

**Тренировочная работа №3  
по ФИЗИКЕ**

**10 марта 2011 года**

**11 класс**

**Вариант № 1**

Район \_\_\_\_\_

Город (населенный пункт) \_\_\_\_\_

Школа \_\_\_\_\_

Класс \_\_\_\_\_

Фамилия \_\_\_\_\_

Имя \_\_\_\_\_

Отчество \_\_\_\_\_

**Инструкция по выполнению работы**

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

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

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

Часть 3 состоит из 6 задач (C1–C6), для которых требуется дать развернутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

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

***Желаем успеха!***

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

### Десятичные приставки

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

### Константы

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

### Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 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 <sup>3</sup>
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	ртути	13600 кг/м <sup>3</sup>

### Удельная теплоемкость

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

### Удельная теплота

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

**Нормальные условия:** давление  $10^5$  Па, температура  $0^\circ\text{C}$

### Молярная масса

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

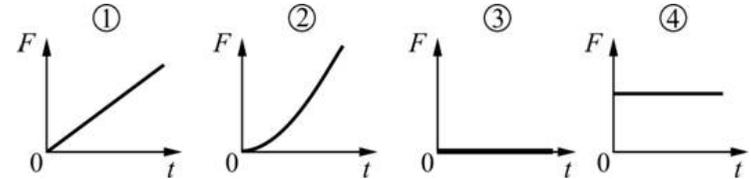
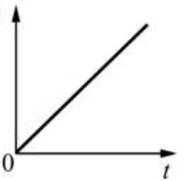
### Часть 1

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

**A1** Зависимость координаты  $x$  материальной точки от времени  $t$  имеет вид  $x(t) = 25 - 10t + 5t^2$ , где все величины выражены в СИ. Проекция вектора начальной скорости этой точки на ось  $Ox$  равна

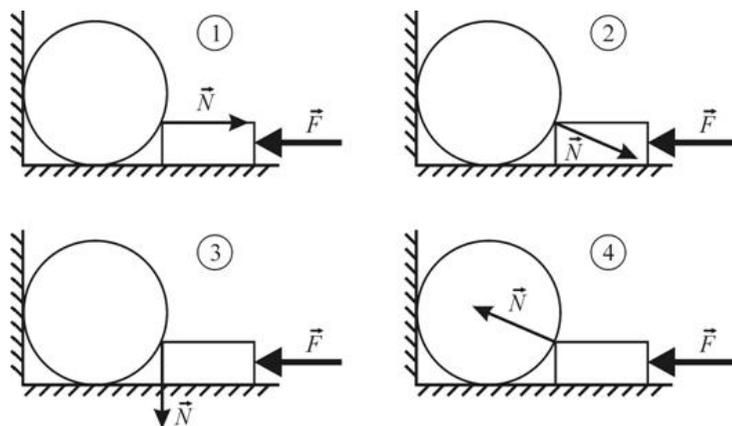
- 1) 25 м/с
- 2) -20 м/с
- 3) -10 м/с
- 4) 10 м/с

**A2** Брусок массой  $m$  движется прямолинейно вдоль горизонтальной поверхности. На рисунке изображена зависимость модуля скорости  $v$  этого бруска от времени  $t$ . На каком из приведенных ниже рисунков правильно показана зависимость модуля силы  $F$ , действующей на это тело, от времени?



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

**A3** На горизонтальном полу у вертикальной стены лежит цилиндр. К цилиндру прижимают лежащий на полу прямоугольный брусок, действуя на него горизонтально направленной силой  $\vec{F}$ . Трение отсутствует, цилиндр не отрывается от пола. На каком рисунке правильно показана сила реакции  $\vec{N}$ , с которой цилиндр действует на брусок?

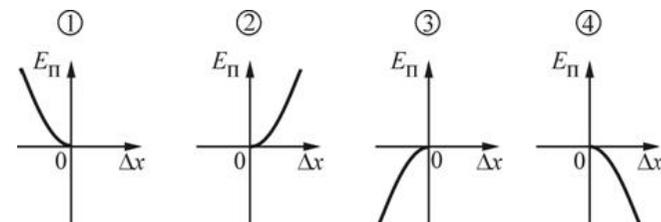
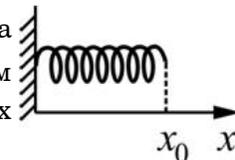


- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4

**A4** Точечное тело совершает равномерное движение по окружности. При этом импульс тела

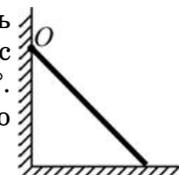
- 1) изменяется по модулю и по направлению
- 2) изменяется по модулю, но не изменяется по направлению
- 3) изменяется по направлению, но не изменяется по модулю
- 4) не изменяется ни по модулю, ни по направлению

**A5** К вертикальной стене прикреплена пружина жесткостью  $k$ , имеющая в недеформированном состоянии длину  $x_0$ . На каком из приведенных ниже графиков правильно показана зависимость потенциальной энергии  $E_{\text{п}}$  пружины от ее деформации  $\Delta x$  при сжатии? Деформация вычисляется по формуле  $\Delta x = x - x_0$ .



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

**A6** К шероховатой вертикальной стене прислонен стержень массой  $m$ . Угол, который образует этот стержень с шероховатым горизонтальным полом, равен  $45^\circ$ . Относительно точки  $O$  плечо силы трения стержня о пол равно



- 1) плечу силы тяжести, действующей на стержень
- 2) плечу силы реакции пола
- 3) плечу силы реакции стены
- 4) нулю

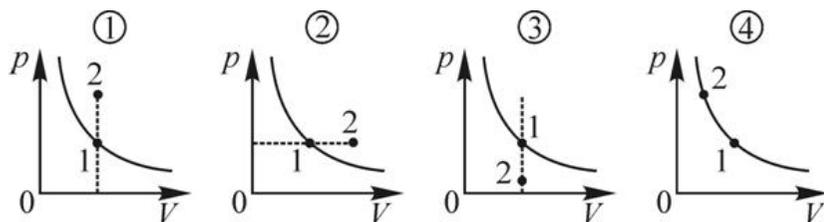
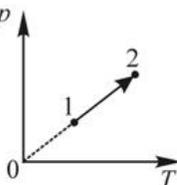
**A7** Тело, имеющее начальную скорость  $v$ , начав двигаться по шероховатой горизонтальной поверхности, останавливается, пройдя путь  $L$ . Коэффициент трения между телом и поверхностью равен

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

**A8** Броуновским движением называется

- 1) неупорядоченное движение крупных частиц или молекул в жидкости или газе.
- 2) хаотическое движение мелких частиц в жидкости или газе.
- 3) упорядоченное движение любых частиц в жидкости или газе.
- 4) движение молекул, в результате которого происходит проникновение одного вещества в другое вещество.

**A9** На  $pT$ -диаграмме показан процесс, в котором идеальный газ переходит из состояния 1 в состояние 2. На каком из приведенных ниже рисунков правильно показаны состояния 1 и 2? Сплошной линией на  $pV$ -диаграммах изображена изотерма.

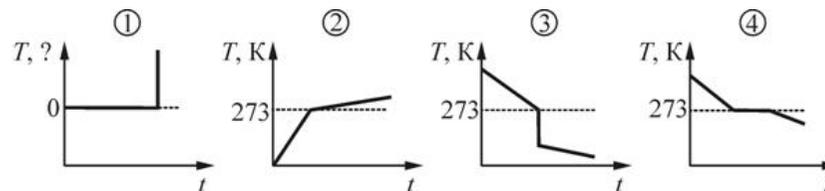


- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4

**A10** В двух сосудах при одинаковых температурах находятся: в первом – насыщенный пар, во втором – ненасыщенный пар. Можно утверждать, что

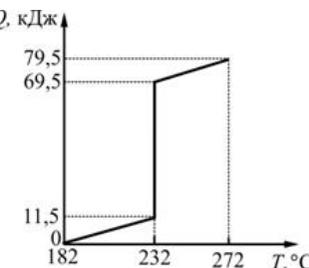
- 1) давление в этих сосудах одинаково.
- 2) давление в этих сосудах различно.
- 3) средняя скорость хаотического движения молекул в этих сосудах различна.
- 4) средняя кинетическая энергия хаотического движения молекул в этих сосудах различна.

**A11** Температура плавления льда при атмосферном давлении равна 273 К. 1 кг воды, находящейся при температуре +15°С, помещают в морозильную камеру. На каком из приведенных ниже графиков наиболее правильно показана зависимость температуры  $T$  воды от времени  $t$ ?



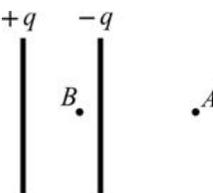
- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4

**A12** На рисунке изображен график зависимости количества теплоты  $Q$ , сообщаемого при нагревании некоторому металлу массой 1 кг, от его температуры  $T$ . Удельная теплота плавления этого металла равна



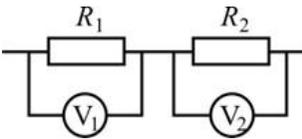
- 1) 11,5 кДж/кг                      2) 10 кДж/кг  
3) 58 кДж/кг                      4) 68 кДж/кг

**A13** В воздухе на малом расстоянии друг от друга находятся две протяженные вертикальные металлические пластины, несущие электрические заряды, равные по модулю и противоположные по знаку. Размеры пластин намного превышают расстояние между точками  $A$  и  $B$ . Модуль напряженности электростатического поля, созданного этими пластинами, в точке  $A$



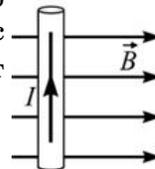
- 1) больше, чем в точке  $B$ .
- 2) меньше, чем в точке  $B$ , но не равен нулю.
- 3) равен модулю напряженности электростатического поля в точке  $B$ .
- 4) равен нулю.

**A14** В электрической цепи, схема участка которой изображена на рисунке,  $R_1 = 2R_2$ , вольтметры идеальные, а сопротивлением проводов можно пренебречь. При протекании через резисторы постоянного электрического тока показание вольтметра  $V_2$



- 1) в 2 раза больше, чем показание вольтметра  $V_1$ .
- 2) в 2 раза меньше, чем показание вольтметра  $V_1$ .
- 3) равно показанию вольтметра  $V_1$ .
- 4) можно сопоставить с показанием вольтметра  $V_1$  только в том случае, когда известна сила тока, протекающего через резисторы.

**A15** Прямой проводник с постоянным током, сила которого равна  $I$ , находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ . Сила Ампера, действующая на этот проводник, направлена

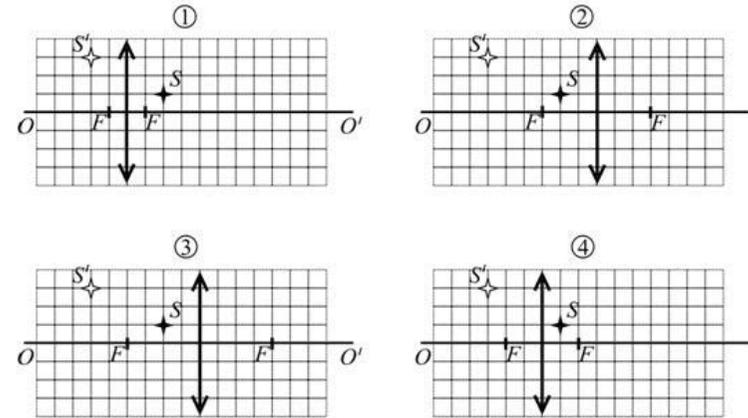
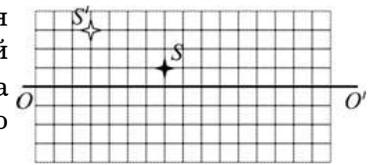


- |                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1) вправо ( $\rightarrow$ ) | 2) влево ( $\leftarrow$ ) |
| 3) к нам ( $\odot$ )        | 4) от нас ( $\otimes$ )   |

**A16** В колебательном контуре зависимость напряжения  $U$  на конденсаторе от времени  $t$  имеет вид  $U = 60\cos(10^4 \cdot t)$ , где все величины выражены в СИ. Частота  $\nu$  колебаний силы тока в этом колебательном контуре равна

- |          |                      |                            |                           |
|----------|----------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1) 60 Гц | 2) $6 \cdot 10^5$ Гц | 3) $2\pi \cdot 10^{-4}$ Гц | 4) $\frac{10^4}{2\pi}$ Гц |
|----------|----------------------|----------------------------|---------------------------|

**A17** На рисунке изображена главная оптическая ось  $OO'$  тонкой собирающей линзы, предмет  $S$  и его изображение  $S'$ . На каком из следующих рисунков правильно показано положение линзы и ее фокусов?



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

**A18** Радужная окраска мыльных пузырей объясняется

- 1) интерференцией света
- 2) дисперсией света
- 3) дифракцией света
- 4) всеми перечисленными явлениями одновременно

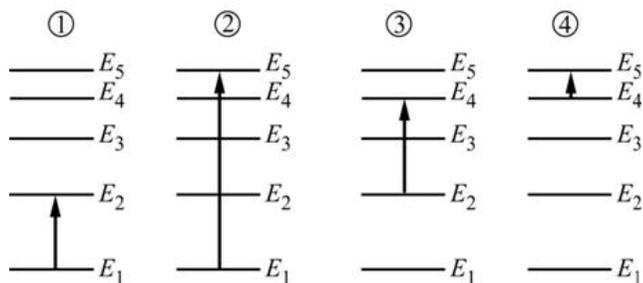
**A19** Свет нормально падает на дифракционную решетку с периодом см. В каком диапазоне из приведенных ниже может находиться длина волны света, если максимальный порядок дифракции, который можно при этом наблюдать, равен 5?

- 1) от 500 нм до 2500 нм
- 2) меньше 500 нм
- 3) от 417 нм до 500 нм
- 4) от 500 нм до 625 нм

**A20** Для некоторого металла красная граница фотоэффекта равна  $\lambda_{кр}$ . Для того, чтобы вызвать фотоэффект, минимальная энергия, которой должен обладать падающий на этот металл фотон,

- 1) должна быть меньше или равна, чем  $\frac{hc}{\lambda_{кр}}$ .
- 2) должна быть меньше, чем  $\frac{hc}{\lambda_{кр}}$ .
- 3) должна быть больше или равна  $\frac{hc}{\lambda_{кр}}$ .
- 4) может быть любой величины.

**A21** На рисунках показаны схемы энергетических переходов электрона в атоме. Какой из этих рисунков соответствует поглощению атомом фотона минимальной частоты?



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

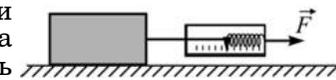
**A22** Неизвестным ядром, участвующим в реакции  ${}^A_ZX + {}^1_1H \rightarrow {}^3_2He + {}^4_2He$ , является

- 1)  ${}^{12}_6C$
- 2)  ${}^{10}_5B$
- 3)  ${}^9_4Be$
- 4)  ${}^6_3Li$

**A23** Масса покоя ядра изотопа  ${}^{10}_5B$  равна 10,0102 а.е.м. Масса протона 1,0073 а.е.м, масса нейтрона 1,0087 а.е.м. Дефект массы ядра этого изотопа

- 1) больше массы покоя ядра изотопа  ${}^{10}_5B$
- 2) меньше массы покоя ядра изотопа  ${}^{10}_5B$
- 3) равен массе покоя ядра изотопа  ${}^{10}_5B$
- 4) никак не связан с массой покоя ядра изотопа  ${}^{10}_5B$

**A24** Для экспериментального изучения силы сухого трения ученик использовал брусок и динамометр. Положив брусок на шероховатую горизонтальную поверхность стола и прикрепив к нему с помощью крепкой нити пружину динамометра, он следил за изменением показания динамометра и за состоянием бруска. Обнаружилось, что при увеличении от 0 Н до 4 Н силы  $\vec{F}$ , горизонтально прикладываемой учеником к динамометру, брусок все время находился в состоянии покоя.



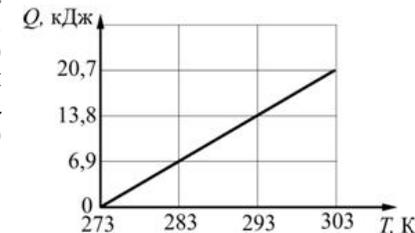
Какое(-ие) из утверждений соответствует(-ют) результатам эксперимента?

**А.** Так как брусок все время был неподвижен, то сила трения между поверхностью бруска и поверхностью стола не возникла.

**Б.** Брусок находится в покое по причине того, что сила натяжения нити все время равна силе трения между поверхностью бруска и поверхностью стола.

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

**A25** На рисунке изображен график зависимости количества теплоты  $Q$ , переданного веществу, от его температуры  $T$ . Если удельная теплоемкость этого вещества равна 138 Дж/(кг·К), то масса нагреваемого вещества равна



- 1) 0,18 кг
- 2) 0,3 кг
- 3) 3,7 кг
- 4) 5 кг

**Часть 2**

*Ответом к заданиям этой части (В1–В4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.*

**В1** Пластилиновый шарик, двигаясь по горизонтальной плоскости, налетает на вертикальную стену и прилипает к ней. Как в результате удара изменяются следующие величины: кинетическая энергия шарика, потенциальная энергия системы тел «шарик + Земля», внутренняя энергия шарика?

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.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) Кинетическая энергия шарика
- Б) Потенциальная энергия системы тел «шарик+Земля»
- В) Внутренняя энергия шарика

**ИХ**

**ИЗМЕНЕНИЕ**

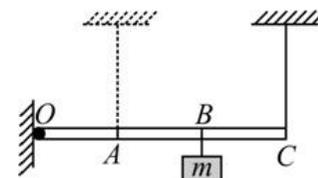
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Ответ:

А	Б	В

**В2**

Легкая рейка прикреплена к вертикальной стене на шарнире в точке  $O$  (см. рисунок). Длины отрезков  $OA$ ,  $AB$  и  $BC$  одинаковы. В точке  $B$  к рейке прикреплен груз массой  $m$ . В точке  $C$  к рейке прикреплена легкая вертикальная нерастяжимая нить, второй конец которой привязан к потолку. Система находится в равновесии.



Нить перемещают так, что она, сохраняя вертикальное положение, оказывается прикрепленной к рейке в точке  $A$ . Как изменяются при этом следующие физические величины: сила натяжения нити; момент действующей на груз силы тяжести относительно точки  $O$ ; момент силы натяжения нити относительно точки  $O$ ?

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.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) сила натяжения нити
- Б) момент действующей на груз силы тяжести относительно точки  $O$
- В) момент силы натяжения нити относительно точки  $O$

**ИХ**  
**ИЗМЕНЕНИЕ**

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

Ответ:

А	Б	В

**В3** Установите соответствие между физическими явлениями и физическими законами, которые используются для описания этих явлений.

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ**

- А) Появление разности потенциалов между концами прямолинейного проводника, движущегося в магнитном поле.
- Б) Выделение теплоты при протекании по проводнику электрического тока.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ**

- 1) Закон Джоуля–Ленца
- 2) Закон электромагнитной индукции
- 3) Закон Дальтона
- 4) Закон Ома

Ответ:

А	Б
□	□

**В4** С помощью тонкой собирающей линзы, имеющей фокусное расстояние  $F$ , получено изображение предмета на расстоянии  $b$  от линзы. Предмет перпендикулярен главной оптической оси линзы.

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) Увеличение
- Б) Оптическая сила

**ФОРМУЛЫ**

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

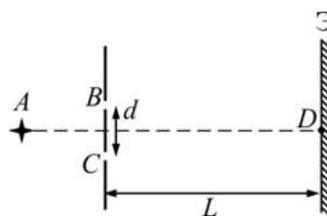
Ответ:

А	Б
□	□

**Часть 3**

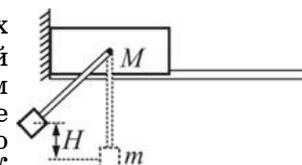
**Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво. Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

**С1** Свет от монохроматического источника, находящегося в точке А, попадает на ширму с двумя близкорасположенными отверстиями В и С. Расстояние между отверстиями  $d$ .  $AD$  – ось симметрии для отверстий и экрана.



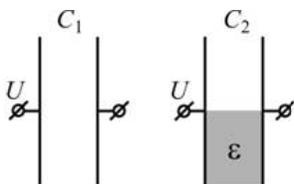
Что наблюдается на экране Э, расположенном за ширмой на расстоянии  $L \gg d$  от нее? Опишите и объясните наблюдаемую на экране картину и укажите, что будет наблюдаться в центре экрана (точка D).

**С2** Брусок массой  $M = 7$  кг покоится на гладких горизонтальных рельсах около вертикальной стены (см. рисунок). К обоим боковым граням бруска прикреплены на шарнирах легкие жесткие стержни, способные свободно вращаться вокруг горизонтальной оси. К концам стержней прикреплен груз массой  $m = 1$  кг. Стержни с грузом отклоняют от положения равновесия в сторону стены так, что груз поднимается на высоту  $H = 45$  см относительно своего нижнего положения, и отпускают без начальной скорости. Какую максимальную скорость относительно рельсов будет иметь брусок в процессе возникших колебаний?

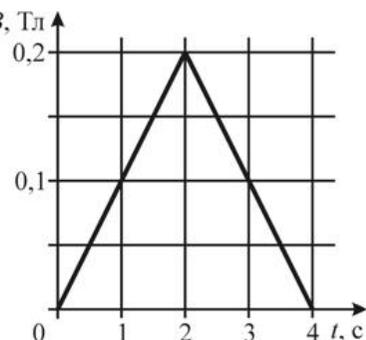


**С3** В вертикальном цилиндрическом сосуде под горизонтальным поршнем площадью  $S = 20 \text{ см}^2$  и массой  $M = 10 \text{ кг}$ , способным перемещаться вдоль стенок сосуда практически без трения, находится идеальный газ. Определите, во сколько раз изменится объем газа под поршнем, если сосуд, оставаясь все время в вертикальном положении, будет свободно падать. Считать температуру газа и атмосферное давление постоянными, а поршень покоящимся относительно сосуда при его падении. Массой газа по сравнению с массой поршня пренебречь.

**С4** Два плоских конденсатора с одинаковой площадью обкладок заряжены до одинакового напряжения. Один конденсатор – воздушный, другой – наполовину заполнен непроводящим веществом с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 3$ . Найдите отношение энергий электрического поля  $W_2 / W_1$ , которые запасены в этих конденсаторах.



**С5** Намотанная на каркас проволочная катушка сопротивлением  $R = 2 \text{ Ом}$ , выводы которой соединены друг с другом, помещена в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости витков катушки. Модуль вектора магнитной индукции  $B$  поля изменяется с течением времени  $t$  так, как показано на графике. К моменту времени  $\tau = 1 \text{ с}$  через катушку протек электрический заряд  $q = 5 \text{ мКл}$ . Сколько витков содержит катушка, если все витки одинаковые и имеют площадь  $S = 100 \text{ см}^2$ ?



**С6** Энергию  $E$  электрона атома водорода на  $n$ -ом энергетическом уровне можно представить в виде  $E = -\frac{13,6}{n^2} \text{ эВ}$ . Определите длину волны фотона, излучаемого атомом при переходе электрона с третьего энергетического уровня на второй. Ответ приведите в нанометрах (нм), округлив до целого числа.

**Тренировочная работа №3  
по ФИЗИКЕ**

**10 марта 2011 года**

**11 класс**

**Вариант № 2**

Район \_\_\_\_\_

Город (населенный пункт) \_\_\_\_\_

Школа \_\_\_\_\_

Класс \_\_\_\_\_

Фамилия \_\_\_\_\_

Имя \_\_\_\_\_

Отчество \_\_\_\_\_

**Инструкция по выполнению работы**

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

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

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

Часть 3 состоит из 6 задач (C1–C6), для которых требуется дать развернутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

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

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

***Желаем успеха!***

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

### Десятичные приставки

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

### Константы

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

### Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 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 <sup>3</sup>
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	ртути	13600 кг/м <sup>3</sup>

### Удельная теплоемкость

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

### Удельная теплота

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

**Нормальные условия:** давление  $10^5$  Па, температура  $0^\circ\text{C}$

### Молярная масса

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

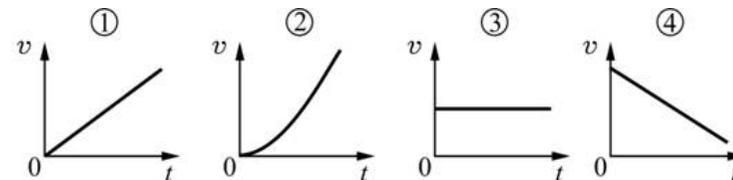
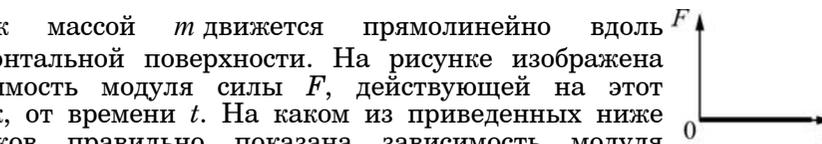
### Часть 1

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

**A1** Зависимость координаты  $x$  материальной точки от времени  $t$  имеет вид  $x(t) = 25 - 10t + 5t^2$ , где все величины выражены в СИ. Проекция вектора ускорения этой точки на ось  $Ox$  равна

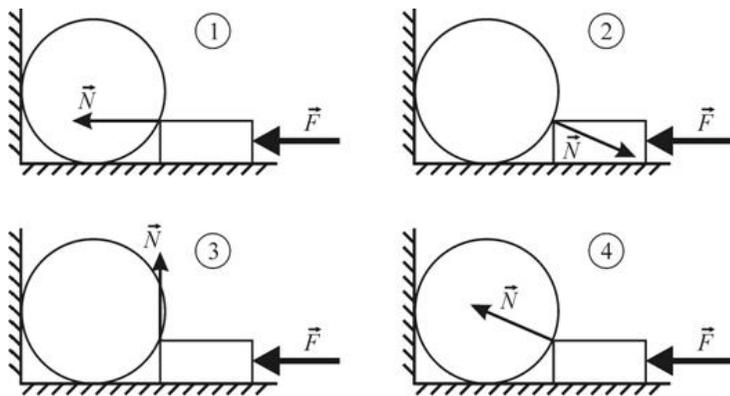
- 1)  $25 \text{ м/с}^2$
- 2)  $-10 \text{ м/с}^2$
- 3)  $10 \text{ м/с}^2$
- 4)  $5 \text{ м/с}^2$

**A2** Брусок массой  $m$  движется прямолинейно вдоль горизонтальной поверхности. На рисунке изображена зависимость модуля силы  $F$ , действующей на этот брусок, от времени  $t$ . На каком из приведенных ниже рисунков правильно показана зависимость модуля скорости  $v$  этого бруска от времени?



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

**A3** На горизонтальном полу у вертикальной стены лежит цилиндр. К цилиндру прижимают лежащий на полу прямоугольный брусок, действуя на него горизонтально направленной силой  $\vec{F}$ . Трение отсутствует, цилиндр не отрывается от пола. На каком рисунке правильно показана сила реакции  $\vec{N}$ , с которой брусок действует на цилиндр?

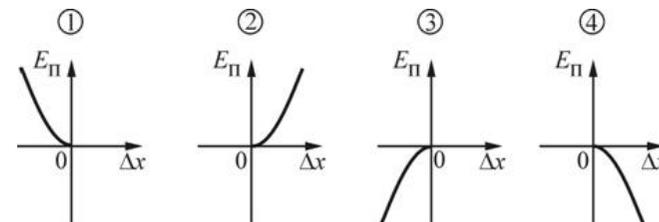
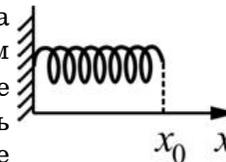


- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4

**A4** Точечное тело начинает свободно падать с некоторой высоты. При этом импульс тела

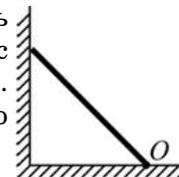
- 1) изменяется по модулю и по направлению
- 2) изменяется по модулю, но не изменяется по направлению
- 3) изменяется по направлению, но не изменяется по модулю
- 4) не изменяется ни по модулю, ни по направлению.

**A5** К вертикальной стене прикреплена пружина жесткостью  $k$ , имеющая в недеформированном состоянии длину  $x_0$ . На каком из приведенных ниже графиков правильно показана зависимость потенциальной энергии  $E_{\text{п}}$  пружины от ее деформации  $\Delta x$  при растяжении? Деформация вычисляется по формуле  $\Delta x = x - x_0$ .



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

**A6** К шероховатой вертикальной стене прислонен стержень массой  $m$ . Угол, который образует этот стержень с шероховатым горизонтальным полом, равен  $45^\circ$ . Относительно точки  $O$  плечо силы трения стержня о пол равно



- 1) плечу силы тяжести, действующей на стержень
- 2) плечу силы реакции пола
- 3) плечу силы реакции стены
- 4) нулю

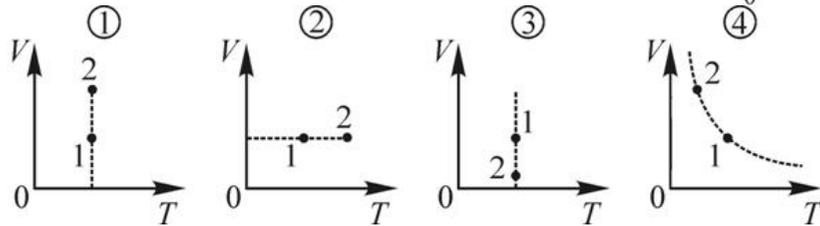
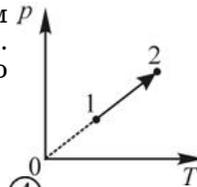
**A7** Автомобиль, имеющий скорость  $v$ , движется по горизонтальной поверхности по дуге окружности радиусом  $R$ . Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Автомобиль не будет испытывать занос при коэффициенте трения между его колесами и поверхностью, большем

- 1)  $\frac{vg}{R}$                       2)  $vgR$                       3)  $\frac{gR}{v^2}$                       4)  $\frac{v^2}{gR}$

**A8** Диффузией называется

- 1) неупорядоченное движение крупных частиц или молекул в жидкости или газе.
- 2) хаотическое движение мелких частиц в жидкости или газе.
- 3) упорядоченное движение любых частиц в жидкости или газе.
- 4) движение молекул, в результате которого происходит проникновение одного вещества в другое вещество.

**A9** На  $pT$ -диаграмме показан процесс, в котором идеальный газ переходит из состояния 1 в состояние 2. На каком из приведенных ниже рисунков правильно показаны состояния 1 и 2?

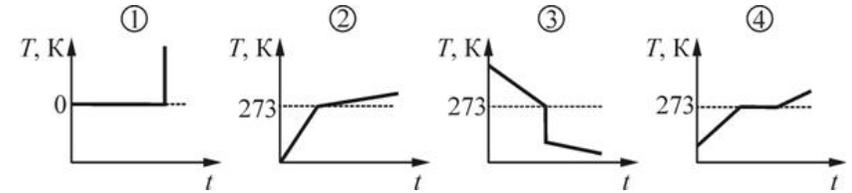


- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4

**A10** Закрытый подвижным поршнем сосуд с не проводящими теплоту стенками заполнен насыщенным водяным паром. Если медленно опускать поршень, то при этом температура содержимого сосуда

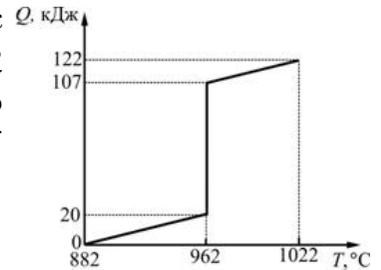
- 1) будет увеличиваться.
- 2) будет уменьшаться.
- 3) не будет изменяться.
- 4) может как увеличиваться, так и уменьшаться.

**A11** Температура плавления льда при атмосферном давлении равна 273 К. 1 кг льда, находящегося при температуре  $-15^{\circ}\text{C}$ , помещают в теплое помещение. На каком из приведенных ниже графиков наиболее правильно показана зависимость температуры  $T$  льда от времени  $t$ ?



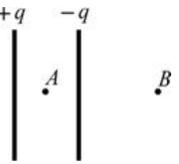
- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4

**A12** На рисунке изображен график зависимости количества теплоты  $Q$ , сообщаемого при нагревании некоторому металлу массой 1 кг, от его температуры  $T$ . Удельная теплота плавления этого металла равна



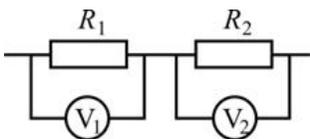
- 1) 20 кДж/кг
- 2) 15 кДж/кг
- 3) 102 кДж/кг
- 4) 87 кДж/кг

**A13** В воздухе на малом расстоянии друг от друга находятся две протяженные вертикальные металлические пластины, несущие электрические заряды равные по модулю и противоположные по знаку. Размеры пластин намного превышают расстояние между точками A и B. Модуль напряженности электростатического поля, созданного этими пластинами, в точке A



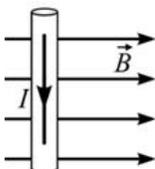
- 1) больше, чем в точке B.
- 2) меньше, чем в точке B.
- 3) равен модулю напряженности электростатического поля в точке B.
- 4) равен нулю.

**A14** В электрической цепи, схема участка которой изображена на рисунке,  $R_2 = 2R_1$ , вольтметры идеальные, а сопротивлением проводов можно пренебречь. При протекании через резисторы постоянного электрического тока показание вольтметра  $V_2$



- 1) в 2 раза больше, чем показание вольтметра  $V_1$ .
- 2) в 2 раза меньше, чем показание вольтметра  $V_1$ .
- 3) равно показанию вольтметра  $V_1$ .
- 4) можно сопоставить с показанием вольтметра  $V_1$  только в том случае, когда известна сила тока, протекающего через резисторы.

**A15** Прямой проводник с постоянным током, сила которого равна  $I$ , находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ . Сила Ампера, действующая на этот проводник, направлена

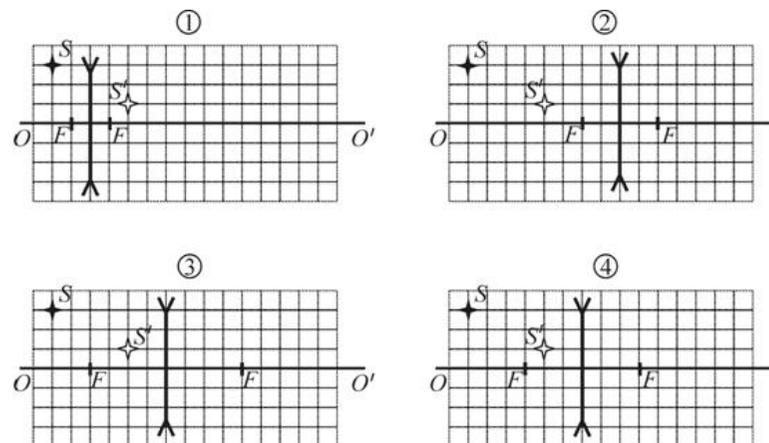
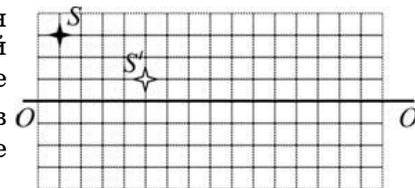


- |                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1) к нам ( $\odot$ )        | 2) от нас ( $\ominus$ )   |
| 3) вправо ( $\rightarrow$ ) | 4) влево ( $\leftarrow$ ) |

**A16** В колебательном контуре зависимость силы тока  $I$  в катушке индуктивности от времени  $t$  имеет вид  $I = 0,01\sin(10^6 \cdot t)$ , где все величины выражены в СИ. Период колебаний напряжения на конденсаторе в этом колебательном контуре равен

- |                          |               |                          |                |
|--------------------------|---------------|--------------------------|----------------|
| 1) $\frac{2\pi}{10^6}$ с | 2) $200\pi$ с | 3) $\frac{10^6}{2\pi}$ с | 4) $0,02\pi$ с |
|--------------------------|---------------|--------------------------|----------------|

**A17** На рисунке изображена главная оптическая ось тонкой рассеивающей линзы, предмет  $S$  и его изображение  $S'$ . На каком из следующих рисунков правильно показано положение линзы и ее фокусов?



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

**A18** Радуга на небе, которую можно наблюдать после дождя, объясняется

- 1) интерференцией света
- 2) дисперсией света
- 3) дифракцией света
- 4) всеми перечисленными явлениями одновременно

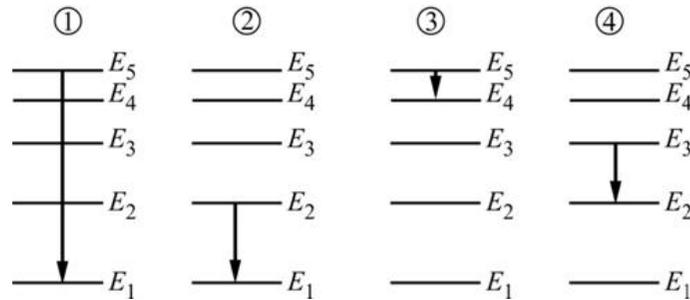
**A19** Свет нормально падает на дифракционную решетку. Какой из приведенных ниже величин может быть равен период этой решетки, если она позволяет получить дифракционные максимумы только первого порядка для волн, длины которых лежат в диапазоне от 460 нм до 640 нм?

- |                           |                          |                          |            |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|
| 1) $4,60 \cdot 10^{-7}$ м | 2) $7,4 \cdot 10^{-7}$ м | 3) $5,5 \cdot 10^{-7}$ м | 4) 1,1 мкм |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|

**A20** Минимальная энергия фотона, вызывающего фотоэффект при падении на поверхность некоторого металла, равна  $E_{\min}$ . Красная граница  $\lambda_{\text{кр}}$  фотоэффекта для этого металла равна

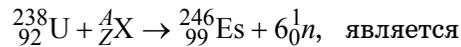
- 1)  $\frac{E_{\min}}{h}$       2)  $\frac{E_{\min}}{hc}$       3)  $\frac{E_{\min}h}{c}$       4)  $\frac{hc}{E_{\min}}$

**A21** На рисунках показаны схемы энергетических переходов электрона в атоме. Какой из этих рисунков соответствует испусканию атомом фотона с максимальной длиной волны?



- 1) 1      2) 2      3) 3      4) 4

**A22** Неизвестным ядром, участвующим в реакции

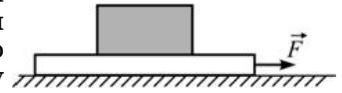


- 1)  ${}^{14}_7\text{N}$       2)  ${}^{18}_9\text{F}$       3)  ${}^{28}_{14}\text{Si}$       4)  ${}^{261}_{104}\text{Ku}$

**A23** Дефект массы ядра изотопа  ${}^6_3\text{Li}$  равен 0,04 а.е.м. Масса протона 1,0073 а.е.м, масса нейтрона 1,0087 а.е.м. Масса покоя ядра изотопа  ${}^6_3\text{Li}$

- 1) больше дефекта массы ядра изотопа  ${}^6_3\text{Li}$   
 2) меньше дефекта массы ядра изотопа  ${}^6_3\text{Li}$   
 3) равна дефекту массы ядра изотопа  ${}^6_3\text{Li}$   
 4) никак не связана с дефектом массы ядра изотопа  ${}^6_3\text{Li}$

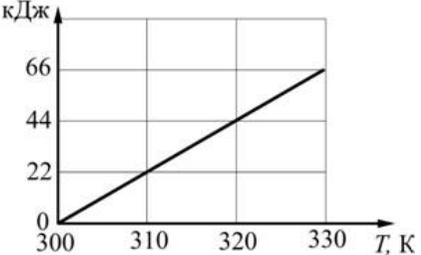
**A24** Для экспериментального изучения сил сухого трения ученик использовал брусок и доску. Положив брусок на шероховатую горизонтальную поверхность доски, а доску на гладкую поверхность горизонтального стола, он следил за изменением состояния бруска. Обнаружилось, что при приложении к доске в горизонтальном направлении небольшой по модулю силы  $\vec{F}$  доска ускоренно движется по поверхности стола, а брусок все время покоится относительно доски. Какое заключение мог сделать школьник на основании этого эксперимента?



- А. Сила трения между бруском и доской в этом эксперименте не возникает.  
 Б. Сила трения, возникающая между поверхностью бруска и поверхностью доски, обеспечивает движение бруска с ускорением относительно стола.

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

**A25** На рисунке изображен график зависимости количества теплоты  $Q$ , кДж, переданного веществу, от его температуры  $T$ . Если удельная теплоемкость этого вещества равна 1100 Дж/(кг·К), то масса нагреваемого вещества равна

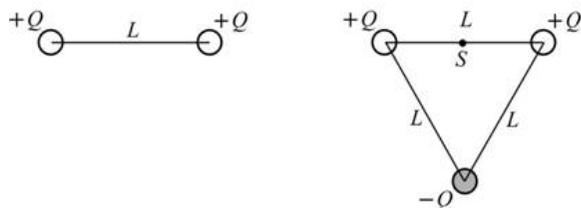


- 1) 2 кг      2) 7 кг      3) 14 кг      4) 71 кг

## Часть 2

Ответом к заданиям этой части (В1–В4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

**В1** Два одинаковых точечных заряда  $+Q$  находятся на расстоянии  $L$  друг от друга. На таком же расстоянии  $L$  от каждого из зарядов помещают третий точечный заряд, одинаковый с ними по модулю, но противоположный им по знаку (см. рисунок).



Как изменяются при этом следующие физические величины: модуль напряженности электрического поля в точке  $S$ ; модуль силы взаимодействия положительных зарядов друг с другом; модуль силы, действующей на каждый из положительных зарядов?

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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫИХ  
ИЗМЕНЕНИЕ

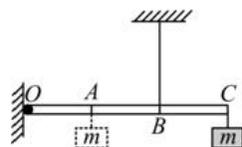
- |  |  |
|--|--|
| <p>А) Модуль напряженности электрического поля в точке <math>S</math></p> <p>Б) Модуль силы взаимодействия положительных зарядов друг с другом</p> <p>В) Модуль силы, действующей на каждый из положительных зарядов</p> | <p>1) увеличится</p> <p>2) уменьшится</p> <p>3) не изменится</p> |
|--|--|

Ответ:

А	Б	В

**В2**

Легкая рейка прикреплена к вертикальной стене на шарнире в точке  $O$  (см. рисунок). Длины отрезков  $OA$ ,  $AB$  и  $BC$  одинаковы. В точке  $C$  к рейке прикреплен груз массой  $m$ . В точке  $B$  к рейке прикреплена легкая вертикальная нерастяжимая нить, второй конец которой привязан к потолку. Система находится в равновесии.



Груз перевешивают, прикрепив его к рейке в точке  $A$ . Как изменяются при этом следующие физические величины: сила натяжения нити; момент действующей на груз силы тяжести относительно точки  $O$ ; момент силы натяжения нити относительно точки  $O$ ?

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.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) сила натяжения нити
- Б) момент действующей на груз силы тяжести относительно точки  $O$
- В) момент силы натяжения нити относительно точки  $O$

**ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

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

Ответ:

А	Б	В

**В3**

Установите соответствие между физическими явлениями и физическими законами (гипотезами). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ**

- А) При падении на поверхность металла электромагнитного излучения часть энергии фотонов преобразуется в энергию электронов.
- Б) Элементарные частицы в некоторых экспериментах проявляют волновые свойства, а в некоторых – корпускулярные.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ (ГИПОТЕЗЫ)**

- 1) Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта
- 2) Постулаты Бора
- 3) Закон радиоактивного распада
- 4) Гипотеза де Бройля.

Ответ:

А	Б

**В4**

Предмет находится на расстоянии  $a$  от тонкой рассеивающей линзы, с помощью которой получено изображение этого предмета и имеющей фокусное расстояние  $F$ . Предмет перпендикулярен главной оптической оси линзы.

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) Оптическая сила
- Б) Увеличение

**ФОРМУЛЫ**

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

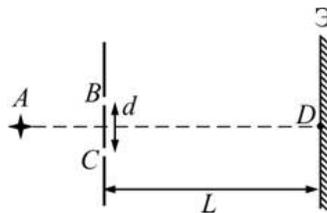
Ответ:

А	Б

Часть 3

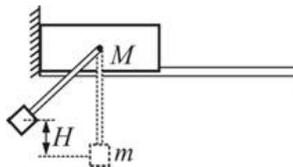
**Задания C1–C6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво. Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

**C1** Свет от монохроматического источника, находящегося в точке *A*, попадает на ширму с двумя близкорасположенными отверстиями *B* и *C*. Расстояние между отверстиями *d*. *AD* – ось симметрии для отверстий и экрана.



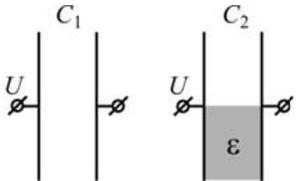
Что наблюдается на экране Э, расположенном за ширмой на расстоянии  $L \gg d$  от нее? Опишите и объясните наблюдаемую на экране картину и укажите, что будет наблюдаться в центре экрана (точка *D*).

**C2** Брусок массой  $M = 7$  кг покоится на гладких горизонтальных рельсах около вертикальной стены (см. рисунок). К обеим боковым граням бруска прикреплены на шарнирах легкие жесткие стержни, способные свободно вращаться вокруг горизонтальной оси. К концам стержней прикреплен груз массой  $m = 1$  кг. Стержни с грузом отклоняют от положения равновесия в сторону стены так, что груз поднимается на высоту  $H = 45$  см относительно своего нижнего положения, и отпускают без начальной скорости. Какую максимальную скорость относительно рельсов будет иметь брусок в процессе возникших колебаний?

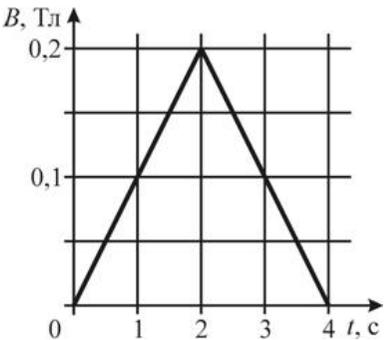


**C3** В вертикальном цилиндрическом сосуде под горизонтальным поршнем площадью  $S = 20 \text{ см}^2$  и массой  $M = 10$  кг, способным перемещаться вдоль стенок сосуда практически без трения, находится идеальный газ. Определите, во сколько раз изменится объем газа под поршнем, если сосуд, оставаясь все время в вертикальном положении, будет свободно падать. Считать температуру газа и атмосферное давление постоянными, а поршень покоящимся относительно сосуда при его падении. Массой газа по сравнению с массой поршня пренебречь.

**C4** Два плоских конденсатора с одинаковой площадью обкладок заряжены до одинакового напряжения. Один конденсатор – воздушный, другой – наполовину заполнен непроводящим веществом с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 3$ . Найдите отношение энергий электрического поля  $W_2 / W_1$ , которые запасены в этих конденсаторах.



**C5** Намотанная на каркас проволочная катушка сопротивлением  $R = 2$  Ом, выводы которой соединены друг с другом, помещена в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости витков катушки. Модуль вектора магнитной индукции  $B$  поля изменяется с течением времени  $t$  так, как показано на графике. К моменту времени  $\tau = 1$  с через катушку протек электрический заряд  $q = 5$  мКл. Сколько витков содержит катушка, если все витки одинаковые и имеют площадь  $S = 100 \text{ см}^2$ ?

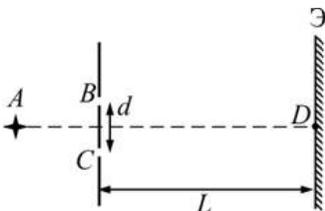


**C6** Энергию  $E$  электрона атома водорода на  $n$ -ом энергетическом уровне можно представить в виде  $E = -\frac{13,6}{n^2}$  эВ. Определите длину волны фотона, излучаемого атомом при переходе электрона с третьего энергетического уровня на второй. Ответ приведите в нанометрах (нм), округлив до целого числа.

**Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом**

**C1**

Свет от монохроматического источника, находящегося в точке *A*, попадает на ширму с двумя близкорасположенными отверстиями *B* и *C*. Расстояние между отверстиями *d*. *AD* – ось симметрии для отверстий и экрана.



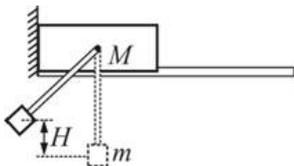
Что наблюдается на экране Э, расположенном за ширмой на расстоянии  $L \gg d$  от нее? Опишите и объясните наблюдаемую на экране картину и укажите, что будет наблюдаться в центре экрана (точка *D*).

**Решение:** Световая волна от источника, в соответствии с принципом Гюйгенса-Френеля, возбуждает в отверстиях *B* и *C* когерентные световые колебания. В результате наложения когерентных световых волн (волн одинаковой частоты и постоянной разности фаз), распространяющихся от отверстий, на экране образуется интерференционная картина, представляющая собой систему чередующихся областей повышенной (максимум) и пониженной (минимум) интенсивности света. Интерференционный максимум (светлая полоса) наблюдается в том случае, когда световые волны приходят в точку наблюдения в фазе, т.е. при условии, что оптическая разность хода от источников до данной точки равна четному числу полуволн. Интерференционный минимум (темная полоса) наблюдается при условии равенства оптической разности хода нечетному числу полуволн. В данном случае в центре экрана (на оси симметрии системы в точке *D*) будет наблюдаться светлая полоса, поскольку волны от отверстий *B* и *C* приходят в центр экрана в фазе.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – указано, что волна от источника, в соответствии с принципом Гюйгенса-Френеля, возбуждает в отверстиях <i>B</i> и <i>C</i> когерентные световые колебания), и полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений (в данном случае – образование интерференционных максимумов и минимумов с указанием условий или причин их появления, а также наблюдение в центре экрана светлой интерференционной полосы).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
Максимальный балл	3

**C2**

Брусок массой  $M = 7$  кг покоится на гладких горизонтальных рельсах около вертикальной стены (см. рисунок). К обоим боковым граням бруска прикреплены на шарнирах легкие жесткие стержни, способные свободно вращаться вокруг горизонтальной оси. К концам стержней прикреплен груз массой  $m = 1$  кг. Стержни с грузом отклоняют от положения равновесия в сторону стены так, что груз поднимается на высоту  $H = 45$  см относительно своего нижнего положения, и отпускают без начальной скорости. Какую максимальную скорость относительно рельсов будет иметь брусок в процессе возникших колебаний?



**Решение:** После отпускания груза он начнет двигаться вправо. Если бы стена отсутствовала, то, в соответствии с *законом сохранения импульса* системы (в проекции на горизонтальное направление), брусок должен был бы начать двигаться по рельсам влево. Но, из-за наличия стены, брусок будет оставаться в покое до тех пор, пока груз не пройдет нижнее положение. После этого сила натяжения стержней начнет ускорять брусок и тормозить груз.

Скорость груза в нижнем положении можно найти из закона сохранения механической энергии:  $mgH = mv^2 / 2$ , откуда начальная скорость груза, направленная по горизонтали направо, равна  $v = \sqrt{2gH}$ . Начальный горизонтальный импульс системы "брусок + груз", который в дальнейшем будет сохраняться, как и механическая энергия, равен  $mv = m\sqrt{2gH}$ . При этом система в целом будет двигаться вправо, а брусок и груз будут колебаться в противофазе.

Максимальную скорость относительно рельсов брусок будет иметь в момент, когда стержни окажутся вертикальными, сам он будет двигаться вправо, а скорость груза будет направлена влево по горизонтали. Обозначив модули скоростей бруска и груза относительно рельсов в этот момент через  $u$  и  $v_1$ , из *законов сохранения горизонтальной проекции импульса и механической энергии* получим:

$$Mu - mv_1 = mv = m\sqrt{2gH}, \quad mgH = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}.$$

Отсюда  $v_1 = \frac{M}{m}u - \sqrt{2gH}$ , и искомая скорость бруска  $u = \frac{2m}{m + M}\sqrt{2gH}$ .

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получим:  $u = 0,75$  м/с.

**Ответ:**  $u = \frac{2m}{m + M}\sqrt{2gH} = 0,75$  м/с.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>закон сохранения механической энергии и закон сохранения импульса в проекции на горизонтальное направление</i> ); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**С3** В вертикальном цилиндрическом сосуде под горизонтальным поршнем площадью  $S = 20 \text{ см}^2$  и массой  $M = 10 \text{ кг}$ , способным перемещаться вдоль стенок сосуда практически без трения, находится идеальный газ. Определите, во сколько раз изменится объем газа под поршнем, если сосуд, оставаясь все время в вертикальном положении, будет свободно падать. Считать температуру газа и атмосферное давление постоянными, а поршень покоящимся относительно сосуда при его падении. Массой газа по сравнению с массой поршня пренебречь.

**Решение:** В исходном, неподвижном состоянии на поршень действуют направленные вниз сила тяжести  $Mg$  и сила атмосферного давления  $p_0S$ , и направленная вверх сила давления газа  $p_1S$ . При этом поршень находится в равновесии, т.е., в соответствии со вторым законом Ньютона,  $p_1S = p_0S + Mg$ .

Здесь  $p_1$  – давление газа в сосуде,  $p_0$  – атмосферное давление. При свободном падении ускорение сосуда (и покоящегося относительно него поршня)  $a$  равно ускорению свободного падения  $g$ . Согласно второму закону Ньютона уравнение движение поршня в проекции на направленную вниз вертикальную ось имеет вид:  $Ma = Mg = p_0S - p_2S + Mg$ . Таким образом, давление газа в свободно падающем сосуде равно атмосферному:  $p_2 = p_0$ .

Согласно закону Бойля-Мариотта  $p_1V_1 = p_2V_2$ . Отсюда находим:

$$n = \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{p_0 + Mg/S}{p_0} = 1 + \frac{Mg}{p_0S}$$

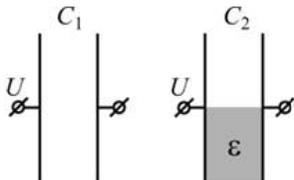
Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получим:  $n = 1,5$ .

**Ответ:** объем увеличится в  $n = 1 + \frac{Mg}{p_0S} = 1,5$  раза.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – условие равновесия поршня, второй закон Ньютона для движения поршня в проекции на вертикальную ось, закон Бойля-Мариотта); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**С4**

Два плоских конденсатора с одинаковой площадью обкладок заряжены до одинакового напряжения. Один конденсатор – воздушный, другой – наполовину заполнен непроводящим веществом с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 3$ . Найдите отношение энергий электрического поля  $W_2 / W_1$ , которые запасены в этих конденсаторах.



**Решение:** Энергия электрического поля, запасенная в конденсаторе, определяется выражением  $W = \frac{CU^2}{2}$ . Емкость первого (воздушного)

конденсатора равна  $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ , где  $S$  – площадь обкладок конденсатора,  $d$  – расстояние между ними. Второй конденсатор можно представить в виде *двух отдельных конденсаторов*, заряженных до одинакового напряжения – воздушного (емкостью  $C'$ ) и полностью заполненного диэлектриком (емкостью  $C''$ ), площади обкладок которых в 2 раза меньше площади обкладок исходного конденсатора. Емкости этих конденсаторов равны  $C' = \frac{\epsilon_0(S/2)}{d}$  и  $C'' = \frac{\epsilon\epsilon_0(S/2)}{d}$ , а запасенные в них энергии

$$W' = \frac{C'U^2}{2} = \frac{\epsilon_0 S}{2d} \cdot \frac{U^2}{2} \text{ и } W'' = \frac{C''U^2}{2} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{2d} \cdot \frac{U^2}{2}. \text{ Тогда}$$

$$W_1 = \frac{C_1 U^2}{2} = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot \frac{U^2}{2} \text{ и } W_2 = W' + W'' = \frac{\epsilon_0 S}{2d} (1 + \epsilon) \cdot \frac{U^2}{2}.$$

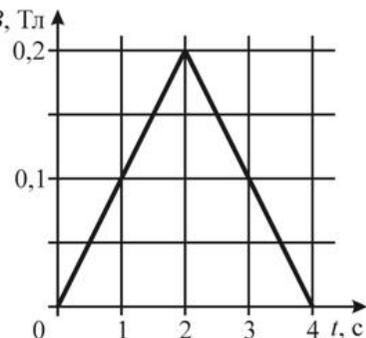
Отсюда находим  $\frac{W_2}{W_1} = \frac{1 + \epsilon}{2} = \frac{1 + 3}{2} = 2$ .

**Ответ:**  $\frac{W_2}{W_1} = \frac{\epsilon + 1}{2} = 2$ .

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>формулы для расчета емкости и энергии электрического поля воздушного конденсатора и конденсатора с диэлектриком</i> ); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	
	3

**С5**

Намотанная на каркас проволочная катушка сопротивлением  $R = 2 \text{ Ом}$ , выводы которой соединены друг с другом, помещена в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости витков катушки. Модуль вектора магнитной индукции  $B$  поля изменяется с течением времени  $t$  так, как показано на графике. К моменту времени  $\tau = 1 \text{ с}$  через катушку протек электрический заряд  $q = 5 \text{ мКл}$ . Сколько витков содержит катушка, если все витки одинаковые и имеют площадь  $S = 100 \text{ см}^2$ ?



**Решение:** В соответствии с законом электромагнитной индукции Фарадея, заряд, протекший через проводящий контур, равен отношению изменения потока вектора магнитной индукции через площадь контура к сопротивлению этого контура:  $q = \frac{\Delta\Phi}{R}$ . Так как в данном случае контур представляет собой проволочную катушку из  $N$  одинаковых витков, то  $\Delta\Phi = \Delta B \cdot SN$ , где  $\Delta B$  - изменение модуля вектора магнитной индукции за время  $\tau = 1 \text{ с}$ . Поэтому  $N = \frac{\Delta\Phi}{S\Delta B} = \frac{qR}{S\Delta B}$ . Из графика следует, что  $\Delta B = 0,1 \text{ Тл}$ . Подставляя в полученную формулу числовые данные и проверяя размерность, найдем:  $N = 10$ .

**Ответ:**  $N = \frac{qR}{S\Delta B} = 10$ , где  $\Delta B = 0,1 \text{ Тл}$ .

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – закон электромагнитной индукции Фарадея, формула для расчета потока вектора магнитной индукции); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	
	3

С6

Энергию  $E$  электрона атома водорода на  $n$ -ом энергетическом уровне можно представить в виде  $E = -\frac{13,6}{n^2}$  эВ. Определите длину волны фотона, излучаемого атомом при переходе электрона с третьего энергетического уровня на второй. Ответ приведите в нанометрах (нм), округлив до целого числа.

**Решение:** Согласно *правилу частот Бора*, при переходе электрона с третьего энергетического уровня на второй, разность энергий электрона прямо пропорциональна частоте испускаемого электрона, т.е.  $\Delta E = E_3 - E_2 = h\nu$ . Согласно условию задачи, энергию электрона на третьем и втором энергетических уровнях можно представить, как  $E_3 = \frac{-13,6}{3^2} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж и

$E_2 = \frac{-13,6}{2^2} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж. Поскольку  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ , то

$$E_3 - E_2 = \left( \left( \frac{-13,6}{3^2} \right) - \left( \frac{-13,6}{2^2} \right) \right) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = \frac{hc}{\lambda}.$$

Отсюда, подставляя числовые данные из условия задачи и проверяя размерность, находим  $\lambda \approx 6,53 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 653 \text{ нм}$ .

**Ответ:** 653 нм.

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>правило частот Бора, формула, связывающая частоту излучения с длиной волны, формула для перевода энергии из электронвольт в джоули</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков:</p> <p>– в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>– приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– представлен только правильный ответ без обоснований.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**Ответы к заданиям с выбором ответа**

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

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

**Ответы к заданиям с кратким ответом**

№ задания	Ответ
B1	231
B2	133

№ задания	Ответ
B3	21
B4	41

**Ответы к заданиям с выбором ответа**

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

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

**Ответы к заданиям с кратким ответом**

№ задания	Ответ
B1	133
B2	222

№ задания	Ответ
B3	14
B4	13