможное решение

1. Согласно уравнению Клапейрона – Менделеева в начальном состоянии $p_0 V = \nu R T$ (p_0 – давление гелия в начальном состоянии), а разность давлений внутри сосуда и снаружи него:

$$\Delta p_0 = \frac{\nu R T}{V} - p_a.$$

2. Гелий нагревают изохорно, тогда по первому закону термодинамики

$Q = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T)$. Поэтому после передачи тепла температура в сосуде

$$T_1 = T + \frac{2Q}{3\nu R}.$$

3. В конечном состоянии разность давлений внутри сосуда и снаружи него:

$$\Delta p = \frac{\nu R \left(T + \frac{2Q}{3\nu R} \right)}{V} - p_a.$$

4. Найдём отношение разностей давлений в конечном и начальном состояниях:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta p}{\Delta p_0} &= \frac{\nu R T + (2/3)Q - p_a V}{\nu R T - p_a V} = 1 + \frac{2Q}{3(\nu R T - p_a V)} = \\ &= 1 + \frac{6000}{3(0,5 \cdot 8,31 \cdot 290 - 10^5 \cdot 10^{-2})} \approx 1 + 9,76 = 10,76 > 10 \end{aligned}$$

Так как разность давлений увеличилась более чем в 10 раз, то сосуд лопнет

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, первый закон термодинамики для изохорного процесса, выражение для внутренней энергии идеального одноатомного газа</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>	3

<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</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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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>	<i>3</i>

Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является один моль идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на ΔT , а работа, совершённая газом в изотермическом процессе, равна A . Определите КПД тепловой машины.

Возможное решение	
<p>1. Коэффициент полезного действия тепловой машины</p> $\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q^+} = 1 - \frac{ Q^- }{Q^+},$ <p>где $A_{\text{ц}}$ – работа, совершённая за цикл; Q^+ – количество теплоты, полученное за цикл рабочим веществом тепловой машины от нагревателя; Q^- – количество теплоты, отданное за цикл холодильнику.</p> <p>В рассматриваемом цикле газ получает количество теплоты в изотермическом процессе и отдаёт в изохорном.</p> <p>2. В изотермическом процессе внутренняя энергия идеального газа не изменяется; следовательно, в соответствии с первым законом термодинамики количество теплоты, полученное газом, равно работе газа:</p> $Q^+ = A.$ <p>3. Поскольку в изохорном процессе газ работу не совершает, количество теплоты, отданное газом (в соответствии с первым законом термодинамики), равно изменению его внутренней энергии:</p> $ Q^- = \frac{3}{2} \nu R \Delta T .$ <p>Подставляя второе и третье соотношения в первое, получаем значение КПД тепловой машины.</p> <p>Ответ: $\eta = 1 - \frac{3\nu R \Delta T }{2A}$</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>первый закон термодинамики в применении к изотермическому и изохорному процессам и определение КПД тепловой машины</i>);</p> <p>II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p>	3

<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</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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">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, и получение ответа.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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

РАЗДЕЛ 3

Ответом к заданиям 1, 7, 11 является одна цифра, в задании 3 – слово, а к заданиям 12–19 – последовательность двух цифр. Запишите одну или две цифры в поле ответа в тексте работы.

Ответ к заданиям 2, 4–10, 20–24 в виде числа запишите в отведённом месте работы с учётом предложенных единиц измерения величины.

При выполнении заданий 25–28 с развёрнутым ответом используйте отдельный лист. Запишите сначала номер задания, а затем ответ на него.

1

К стержню отрицательно заряженного электроскопа поднесли, не касаясь его, стеклянную палочку. Листочки электроскопа опали, образуя гораздо меньший угол. Такой эффект может наблюдаться, если палочка

- 1) заряжена положительно
- 2) заряжена отрицательно
- 3) имеет заряд любого знака
- 4) не заряжена

Ответ:

2

Два неподвижных точечных заряда действуют друг на друга с силами, модуль которых равен F . Во сколько раз увеличится модуль этих сил, если один заряд увеличить в 3 раза, другой заряд уменьшить в 2 раза, а расстояние между ними оставить прежним?

Ответ: в _____ раз(а).

3

На рисунке представлено расположение двух неподвижных положительных точечных зарядов: $+q$ и $+q$. Как направлен (*вправо, влево, вверх или вниз*) вектор напряжённости суммарного электрического поля этих зарядов в точке A ? *Ответ запишите словом.*



Ответ: _____.

4 Два небольших одинаковых металлических шарика, имеющих заряды $q_1 = -6$ нКл и $q_2 = +2$ нКл, привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Каким стал заряд первого шарика в результате взаимодействия?

Ответ: _____ нКл.

5 Отрезок медной проволоки имеет электрическое сопротивление 9 Ом. Какое электрическое сопротивление имеет другой отрезок медной проволоки, у которого в 2 раза больше длина и в 3 раза больше площадь поперечного сечения?

Ответ: _____ Ом.

6 Электрическая лампочка мощностью 12 Вт рассчитана на напряжение 6 В. Определите по этим параметрам силу тока, протекающего через нить накаливания лампочки, работающей в номинальном режиме.

Ответ: _____ А.

7 Как взаимодействуют два параллельных друг другу проводника, если электрический ток в них протекает в противоположных направлениях?

- 1) Силы взаимодействия равны нулю.
- 2) Проводники отталкиваются друг от друга.
- 3) Проводники притягиваются друг к другу.
- 4) Проводники поворачиваются в одинаковом направлении.

Ответ:

8 Прямолинейный проводник длиной L с током I помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции \vec{B} . Во сколько раз уменьшится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину увеличить в 2 раза, а силу тока в проводнике уменьшить в 4 раза?

Ответ: в _____ раз(-а).

9 Определите энергию магнитного поля катушки индуктивностью 0,1 Гн, по которой протекает ток 2 А.

Ответ: _____ Дж.

10

Индуктивность катушки увеличили в 2 раза, а силу тока в ней уменьшили в 2 раза. Определите величину энергии магнитного поля катушки с током в этом случае, если первоначально она была равна 0,5 Дж.

Ответ: _____ Дж.

11

В наборе радиодеталей для изготовления простого колебательного контура имеется две катушки с индуктивностями $L_1 = 1$ мкГн и $L_2 = 2$ мкГн, а также два конденсатора, ёмкости которых $C_1 = 30$ пФ и $C_2 = 40$ пФ. При каком выборе двух элементов из этого набора период собственных колебаний контура T будет наименьшим?

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

Ответ:

12

Протон, движущийся с постоянной скоростью v , влетает в область однородного магнитного поля. Вектор магнитной индукции \vec{B} перпендикулярен вектору скорости протона \vec{v} . Выберите два утверждения, которые верно описывают движение протона, и запишите их номера.

- 1) Движение протона в магнитном поле равномерное и прямолинейное.
- 2) Если скорость протона увеличить, то сила, действующая на него со стороны магнитного поля, уменьшится.
- 3) Сила, действующая на протон со стороны магнитного поля, совершает положительную работу.
- 4) В процессе движения в магнитном поле кинетическая энергия протона не изменяется.
- 5) Протон движется в магнитном поле по окружности.

Ответ:

13

Установите соответствие между формулами для расчёта физических величин в цепях постоянного тока и названиями этих величин. В формулах использованы обозначения: R – сопротивление резистора; I – сила тока; U – напряжение на резисторе; t – промежуток времени.

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

ФОРМУЛЫ

- А) $\frac{U}{R}$
 Б) IUt

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) работа электрического тока
 2) мощность электрического тока
 3) сопротивление резистора
 4) сила тока

Ответ:

А	Б

14

Установите соответствие между формулами для расчёта физических величин в цепях постоянного тока и названиями этих величин. В формулах использованы обозначения: R – сопротивление резистора; I – сила тока; U – напряжение на резисторе.

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

ФОРМУЛЫ

- А) $\frac{U}{I}$
 Б) $\frac{U}{R}$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) работа тока
 2) сопротивление резистора
 3) мощность тока
 4) сила тока

Ответ:

А	Б

15

Установите соответствие между физическими величинами и их единицами измерения в системе СИ.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ЕДИНИЦЫ
ИЗМЕРЕНИЯ

А) сила тока

Б) напряжённость электростатического поля

1) 1 Тл

2) 1 В

3) 1 В/м

4) 1 А

Ответ:

А	Б

16

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить сопротивление резистора. Для этого, помимо резистора, школьник взял соединительные провода, реостат, ключ и аккумулятор. Какие ещё **два** предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

1) лампочка

2) вольтметр

3) катушка индуктивности

4) конденсатор

5) амперметр

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ:

--	--

17

Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Как изменятся радиус окружности и период обращения протона, если его скорость увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Радиус окружности	Период обращения

18

Плоский конденсатор с воздушным зазором между обкладками подключён к источнику постоянного напряжения. Как изменятся заряд конденсатора и разность потенциалов между его обкладками при заполнении диэлектриком зазора между ними?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Заряд конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора

19

При настройке колебательного контура радиопередатчика его индуктивность уменьшили. Как при этом изменились период колебаний тока в контуре и длина волны излучения?

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.

Период колебаний тока в контуре	Длина волны излучения

20

Одинаковые по модулю положительные точечные заряды $q = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл расположены в вакууме на расстоянии 0,3 м друг от друга. Определите силу взаимодействия зарядов. Ответ выразите в миллиньютонах.

Ответ: _____ мН.

21

Каково внутреннее сопротивление источника тока с ЭДС, равной 10 В, если при подключении к нему резистора с сопротивлением 4 Ом в электрической цепи течёт ток 2 А?

Ответ: _____ Ом.

22

Проводящий стержень длиной $l = 20$ см движется поступательно по горизонтальной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле со скоростью $v = 1$ м/с так, что угол между стержнем и вектором скорости $\alpha = 30^\circ$. ЭДС индукции в стержне равна 0,05 В. Какова индукция магнитного поля?

Ответ: _____ Тл.

23

Ёмкость конденсатора в цепи переменного тока равна 50 мкФ. Уравнение изменения напряжения на конденсаторе имеет вид: $U = a \sin(bt)$, где $a = 60$ В и $b = 500 \text{ с}^{-1}$. Найдите амплитуду колебаний силы тока.

Ответ: _____ А.

24

Тонкое алюминиевое кольцо площадью 100 см^2 расположено во внешнем магнитном поле так, что плоскость кольца перпендикулярна линиям магнитной индукции. За 2 с магнитная индукция увеличивается с 1 до 3 мТл. Чему равен модуль ЭДС индукции, возникающей при этом в контуре? Ответ выразите в микровольтах.

Ответ: _____ мкВ.

25

Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещён над горизонтальной металлической пластиной, равномерно заряженной положительным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится частота малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить отрицательный заряд.

26 Железный провод постоянного диаметра длиной 100 м подключают к источнику постоянного напряжения 100 В. На сколько градусов нагреется провод за 10 с? (Изменением сопротивления провода при его нагревании и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельное сопротивление железа $0,1 \cdot 10^{-6}$ Ом·м, удельная теплоёмкость железа $460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.)

27 Какую разность потенциалов приложили к однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м, если за 15 с его температура повысилась на 10 К? Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, плотность меди 8900 кг/м^3 , удельная теплоёмкость меди $380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.)

28 Плоская горизонтальная фигура площадью $S = 0,1 \text{ м}^2$, ограниченная проводящим контуром сопротивлением 5 Ом, находится в однородном магнитном поле. Проекция вектора магнитной индукции на вертикальную ось O_z медленно и равномерно возрастает от начального значения $B_{1z} = 0,7 \text{ Тл}$ до конечного значения $B_{2z} = 4,7 \text{ Тл}$. Какой заряд за это время протекает по контуру?

Ответы и критерии оценивания

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	1	13	41
2	1,5	14	24
3	вправо	15	43
4	-2	16	25
5	6	17	13
6	2	18	13
7	2	19	22
8	2	20	0,04
9	0,2	21	1
10	0,25	22	0,5
11	1	23	1,5
12	45	24	10

Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещён над горизонтальной металлической пластиной, равномерно заряженной положительным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится частота малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить отрицательный заряд.

Возможное решение	
<p>1. Колеблющийся шарик на нити можно считать математическим маятником. Первоначально, когда шарик не заряжен, электрическое поле пластины не оказывает влияния на колебательное движение, колебания происходят только за счёт периодически изменяющейся касательной составляющей силы тяжести. Поэтому частота свободных колебаний зависит только от длины нити l и ускорения свободного падения g ($\nu_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$).</p> <p>2. Протяжённая равномерно заряженная пластина создаёт однородное электрическое поле \vec{E}. Если шарiku сообщить отрицательный заряд, то со стороны электрического поля пластины на него начнёт действовать постоянная сила Кулона $F_K = Eq$, направленная вертикально вниз.</p> <p>3. В этом случае равнодействующая сил тяжести и Кулона, которая будет определять частоту свободных колебаний маятника, сообщит шарiku ускорение $a = g + F_K / m = g + Eq / m$, которое больше ускорения свободного падения ($a > g$). Возвращающая сила, действующая на шарик, увеличится, шарик быстрее будет возвращаться к положению равновесия, а значит, частота свободных колебаний маятника увеличится ($\nu_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{l}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g + Eq / m}{l}}$, т.е. $\nu_2 > \nu_1$)</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>увеличение частоты колебаний маятника</i>, п. 1), и полное верное объяснение (в данном случае: п. 2–4) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>взаимодействие заряженных тел, частота колебаний математического маятника, увеличение ускорения тела</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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

Железный провод постоянного диаметра длиной 100 м подключают к источнику постоянного напряжения 100 В. На сколько градусов нагреется провод за 10 с? (Изменением сопротивления провода при его нагревании и теплообменом с окружающей средой пренебречь. Удельное сопротивление железа $0,1 \cdot 10^{-6}$ Ом·м, удельная теплоёмкость железа $460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.)

Возможное решение	
<p>При протекании тока через проводник в нём по закону Джоуля – Ленца выделяется количество теплоты $Q = \frac{U^2 t}{R}$, где U – напряжение источника, R – сопротивление проводника, t – время.</p> <p>Проводник нагревается: $Q = cm\Delta T$, где c – удельная теплоёмкость железа, m – масса проводника, ΔT – изменение температуры.</p> <p>Масса проводника $m = \rho_1 l S$, где ρ_1 – плотность железа, а его сопротивление $R = \rho_2 \frac{l}{S}$, где ρ_2 – удельное сопротивление железа.</p> <p>В итоге получаем: $\Delta T = \frac{U^2 t}{Rcm} = \frac{U^2 t}{c\rho_1 l^2 \rho_2} = \frac{100^2 \cdot 10}{460 \cdot 7800 \cdot 100^2 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}} \approx 28 \text{ К}$.</p> <p>Ответ: $\Delta T \approx 28 \text{ К}$</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: закон Джоуля – Ленца; формула для определения количества теплоты, переданного телу при нагревании; формулы для определения массы тела и его электрического сопротивления);</p> <p>II) сделан правильный рисунок, поясняющий решение;</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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, 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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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

Какую разность потенциалов приложили к однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 10 м, если за 15 с его температура повысилась на 10 К? Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом · м, плотность меди 8900 кг/м³, удельная теплоёмкость меди $380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.)

Возможное решение	
Количество теплоты согласно закону Джоуля – Ленца	
$Q = \frac{U^2}{R} \cdot t. \quad (1)$	
Это количество теплоты затратится на нагревание проводника:	
$Q = cm\Delta T, \quad (2)$	
где масса проводника $m = \rho l S,$ (3)	
c – удельная теплоёмкость меди, S – площадь поперечного сечения, l – длина проводника.	
Сопротивление проводника $R = \frac{\rho_{\text{эл}} l}{S}. \quad (4)$	
Из (1)–(4) получаем: $U = \sqrt{\frac{\Delta T c \rho l^2 \rho_{\text{эл}}}{t}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 380 \cdot 8900 \cdot 10^2 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8}}{15}} \approx 2 \text{ В}.$	
Ответ: $U \approx 2 \text{ В}$	
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 Джоуля – Ленца; формула для определения количества теплоты, затрачиваемой на нагревание; формулы, определяющие массу и сопротивление проводника через его параметры</i>);</p> <p>II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">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, и получение ответа.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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

Плоская горизонтальная фигура площадью $S = 0,1 \text{ м}^2$, ограниченная проводящим контуром сопротивлением 5 Ом , находится в однородном магнитном поле. Проекция вектора магнитной индукции на вертикальную ось O_z медленно и равномерно возрастает от начального значения $B_{1z} = 0,7 \text{ Тл}$ до конечного значения $B_{2z} = 4,7 \text{ Тл}$. Какой заряд за это время протекает по контуру?

Возможное решение	
<p>Выражение для модуля ЭДС индукции в случае однородного поля: $\mathcal{E} = \left \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right = \frac{S\Delta B_z}{\Delta t}$, где S – площадь фигуры; $\Delta B_z = B_{2z} - B_{1z}$.</p> <p>Закон Ома: $\mathcal{E} = IR$, где R – сопротивление контура; $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ – ток в контуре за время Δt изменения магнитного поля.</p> <p>Выражение для заряда, протекающего по цепи: $\Delta q = I\Delta t = \frac{S}{R}(B_{2z} - B_{1z}) = \frac{0,1(4,7 - 0,7)}{5} = 0,08 \text{ Кл}$.</p> <p>Ответ: $\Delta q = 0,08 \text{ Кл}$</p>	
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>формулы для ЭДС индукции, заряда, протекающего в цепи, и закон Ома</i>); II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); 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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">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, и получение ответа.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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

РАЗДЕЛ 4

Ответом к заданиям 1, 4, 5, 8 является одна цифра, а к заданиям 10–15 – последовательность двух цифр. Запишите одну или две цифры в поле ответа в тексте работы.

Ответ к заданиям 2, 3, 6, 7 и 16 в виде числа запишите в отведённом месте работы с учётом предложенных единиц измерения величины.

При выполнении заданий 17–19 с развёрнутым ответом используйте отдельный лист. Запишите сначала номер задания, а затем ответ на него.

1 Скорость света в вакууме во всех инерциальных системах отсчёта

- 1) зависит только от скорости движения источника света
- 2) не зависит ни от скорости приёмника света, ни от скорости источника света
- 3) зависит только от скорости приёмника света
- 4) зависит как от скорости приёмника света, так и от скорости источника света

Ответ:

2 Модуль импульса фотона в первом пучке света в 2 раза больше модуля импульса фотона во втором пучке. Определите отношение длины волны в первом пучке света к длине волны во втором пучке.

Ответ: _____.

3 Частота инфракрасного излучения примерно в 4 раза меньше частоты ультрафиолетового излучения. Во сколько раз энергия фотона ультрафиолетового излучения больше энергии фотона инфракрасного излучения?

Ответ: в _____ раз(а).

4 Какое представление о строении атома соответствует модели атома Резерфорда?

- 1) Заряд ядра положителен, бóльшая часть массы атома сосредоточена в электронах.
- 2) Заряд ядра отрицателен, бóльшая часть массы атома сосредоточена в электронной оболочке.
- 3) Заряд ядра положителен, бóльшая часть массы атома сосредоточена в ядре.
- 4) Заряд ядра отрицателен, бóльшая часть массы атома сосредоточена в ядре.

Ответ:

5 Связанная система элементарных частиц содержит 2 электрона, 3 нейтрона и 4 протона. Чем может являться эта система?

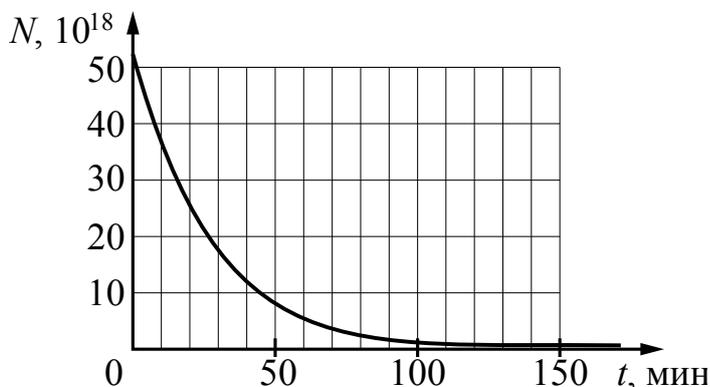
- 1) нейтральным атомом гелия ${}^4_2\text{He}$
- 2) ионом лития ${}^9_3\text{Li}$
- 3) ионом бериллия ${}^7_4\text{Be}$
- 4) нейтральным атомом углерода ${}^9_6\text{C}$

Ответ:

6 Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа равен одному месяцу. За какое время число ядер этого изотопа уменьшится в 32 раза?

Ответ: _____ месяца(-ев).

7 Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер ртути ${}^{190}_{80}\text{Hg}$ от времени. Чему равен период полураспада этого изотопа ртути?



Ответ: _____ мин.

8 Соответствует ли уравнение ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$ законам сохранения массового числа и заряда в ядерных реакциях?

- 1) для массового числа соответствует, для заряда нет
- 2) для массового числа нет, для заряда соответствует
- 3) соответствует обоим законам сохранения
- 4) не соответствует обоим законам сохранения

Ответ:

9 Ядро ${}^{216}_{84}\text{Po}$ образуется из ядра ${}^{224}_{88}\text{Ra}$ в результате последовательных α -распадов. Сколько α -распадов требуется для этого?

Ответ: _____.

10 Установите соответствие между физическими явлениями и приборами, в которых используются или наблюдаются эти явления.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

- А) ионизация газа
Б) фотоэффект

ПРИБОР

- 1) вакуумный фотоэлемент
2) дифракционная решётка
3) счётчик Гейгера
4) лупа

Ответ:

А	Б

11 Сколько протонов и сколько нейтронов содержится в ядре ${}^{44}_{20}\text{Ca}$? Запишите соответствующие числа в таблицу. В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

Число протонов	Число нейтронов

12

Фотокатод с работой выхода A_1 освещают монохроматическим светом с длиной волны λ и наблюдают фотоэффект. Затем тем же светом освещают фотокатод с работой выхода $A_2 < A_1$. Как изменяются при переходе от первого опыта ко второму частота, соответствующая «красной границе» фотоэффекта $\nu_{кр}$ и запирающее напряжение $U_{зап}$?

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.

Частота «красной границы» фотоэффекта $\nu_{кр}$	Запирающее напряжение $U_{зап}$

13

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй – пропускающий только зелёный. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение.

Как изменится напряжение запираения и работа выхода при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Запирающее напряжение	Работа выхода

14

Ядро испытывает α -распад. Как меняется при этом число нейтронов в ядре и заряд ядра?

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.

Число нейтронов в ядре	Заряд ядра

15

Одним из примеров ядерных превращений является захват ядром одного из ближайших к нему электронов из электронной оболочки атома. Как меняются при этом число нейтронов и число протонов в ядре?

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.

Число нейтронов в ядре	Число протонов в ядре

16

На металлическую пластинку падает монохроматическая электромагнитная волна, выбивающая из неё электроны. Максимальная кинетическая энергия электронов, вылетевших из пластинки в результате фотоэффекта, составляет 6 эВ, а энергия падающих фотонов в 3 раза больше работы выхода из металла. Чему равна работа выхода электронов из металла?

Ответ: _____ эВ.

- 17** Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой $E_n = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}$, $n = 1, 2, 3, \dots$. При переходах с верхних уровней энергии на нижние атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с $n = 1$ образуют серию Лаймана; на уровень с $n = 2$ – серию Бальмера; на уровень с $n = 3$ – серию Пашена и т.д. Найдите отношение β максимальной частоты фотона в серии Лаймана к максимальной частоте фотона в серии Бальмера.
- 18** Определите коэффициент полезного действия атомной электростанции, расходующей за неделю уран-235 ${}_{92}^{235}\text{U}$ массой 1,4 кг, если её мощность равна 38 МВт. При делении одного ядра урана-235 выделяется энергия 200 МэВ.
- 19** π^0 -мезон массой $2,4 \cdot 10^{-28}$ кг распадается на два γ -кванта. Найдите частоту одного из образовавшихся γ -квантов в системе отсчёта, где первичный π^0 -мезон покоится.

Ответы и критерии оценивания

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	2	9	2
2	0,5	10	31
3	4	11	2024
4	3	12	21
5	3	13	23
6	5	14	22
7	20	15	12
8	3	16	3

Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой

$$E_n = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

При переходах с верхних уровней энергии на нижние атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с $n = 1$ образуют серию Лаймана; на уровень с $n = 2$ – серию Бальмера; на уровень с $n = 3$ – серию Пашена и т.д. Найдите отношение β максимальной частоты фотона в серии Лаймана к максимальной частоте фотона в серии Бальмера.

Возможное решение	
<p>Согласно постулатам Бора в серии Лаймана энергия фотона равна $E_n - E_1$, где $n = 2, 3, \dots$. Аналогично в серии Бальмера энергия фотона равна $E_n - E_2$, где $n = 3, 4, \dots$.</p> <p>Частота фотона связана с его энергией равенством $h\nu = E$, где h – постоянная Планка. Поэтому</p> $\beta = \frac{E_\infty - E_1}{E_\infty - E_2} = \frac{1 - 0}{\frac{1}{2^2} - 0} = 4.$ <p>Ответ: $\beta = 4$</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>формула для энергии фотона, постулаты Бора</i>);</p> <p>II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, 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</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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">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, и получение ответа.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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

Определите коэффициент полезного действия атомной электростанции, расходующей за неделю уран-235 ${}^{235}_{92}\text{U}$ массой 1,4 кг, если её мощность равна 38 МВт. При делении одного ядра урана-235 выделяется энергия 200 МэВ.

Возможное решение	
<p>Коэффициент полезного действия электростанции $\eta = \frac{E_1}{E_2}$, где E_1 – энергия, вырабатываемая электростанцией, E_2 – энергия, выделяющаяся в результате ядерных реакций деления урана. В свою очередь, $E_1 = Pt$, где P – мощность электростанции, t – время её работы, а $E_2 = NE_0$, где E_0 – энергия, выделяющаяся в результате деления одного ядра урана, N – количество распавшихся ядер урана. Молярная масса урана-235 $\mu = 0,235$ кг/моль, следовательно, число распавшихся атомов можно связать с массой урана соотношением $N = \frac{m}{\mu} N_A$. В итоге, получаем:</p> $\eta = \frac{Pt\mu}{mN_A E_0} = \frac{38 \cdot 10^6 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,235}{1,4 \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}} \approx 0,2 = 20\%.$ <p>Ответ: $\eta \approx 20\%$</p>	
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>выражения для КПД; энергии, выделяющейся при ядерных реакциях; количества распавшихся ядер</i>); II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); 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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">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, и получение ответа.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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

π^0 -мезон массой $2,4 \cdot 10^{-28}$ кг распадается на два γ -кванта. Найдите частоту одного из образовавшихся γ -квантов в системе отсчёта, где первичный π^0 -мезон покоится.

Возможное решение	
<p>Согласно закону сохранения импульса фотоны от распада покоящегося π^0-мезона разлетаются в противоположные стороны с равными по величине импульсами: $\vec{p}_1 = \vec{p}_2 = p$. Энергия каждого фотона связана с величиной его импульса соотношением $E = pc$. Значит, фотоны имеют одинаковую энергию. Поэтому согласно релятивистскому закону сохранения энергии в распаде имеем: $mc^2 = 2E$.</p> <p>Кроме того, энергия каждого γ-кванта связана с его частотой формулой Планка: $E = h\nu$.</p> <p>Отсюда: $mc^2 = 2h\nu$ и $\nu = \frac{mc^2}{2h} = \frac{2,4 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{2 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}} \approx 1,64 \cdot 10^{22}$ Гц.</p> <p>Ответ: $\nu \approx 1,64 \cdot 10^{22}$ Гц</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>выражения для энергии и импульса фотона, законы сохранения энергии и 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 style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</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 и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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