

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Директор Федерального института  
педагогических измерений**



**А.Б. Ершов**  
2008 г.

**«СОГЛАСОВАНО»**

**Председатель Научно-  
методического совета ФИПИ  
по физике**

A handwritten signature in black ink, appearing to be "G.G. Spirin", written over a horizontal line.

**Г.Г. Спирин**

2008 г.

**Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

**Демонстрационный вариант КИМ 2009 г.**

**подготовлен Федеральным государственным научным учреждением**

**«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»**

**Заместитель директора ФИПИ**

A handwritten signature in black ink, appearing to be "A.O. Tatur", written over a horizontal line.

**А.О. Татур**

## Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

### Пояснения к демонстрационному варианту

При ознакомлении с Демонстрационным вариантом 2009 года следует иметь в виду, что задания, включённые в демонстрационный вариант, не отражают всех вопросов содержания, которые будут проверяться с помощью вариантов КИМ в 2009 году. Полный перечень вопросов, которые могут контролироваться на едином государственном экзамене 2009 года, приведен в кодификаторе, помещённом на сайте [www.fipi.ru](http://www.fipi.ru).

Назначение демонстрационного варианта заключается в том, чтобы дать возможность любому участнику ЕГЭ и широкой общественности составить представление о структуре будущих КИМ, количестве заданий, их форме, уровне сложности: базовом, повышенном и высоком. Приведённые критерии оценки выполнения заданий с развёрнутым ответом (тип «С»), включённые в этот вариант, позволят составить представление о требованиях к полноте и правильности записи развёрнутого ответа.

Эти сведения позволят выпускникам выработать стратегию подготовки и сдачи ЕГЭ в соответствии с целями, которые они ставят перед собой.

# Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

## Демонстрационный вариант 2009 г.

### Инструкция по выполнению работы

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

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

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

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

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

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

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

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

### Желаем успеха!

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

#### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	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	$931,5 \text{ МэВ}$
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**

воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
		ртути	$13600 \text{ кг/м}^3$

**Удельная теплоемкость**

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

**Удельная теплота**

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

**Нормальные условия** давление  $10^5 \text{ Па}$ , температура  $0^\circ\text{С}$ **Молярная масса**

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

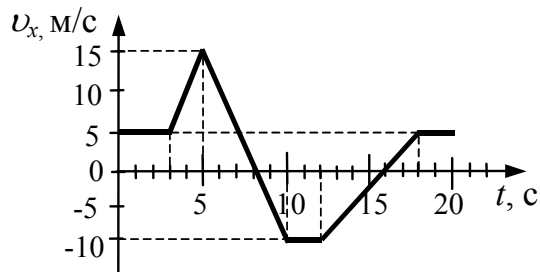
## Часть 1

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

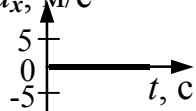
A1

На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.

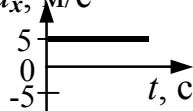
График зависимости проекции ускорения тела  $a_x$  от времени в интервале времени от 12 до 16 с совпадает с графиком



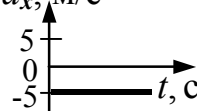
1)  $a_x, \text{M/c}^2$



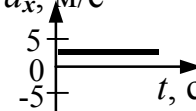
2)  $a_x, \text{M/c}^2$



3)  $a_x, \text{M/c}^2$



4)  $a_x, \text{M/c}^2$



A2

Полосовой магнит массой  $m$  поднесли к массивной стальной плите массой  $M$ . Сравните силу действия магнита на плиту  $F_1$  с силой действия плиты на магнит  $F_2$ .

1)  $F_1 = F_2$

2)  $F_1 > F_2$

3)  $F_1 < F_2$

4)  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{m}{M}$

A3

При движении по горизонтальной поверхности на тело массой 40 кг действует сила трения скольжения 10 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 5 раз, если коэффициент трения не изменится?

1) 1 Н

2) 2 Н

3) 4 Н

4) 8 Н

A4

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

1) 3000 кг

2) 4500 кг

3) 1500 кг

4) 1000 кг

**A5**

Санки массой  $m$  тянут в гору с постоянной скоростью. Когда санки поднимутся на высоту  $h$  от первоначального положения, их полная механическая энергия

- 1) не изменится
- 2) увеличится на  $mgh$
- 3) будет неизвестна, так как не задан наклон горки
- 4) будет неизвестна, так как не задан коэффициент трения

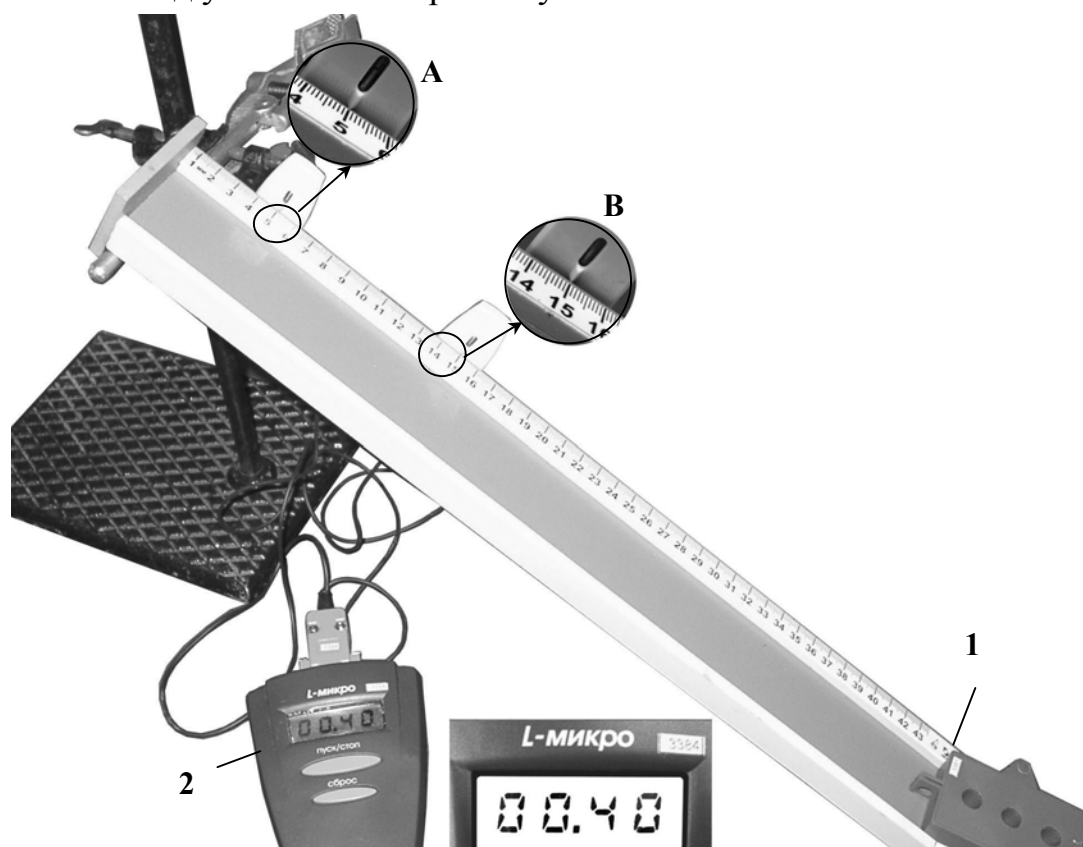
**A6**

Принято считать, что женский голос сопрано занимает частотный интервал от  $\nu_1 = 250$  Гц до  $\nu_2 = 1000$  Гц. Отношение граничных длин звуковых волн  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  этого интервала равно

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

**A7**

На фотографии показана установка для исследования равноускоренного скольжения каретки (1) массой 0,1 кг по наклонной плоскости, установленной под углом  $30^\circ$  к горизонту.



В момент начала движения верхний датчик (А) включает секундомер (2), а при прохождении каретки мимо нижнего датчика (В) секундомер выключается. Числа на линейке обозначают длину в сантиметрах. Какое выражение описывает зависимость скорости каретки от времени? (Все величины указаны в единицах СИ.)

- 1)  $v = 1,25t$
- 2)  $v = 0,5t$
- 3)  $v = 2,5t$
- 4)  $v = 1,9t$

**A8** При понижении абсолютной температуры одноатомного идеального газа в 1,5 раза средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул

- 1) увеличится в 1,5 раза
- 2) уменьшится в 1,5 раза
- 3) уменьшится в 2,25 раза
- 4) не изменится

**A9** Горячая жидкость медленно охлаждалась в стакане. В таблице приведены результаты измерений ее температуры с течением времени.

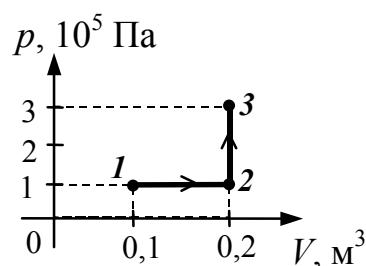
Время, мин	0	2	4	6	8	10	12	14
Температура, °С	95	88	81	80	80	80	77	72

В стакане через 7 мин после начала измерений находилось вещество

- 1) только в жидком состоянии
- 2) только в твердом состоянии
- 3) и в жидком, и в твердом состояниях
- 4) и в жидком, и в газообразном состояниях

**A10** Какую работу совершает газ при переходе из состояния 1 в состояние 3 (см. рисунок)?

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

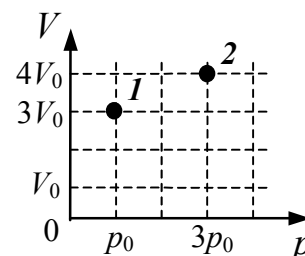


**A11** В тепловой машине температура нагревателя 600 К, температура холодильника на 200 К меньше, чем у нагревателя. Максимально возможный КПД машины равен

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

**A12** В сосуде находится постоянное количество идеального газа. Как изменится температура газа, если он перейдет из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?

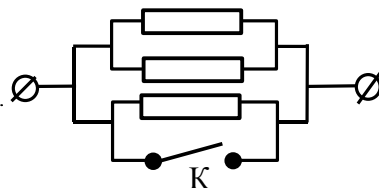
- 1)  $T_2 = 4T_1$
- 2)  $T_2 = \frac{1}{4} T_1$
- 3)  $T_2 = \frac{4}{3} T_1$
- 4)  $T_2 = \frac{3}{4} T_1$



**A13** Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами уменьшили в 3 раза, а один из зарядов увеличили в 3 раза. Силы взаимодействия между ними

- 1) не изменились
- 2) уменьшились в 3 раза
- 3) увеличились в 3 раза
- 4) увеличились в 27 раз

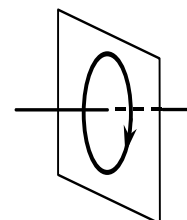
**A14** Каким будет сопротивление участка цепи (см. рисунок), если ключ К замкнуть? (Каждый из резисторов имеет сопротивление  $R$ .)



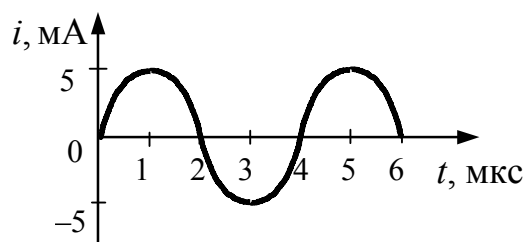
- 1)  $R$
- 2)  $2R$
- 3)  $3R$
- 4) 0

**A15** На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в вертикальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен

- 1) вертикально вверх  $\uparrow$
- 2) вертикально вниз  $\downarrow$
- 3) горизонтально вправо  $\rightarrow$
- 4) горизонтально влево  $\leftarrow$



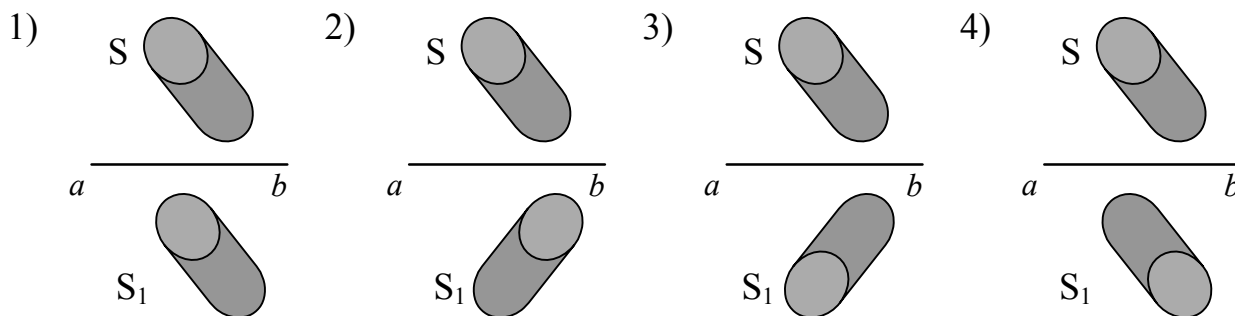
**A16** На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре. Если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 4 раза меньше, то период колебаний станет равен



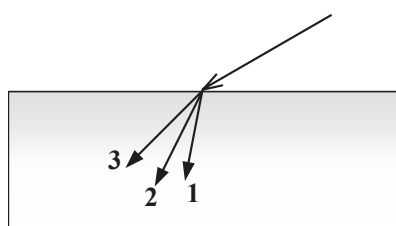
- 1) 1 мкс
- 2) 2 мкс
- 3) 4 мкс
- 4) 8 мкс



**A17** Источник света  $S$  отражается в плоском зеркале  $ab$ . Изображение  $S_1$  этого источника в зеркале показано на рисунке



**A18**



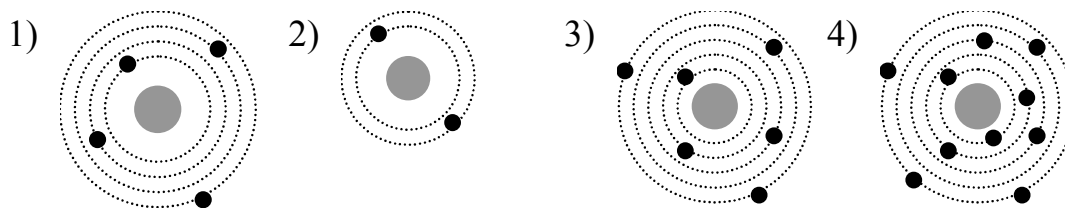
В некотором спектральном диапазоне угол преломления лучей на границе воздух-стекло падает с увеличением частоты излучения. Ход лучей для трех основных цветов при падении белого света из воздуха на границу раздела показан на рисунке. Цифрам соответствуют цвета

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

**A19** На входе в электрическую цепь квартиры стоит предохранитель, размыкающий цепь при силе тока 10 А. Подаваемое в цепь напряжение равно 110 В. Какое максимальное число электрических чайников, мощность каждого из которых равна 400 Вт, можно одновременно включить в квартире?

- 1) 2,7                      2) 2                      3) 3                      4) 2,8

**A20** На рисунке изображены схемы четырех атомов, соответствующие модели атома Резерфорда. Черными точками обозначены электроны. Атому  ${}^6_4\text{Be}$  соответствует схема



**A21**

Период полураспада ядер атомов радия  $^{226}_{88}\text{Ra}$  составляет 1620 лет. Это означает, что в образце, содержащем большое число атомов радия,

- 1) за 1620 лет атомный номер каждого атома радия уменьшится вдвое
- 2) одно ядро радия распадается каждые 1620 лет
- 3) половина изначально имевшихся ядер радия распадается за 1620 лет
- 4) все изначально имевшиеся ядра радия распадутся через 3240 лет

**A22**

Радиоактивный свинец  $^{212}_{82}\text{Pb}$ , испытав один  $\alpha$ -распад и два  $\beta$ -распада, превратился в изотоп

- 1) висмута  $^{212}_{83}\text{Bi}$
- 2) полония  $^{212}_{84}\text{Po}$
- 3) свинца  $^{208}_{82}\text{Pb}$
- 4) таллия  $^{208}_{81}\text{Tl}$








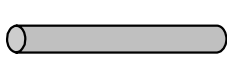
**A23**

Фотоэффект наблюдают, освещая поверхность металла светом фиксированной частоты. При этом задерживающая разность потенциалов равна  $U$ . После изменения частоты света задерживающая разность потенциалов увеличилась на  $\Delta U = 1,2$  В. На сколько изменилась частота падающего света?

- 1)  $1,8 \cdot 10^{14}$  Гц      2)  $2,9 \cdot 10^{14}$  Гц      3)  $6,1 \cdot 10^{14}$  Гц      4)  $1,9 \cdot 10^{15}$  Гц

**A24**

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

- 1)       2)       3)       4)   
                  

**A25**

Исследовалась зависимость напряжения на обкладках воздушного конденсатора от заряда этого конденсатора. Результаты измерений представлены в таблице.

$q$ , мкКл	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$U$ , кВ	0	0,5	1,5	3,0	3,5	3,5

Погрешности измерений величин  $q$  и  $U$  равнялись соответственно 0,05 мкКл и 0,25 кВ. Емкость конденсатора примерно равна

- 1) 250 пФ                      2) 10 нФ                      3) 100 пФ                      4) 750 мкФ

## Часть 2

*В заданиях В1–В2 требуется указать последовательность цифр, соответствующих правильному ответу. Эту последовательность следует записать сначала в текст экзаменационной работы, а затем перенести в бланк ответов № 1 без пробелов и других символов. (Цифры в ответе могут повторяться.)*

**В1**

Груз массой  $m$ , подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания с периодом  $T$  и амплитудой  $x_0$ . Что произойдет с максимальной потенциальной энергией пружины, периодом и частотой колебаний, если при неизменной амплитуде уменьшить массу груза?

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

### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

### ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

А) период колебаний

1) увеличится

Б) частота колебаний

2) уменьшится

В) максимальная потенциальная энергия пружины

3) не изменится

А	Б	В

Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов).

**B2**

Используя первый закон термодинамики, установите соответствие между описанными в первом столбце особенностями изопроцесса в идеальном газе и его названием.

## ОСОБЕННОСТИ ИЗОПРОЦЕССА

НАЗВАНИЕ  
ИЗОПРОЦЕССА

- |  |   |
|--|---|
| А) Все переданное газу количество теплоты идет на совершение работы, а внутренняя энергия газа остается неизменной.                    | 1) изотермический                             |
| Б) Изменение внутренней энергии газа происходит только за счет совершения работы, так как теплообмен с окружающими телами отсутствует. | 2) изобарный<br>3) изохорный<br>4) адиабатный |

А	Б

Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов).

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

**B3**

Летающий снаряд разрывается на два осколка. По отношению к направлению движения снаряда первый осколок летит под углом  $90^\circ$  со скоростью  $50$  м/с, а второй – под углом  $30^\circ$  со скоростью  $100$  м/с. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.

**B4**

В теплоизолированный сосуд с большим количеством льда при температуре  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  заливают  $m = 1$  кг воды с температурой  $t_2 = 44^\circ\text{C}$ . Какая масса льда  $\Delta m$  расплавится при установлении теплового равновесия в сосуде? Ответ выразите в граммах.

**B5**

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

**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1**

**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.**

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

### Часть 3

**С1**

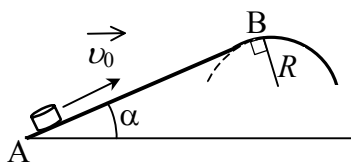
Человек в очках вошел с улицы в теплую комнату и обнаружил, что его очки запотели. Какой должна быть температура на улице, чтобы наблюдалось это явление? В комнате температура воздуха  $22^{\circ}\text{C}$ , а относительная влажность воздуха 50%. Поясните, как вы получили ответ. (При ответе на этот вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды.)

#### Давление насыщенных паров воды при различных температурах

$t, ^{\circ}\text{C}$	8	9	10	11	12	13	14	15
$p, \text{кПа}$	1,07	1,15	1,23	1,31	1,40	1,50	1,60	1,70
$t, ^{\circ}\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23
$p, \text{кПа}$	1,82	1,94	2,06	2,20	2,34	2,49	2,64	2,81

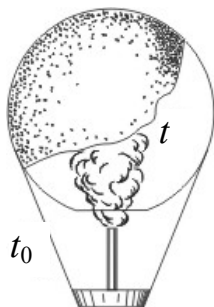
**Полное правильное решение каждой из задач С2–С5 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

**С2**



Небольшая шайба после удара скользит вверх по наклонной плоскости из точки А (см. рисунок). В точке В наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом  $R$ . Если в точке А скорость шайбы превосходит  $v_0 = 4 \text{ м/с}$ , то в точке В шайба отрывается от опоры. Длина наклонной плоскости  $AB = L = 1 \text{ м}$ , угол  $\alpha = 30^{\circ}$ . Коэффициент трения между наклонной плоскостью и шайбой  $\mu = 0,2$ . Найдите внешний радиус трубы  $R$ .

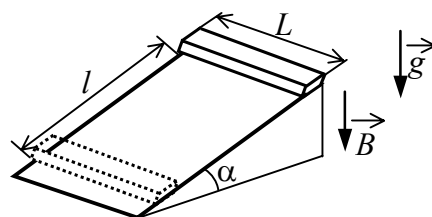
**С3**



Воздушный шар, оболочка которого имеет массу  $M = 145$  кг и объем  $V = 230$  м<sup>3</sup>, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . Какую минимальную температуру  $t$  должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.

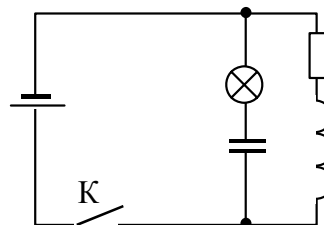
**С4**

Тонкий алюминиевый брусок прямоугольного сечения, имеющий длину  $L = 0,5$  м, соскальзывает из состояния покоя по гладкой наклонной плоскости из диэлектрика в вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом  $\alpha = 30^\circ$ . Продольная ось бруска при движении сохраняет горизонтальное направление. Найдите величину ЭДС индукции на концах бруска в момент, когда брусок пройдет по наклонной плоскости расстояние  $l = 1,6$  м.



**С5**

В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна 12 В, емкость конденсатора 2 мФ, индуктивность катушки 5 мГн, сопротивление лампы 5 Ом и сопротивление резистора 3 Ом. В начальный момент времени ключ К замкнут. Какая энергия выделится в лампе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника тока, а также сопротивлением катушки и проводов пренебречь.



**С6**

$\pi^0$ -мезон массой  $2,4 \cdot 10^{-28}$  кг распадается на два  $\gamma$ -кванта. Найдите модуль импульса одного из образовавшихся  $\gamma$ -квантов в системе отсчета, где первичный  $\pi^0$ -мезон покоится.

**Инструкция по проверке и оценке работ учащихся по физике****Часть 1**

<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>	<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>
A1	4	A14	4
A2	1	A15	3
A3	2	A16	2
A4	1	A17	3
A5	2	A18	4
A6	4	A19	2
A7	1	A20	1
A8	2	A21	3
A9	3	A22	3
A10	1	A23	2
A11	4	A24	3
A12	1	A25	3
A13	4		

**Часть 2**

<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>
B1	213
B2	14
B3	1
B4	560
B5	12

**Часть 3****КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ  
С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ**

Решения заданий С1–С6 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

**Внимание!** При выставлении баллов за выполнение задания в «Протокол проверки ответов на задания бланка № 2» следует иметь в виду, **если ответ отсутствует** (нет никаких записей, свидетельствующих о том, что экзаменуемый приступал к выполнению задания), то в протокол проставляется «X», а не «0».

- С1** Человек в очках вошел с улицы в теплую комнату и обнаружил, что его очки запотели. Какой должна быть температура на улице, чтобы наблюдалось это явление? В комнате температура воздуха  $22^{\circ}\text{C}$ , а относительная влажность воздуха 50%. Поясните, как вы получили ответ. (При ответе на этот вопрос воспользуйтесь таблицей для давления насыщенных паров воды.)

**Давление насыщенных паров воды при различных температурах**

$t, ^{\circ}\text{C}$	8	9	10	11	12	13	14	15
$p, \text{кПа}$	1,07	1,15	1,23	1,31	1,40	1,50	1,60	1,70
$t, ^{\circ}\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23
$p, \text{кПа}$	1,82	1,94	2,06	2,20	2,34	2,49	2,64	2,81

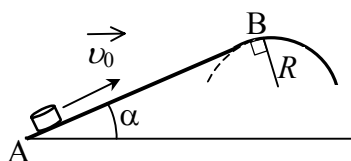
**Ответ:**

Образец возможного решения	
<p>Когда человек входит в дом, температура стекол его очков практически равна температуре на улице. Очки запотевают, если температура стекол удовлетворяет условию выпадения росы при заданном парциальном давлении водяного пара в комнате.</p> <p>Если относительная влажность воздуха в комнате 50%, то парциальное давление водяных паров составляет половину давления насыщенного пара при комнатной температуре, т.е. 1,32 кПа. Очки запотеют, если температура на улице соответствует такому (или ниже) давлению насыщенного водяного пара. По таблице находим, что температура на улице не выше <math>11^{\circ}\text{C}</math>.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы



Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: — верно указано физическое явление (в данном случае — явление появления росы) и получен верный ответ; — проведены рассуждения, приводящие к правильному ответу.	3
Представлено правильное решение и получен верный ответ, но: — не указано физическое явление; ИЛИ — не представлены рассуждения, приводящие к ответу.	2
— Правильно указано физическое явление, но в рассуждениях содержится ошибка, которая привела к неверному ответу. ИЛИ — Содержится только правильное указание на физическое явление. ИЛИ — Представлен только правильный ответ.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

**C2**



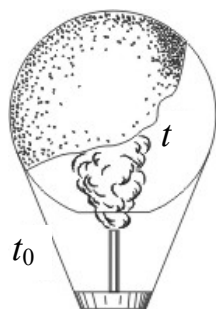
Небольшая шайба после удара скользит вверх по наклонной плоскости из точки А (см. рисунок). В точке В наклонная плоскость без излома переходит в наружную поверхность горизонтальной трубы радиусом  $R$ . Если в точке А скорость шайбы превосходит  $v_0 = 4$  м/с, то в точке В шайба отрывается от опоры. Длина наклонной плоскости  $AB = L = 1$  м, угол  $\alpha = 30^\circ$ . Коэффициент трения между наклонной плоскостью и шайбой  $\mu = 0,2$ . Найдите внешний радиус трубы  $R$ .

**Ответ:**

Образец возможного решения	
Изменение полной механической энергии шайбы равно работе силы трения:	
$\frac{mv_B^2}{2} + mgL \sin \alpha - \frac{mv_0^2}{2} = -\mu mgL \cos \alpha. \quad (1)$	
В точке В условием отрыва будет равенство центростремительного ускорения величине нормальной составляющей ускорения силы тяжести:	
$\frac{v_B^2}{R} = g \cos \alpha, \Rightarrow v_B^2 = gR \cos \alpha. \quad (2)$	
Из (1) и (2) находим внешний радиус трубы $R$ :	
$R = \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} - 2L(\mu + \operatorname{tg} \alpha) \approx 0,3 \text{ м.}$	

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — изменение механической энергии тела за счет работы сил трения, формула для центростремительного ускорения при движении по окружности);</li><li>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</li></ul>	3
<ul style="list-style-type: none"><li>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</li></ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</li></ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</li></ul>	2
<ul style="list-style-type: none"><li>– В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</li></ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</li></ul> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</li></ul>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0

C3



Воздушный шар, оболочка которого имеет массу  $M = 145$  кг и объем  $V = 230$  м<sup>3</sup>, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . Какую минимальную температуру  $t$  должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.

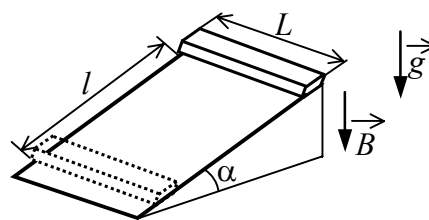
**Ответ:**

Образец возможного решения	
<p>Условие подъема шара: <math>F_{\text{Архимеда}} \geq Mg + mg</math>,</p> <p>где <math>M</math> – масса оболочки, <math>m</math> – масса воздуха внутри оболочки, отсюда <math>\rho_0 g V \geq Mg + \rho g V \Rightarrow \rho_0 V \geq M + \rho V</math>,</p> <p>где <math>\rho_0</math> – плотность окружающего воздуха, <math>\rho</math> – плотность воздуха внутри оболочки, <math>V</math> – объем шара.</p> <p>Для воздуха внутри шара: <math>\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu} R</math>, или <math>\frac{m}{V} = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T} = \rho</math>, где <math>p</math> – атмосферное давление, <math>T</math> – температура воздуха внутри шара. Соответственно, плотность воздуха снаружи: <math>\rho_0 = \frac{\mu p}{RT_0}</math>, где <math>T_0</math> – температура окружающего воздуха.</p> $\frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} \geq M + \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T} \Rightarrow \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_{\min}} = \frac{p \cdot \mu \cdot V}{R \cdot T_0} - M \Rightarrow \frac{1}{T_{\min}} = \frac{1}{T_0} - \frac{M \cdot R}{p \cdot \mu \cdot V}$ $T_{\min} = T_0 \frac{p \mu V}{p \mu V - M R T_0} \approx 538 \text{ К} = 265^\circ\text{C}.$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — выражение для силы Архимеда, связь массы и плотности, уравнение Менделеева–Клапейрона);</li> <li>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</li> </ul>	3
<p>Приведено решение, содержащее ОДИН из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и (или) вычислениях допущены ошибки;</li> </ul>	2

<p>— представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов;</p> <p>— правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p>	
<p>– В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0

**C4**

Тонкий алюминиевый брусок прямоугольного сечения, имеющий длину  $L = 0,5$  м, соскальзывает из состояния покоя по гладкой наклонной плоскости из диэлектрика в вертикальном магнитном поле индукцией  $B = 0,1$  Тл (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом  $\alpha = 30^\circ$ . Продольная ось бруска при движении сохраняет горизонтальное направление. Найдите величину ЭДС индукции на концах бруска в момент, когда брусок пройдет по наклонной плоскости расстояние  $l = 1,6$  м.



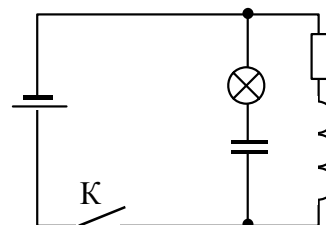
**Ответ:**

Образец возможного решения	
<p>Пользуемся общей формулой для ЭДС индукции в движущемся проводнике: <math> \varepsilon  = vBL \sin(90^\circ - \alpha) = vBL \cos \alpha</math>, <span style="float: right;">(1)</span></p> <p>где <math>\alpha</math> — угол между направлением вектора индукции и нормалью к поверхности наклонной плоскости.</p> <p>Скорость проводника в конечном положении находится из закона сохранения энергии: <math>m v^2 / 2 = mgh = mgl \sin \alpha</math>,</p> <p>откуда <math>v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gl \sin \alpha}</math>. <span style="float: right;">(2)</span></p> <p>Из (1) и (2) находим: <math> \varepsilon  = BL \cos \alpha \sqrt{2gl \sin \alpha} \approx 0,17</math> В.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p>	3

<p>— верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — формула для ЭДС индукции в проводнике, движущемся в магнитном поле, закон сохранения энергии);</p> <p>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</p>	
<p>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>– В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0

C5

В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна 12 В, емкость конденсатора 2 мФ, индуктивность катушки 5 мГн, сопротивление лампы 5 Ом и сопротивление резистора 3 Ом. В начальный момент времени ключ К замкнут. Какая энергия выделится в лампе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника тока, а также сопротивлением катушки и проводов пренебречь.



**Ответ:**

Образец возможного решения	
<p>Пока ключ замкнут, через катушку <math>L</math> течет ток <math>I</math>, определяемый сопротивлением резистора: <math>I = \frac{\mathcal{E}}{R}</math>, конденсатор заряжен до напряжения: <math>U = \mathcal{E}</math>.</p> <p>Энергия электромагнитного поля в катушке <math>L</math>: <math>\frac{LI^2}{2}</math>.</p> <p>Энергия электромагнитного поля в конденсаторе <math>\frac{C\mathcal{E}^2}{2}</math>.</p> <p>После размыкания ключа начинаются электромагнитные колебания, и вся энергия, запасенная в конденсаторе и катушке, выделяется в лампе и на резисторе:</p> $E = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{\mathcal{E}^2}{2R^2}L = 0,184 \text{ Дж.}$ <p>Согласно закону Джоуля–Ленца, выделяемая на резисторе мощность пропорциональна его сопротивлению. Следовательно, энергия 0,184 Дж выделяется в лампе и на резисторе пропорционально их сопротивлениям, и на лампу приходится <math>E_{\text{л}} = \frac{5}{8}E = 0,115 \text{ Дж}</math>.</p> <p>Ответ: <math>E_{\text{л}} = 0,115 \text{ Дж}</math>.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон Ома, закон Джоуля–Ленца, формулы расчета энергии магнитного поля катушки с током и электрического поля конденсатора);</li> <li>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</li> </ul>	3
<p>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p>	1

<p>– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка. ИЛИ – Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0

**С6**

$\pi^0$ -мезон массой  $2,4 \cdot 10^{-28}$  кг распадается на два  $\gamma$ -кванта. Найдите модуль импульса одного из образовавшихся  $\gamma$ -квантов в системе отсчета, где первичный  $\pi^0$ -мезон покоится.

**Ответ:**

Образец возможного решения	
<p>Согласно закону сохранения импульса, фотоны от распада покоящегося <math>\pi^0</math>-мезона разлетаются в противоположные стороны с равными по величине импульсами: <math> \vec{p}_1  =  \vec{p}_2  = p</math>. Энергия каждого фотона связана с величиной его импульса соотношением <math>E = pc</math>. Согласно релятивистскому закону сохранения энергии, в распаде <math>mc^2 = 2pc</math>. Следовательно, <math> p  = mc/2</math>. Ответ: <math>p = \frac{mc}{2} = 3,6 \cdot 10^{-20}</math> кг·м/с.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: — верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — законы сохранения энергии и импульса; выражения для энергии и импульса фотона); — 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>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов. ИЛИ — Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. ИЛИ — В математических преобразованиях или вычислениях допуще-</p>	2

на ошибка, которая привела к неверному ответу.	
– В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. ИЛИ – Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка. ИЛИ – Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0