**Система оценивания экзаменационной работы по физике**

**Задания с выбором ответа**

За правильный ответ а каждое задание с выбором ответа дается по 1 баллу.

Если указаны два или более ответов (в том числе правильный), неверный ответ или ответ отсутствует – 0 баллов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № задания | Ответ | № задания | Ответ |
| **А1** | 4 | **А14** | 1 |
| **А2** | 1 | **А15** | 2 |
| **А3** | 3 | **А16** | 3 |
| **А4** | 1 | **А17** | 4 |
| **А5** | 3 | **А18** | 2 |
| **А6** | 3 | **А19** | 3 |
| **А7** | 4 | **А20** | 3 |
| **А8** | 2 | **А21** | 2 |
| **А9** | 1 | **А22** | 2 |
| **А10** | 4 | **А23** | 2 |
| **А11** | 2 | **А24** | 4 |
| **А12** | 4 | **А25** | 3 |
| **А13** | 1 |  |  |

**Задания с кратким ответом**

Задание с кратким ответом считается выполненным верно, если в заданиях В1-В4 правильно указана последовательность цифр.

За полный правильный ответ на каждое задание ставится по 2 балла; если допущена одна ошибка – 1 балл; за неверный ответ – 0 баллов.

|  |  |
| --- | --- |
| № задания | Ответ |
| **В1** | 112 |
| **В2** | 313 |
| **В3** | 13 |
| **В4** | 41 |

**Критерии оценивания заданий с развернутым ответом**

**С1** Катушка, обладающая индуктивностью *L*, соединена с источником питания с ЭДС и двумя одинаковыми резисторами *R*. Электрическая схема соединения показана на рис. 1. В начальный момент ключ в цепи разомкнут.

В момент времени *t* = 0 ключ замыкают, что приводит к изменениям силы тока, регистрируемым амперметром, как показано на рис. 2. Основываясь на известных физических законах, объясните, почему при замыкании ключа сила тока плавно увеличивается до некоторого нового значения – *I*1. Определите значение силы тока *I*1. Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

|  |
| --- |
| Возможное решение |
| 1. Сила тока определяется законом Ома для полной цепи: ,  где *I* – сила тока в цепи, *R*общ – сопротивление цепи, а - ЭДС  самоиндукции, возникающая только при изменении силы тока, и препятствующая его изменению согласно правилу Ленца.  2. До замыкания ключа *R*общ = *R*; сила тока через амперметр определяется законом Ома для замкнутой цепи: .  3. При замыкании ключа сопротивление цепи скачком уменьшается в 2 раза, но ЭДС самоиндукции препятствует изменению силы тока через катушку. Поэтому сила тока через картушку при замыкании ключа не претерпевает скачка.  4. Постепенно ЭДС самоиндукции уменьшается до нуля, а сила тока через катушку плавно возрастает до стационарного значения: . |

|  |  |
| --- | --- |
| Критерии оценивания выполненных задач | Баллы |
| Приведён правильный ответ (в данном случае – *значение силы тока –* п. 4), и представлено полное верное объяснение (в данномслучае – п. 1–3) с указанием наблюдаемых явлений и законов(в данном случае: *закон Ома для полной цепи, явление самоиндукции*) | 3 |
| Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующимзаконом, свойством, явлением, определением и т.п.)  ИЛИ  Объяснения представлены не в полном объёме, или в них содержится один логический недочёт. | 2 |
| Представлено решение, соответствующее **одному** из следующих случаев.  Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.  ИЛИ  Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.  ИЛИ  Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.  ИЛИ  Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи. | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным  критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла. | 0 |

**С2** На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится горка с двумя вершинами, высоты которых и (см. рисунок). На правой вершине горки находится шайба. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причём шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Скорость шайбы на левой вершине горки оказалась равной υ. Найдите отношение масс шайбы и горки.

|  |  |
| --- | --- |
| Возможное решение | |
| На систему тел «шайба + горка» действуют внешние силы (тяжести и реакции стола), направленные по вертикали, поэтому проекция импульса системы на горизонтальную ось *Ох* системы отсчёта, связанной со столом, сохраняется. В начальный момент *pх* (0) = 0 , а в момент *t*1 *pх* (1) = *Mu* − *m*υ. Из закона сохранения импульса *pх* (0) = *pх* (1) получим: *Mu* − *m*υ = 0,  где *m* – масса шайбы, *M* – масса горки.  Работа сил тяжести определяется изменением потенциальной энергии, а суммарная работа сил реакции равна нулю, так как поверхности гладкие.  Следовательно, полная механическая энергия системы тел, равная сумме кинетической и потенциальной, сохраняется. Так как потенциальная энергия горки не изменилась, получаем уравнение .  Решение системы даёт отношение масс .  Ответ: . | |
| Критерии оценивания выполнения задач | Баллы |
| Приведено полное решение, включающее следующие элементы:  I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *закон сохранения* *механической энергии, закон сохранения импульса*);  II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений* *констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений величин,* *используемых в условии задачи*);  III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;  IV) представлен правильный ответ | 3 |
| Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования.  Но имеются следующие недостатки.  Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.  ИЛИ  В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).  ИЛИ  В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.  ИЛИ  Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка | 2 |
| Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев.  Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.  ИЛИ  В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.  ИЛИ  В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла. | 0 |

**С3** Над одноатомным идеальным газом проводится циклический процесс, показанный на рисунке.

На участке 1–2 газ совершает работу *А*12 = 1000 Дж. На адиабате 3–1 внешние силы сжимают газ, совершая работу |*A*31| = 370 Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите количество теплоты |*Q*хол|, отданное газом за цикл холодильнику.

|  |  |
| --- | --- |
| Возможное решение | |
| 1. В данном цикле рабочее тело на участке 1–2 получает положительное  количество теплоты от нагревателя: *Q*нагр = *Q*12 = (*U*2 –*U*1 ) + *A*12 .  На участке 2–3 (изохора) рабочее тело отдаёт холодильнику количество  теплоты *Q*хол =*U*2 –*U*3.  Наконец, на участке 3–1 (адиабата) внешние силы сжимают газ, совершая  работу *A*31 =*U*1 –*U*3.  Поэтому количество теплоты |*Q*хол|, отданное газом за цикл холодильнику,  можно представить в виде: *Q*хол = (*U*2 –*U*1) + (*U*1 –*U*3 ) = (*U*2 –*U*1) + *A*31 .  2. Модель одноатомного идеального газа:  3. Судя по рисунку в условии, , откуда .  Поэтому    откуда получаем: *U*2 –*U*1 = 3*A*12.  4. В результате *Q*хол = (*U*2 –*U*1) + *A*31 = 3*A*12 + *A*31 = 3370 Дж.  Ответ: *Q*хол = 3*A*12 + *A*31 = 3370 Дж | |
| Критерии оценки выполнения задания | Баллы |
| Приведено полное решение, включающее следующие элементы:  I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, **применение которых необходимо** для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *уравнение Менделеева – Клапейрона, формула внутренней энергии идеального газа, первое начало термодинамики*);  II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант,* *указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых* *в условии задачи*);  III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);  IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины | 3 |
| Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования.  Но имеются следующие недостатки.  Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.  ИЛИ  В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).  ИЛИ  В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.  ИЛИ  Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка | 2 |
| Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев.  Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.  ИЛИ  В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.  ИЛИ  В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |

**С4** В цепи, изображённой на рисунке, ЭДС батареи равна 100 В; сопротивления резисторов:*R*1 =10Ом и *R*2 = 6 Ом, а ёмкости конденсаторов: *C*1 = 60 мкФ и *C*2 =100 мкФ.

В начальном состоянии ключ К разомкнут, а конденсаторы не заряжены. Через некоторое время после замыкания ключа в системе установится равновесие. Какое количество теплоты выделится в цепи к моменту установления равновесия?

|  |  |
| --- | --- |
| Возможное решение | |
| 1. После установления равновесия ток через резисторы прекратится, конденсатор *С*1 будет заряжен до напряжения, равного ЭДС батареи, а *С*2 – разряжен (его пластины соединены между собой через резисторы):  *U*1max = E, *U*2max = 0.  2. При этом через батарею пройдёт заряд *q*: .  3. Энергия заряженного конденсатора *С*1 равна *W*: .  4. Работа сторонних сил источника тока пропорциональна заряду,  прошедшему через него: .  5. Эта работа переходит в энергию конденсаторов и теплоту:  6. Подставляя значения физических величин, получим  *Q* = 0,3 Дж.  Ответ: *Q* = 0,3 Дж | |
| Критерии оценки выполнения задания | Баллы |
| Приведено полное решение, включающее следующие элементы:  I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, **применение которых необходимо** для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *формулы для работы сторонних сил в источнике тока для заряда и энергии конденсатора, закон сохранения энергии*);  II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант,* *указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых* *в условии задачи*);  III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);  IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины | 3 |
| Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования.  Но имеются следующие недостатки.  Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.  ИЛИ  В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).  ИЛИ  В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.  ИЛИ  Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка | 2 |
| Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев.  Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.  ИЛИ  В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.  ИЛИ  В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |

**С5** Замкнутый контур площадью *S* из тонкой проволоки помещён в магнитное поле. Плоскость контура перпендикулярна вектору магнитной индукции поля. В контуре возникают колебания тока с амплитудой *i*м = 35 мА, если магнитная индукция поля меняется с течением времени в соответствии с формулой

*B* = *a*cos(*bt*), где *а =* 6·10–3 Тл, *b* = 3500 с–1. Электрическое сопротивление контура *R* = 1,2 Ом. Чему равна площадь контура?

|  |  |
| --- | --- |
| Возможное решение | |
| При изменении пронизывающего контур магнитного поля в проводящем контуре возникает ЭДС электромагнитной индукции E, а соответственно, и электрический ток. Согласно закону Ома сила тока ; согласно закону электромагнитной индукции ЭДС пропорциональна скорости изменения магнитного потока сквозь контур:.  В нашем случае Ф = *BS*, так что . Следовательно, .  Согласно полученной формуле сила тока в контуре колеблется, и амплитуда  этих колебаний . Следовательно,  .  Ответ: *S* = 2·10–3 м2. | |
| Критерии оценки выполнения задания | Баллы |
| Приведено полное решение, включающее следующие элементы:  I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, **применение которых необходимо** для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *закон Ома и закон электромагнитной индукции, формула для магнитного потока*);  II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант,* *указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых* *в условии задачи*);  III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);  IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины | 3 |
| Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования.  Но имеются следующие недостатки.  Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.  ИЛИ  В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).  ИЛИ  В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.  ИЛИ  Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка | 2 |
| Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев.  Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.  ИЛИ  В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.  ИЛИ  В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |

**С6** Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой ,

где *n* = 1, 2, 3, … . При переходе атома из состояния *Е*2 в состояние *Е*1 атом испускает фотон. Попав на поверхность фотокатода, этот фотон выбивает фотоэлектрон.

Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода, νкр = 6⋅1014 Гц.

Чему равен максимально возможный импульс фотоэлектрона?

|  |  |
| --- | --- |
| Возможное решение | |
| Энергия фотона *h*ν = *E*2 − *E*1 .  Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: .  Отсюда .  Ответ: *p*max ≈1,5⋅10–24 кг⋅м/с . | |
| Критерии оценки выполнения задания | Баллы |
| Приведено полное решение, включающее следующие элементы:  I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, **применение которых необходимо** для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *постулаты Бора, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта*);  II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант,* *указанных в варианте КИМ, и обозначений величин, используемых* *в условии задачи*);  III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);  IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины | 3 |
| Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования.  Но имеются следующие недостатки.  Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.  ИЛИ  В решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).  ИЛИ  В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.  ИЛИ  Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка | 2 |
| Представлены записи, соответствующие **одному** из следующих случаев.  Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.  ИЛИ  В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.  ИЛИ  В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |