**Система оценивания экзаменационной работы по физике**

**Задания с выбором ответа**

За правильный ответ на каждое задание с выбором ответа ставится по 1 баллу. Если указаны два и более ответов (в том числе правильный), неверный ответ или ответ отсутствует – 0 баллов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ задания** | **Ответ** | **№ задания** | **Ответ** |
| А1 | 1 | А14 | 3 |
| А2 | 1 | А15 | 2 |
| А3 | 1 | А16 | 2 |
| А4 | 1 | А17 | 4 |
| А5 | 1 | А18 | 1 |
| А6 | 3 | А19 | 2 |
| А7 | 3 | А20 | 3 |
| А8 | 3 | А21 | 2 |
| А9 | 2 | А22 | 3 |
| А10 | 4 | А23 | 4 |
| А11 | 1 | А24 | 4 |
| А12 | 4 | А25 | 2 |
| 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 (более одной ошибки) или его отсутствие – 0 баллов.

|  |  |
| --- | --- |
| **№ задания** | **Ответ** |
| В1 | 331 |
| В2 | 231 |
| В3 | 13 |
| В4 | 14 |

**КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ**

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

**C1**

В стеклянном цилиндре под поршнем при комнатной температуре *t0* находится только водяной пар. Первоначальное состояние системы показано точкой на *рV*-диаграмме. Медленно перемещая поршень, объём *V* под поршнем изотермически уменьшают от *4* *V0* до *V0*. Когда объём *V* достигает значения 2*V0*, на внутренней

стороне стенок цилиндра выпадает роса.

Постройте график зависимости давления *р* в цилиндре от объёма *V* на отрезке от *V0* до *4V0*.

Укажите какими закономерностями Вы при этом воспользовались

|  |
| --- |
| Возможное решение |
| 1. На участке от 4*V*0 до 2*V*0 давление под поршнем при сжатии растёт, подчиняясь закону Бойля – Мариотта. На участке от 2*V*0 до *V*0 давление под поршнем постоянно (давление насыщенного пара на изотерме).  На участке от 4*V*0 до 2*V*0 график *p*(*V*) – фрагмент гиперболы, на участке от 2*V*0 до *V*0 – горизонтальный отрезок прямой (для экспертов: отсутствие названий не снижает оценку, названия помогают оценке графика, сделанного от руки).  2. В начальном состоянии *V* = 4*V*0 под поршнем находится ненасыщенный водяной пар, при сжатии число молекул пара неизменно, пока на стенках сосуда не появится роса. В момент появления росы пар становится насыщенным, его давление равно *p*н. Поэтому на участке от 4*V*0 до 2*V*0 давление под поршнем растёт, подчиняясь закону Бойля – Мариотта: *pV* = const, т. е. *p* ~ 1/*V*.  График зависимости *p*(*V*) – фрагмент гиперболы.  3. После того как на стенках сосуда появилась роса, пар при медленном изотермическом сжатии остается насыщенным, в том числе при *V* = *V*0. При этом количество вещества пара уменьшается, а количество вещества жидкости увеличивается (идёт конденсация пара). Поэтому график *p*(*V*) на участке от 2*V*0 до *V*0 будет графиком константы, т. е. отрезком горизонтальной прямой\_\_ |

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерии оценивания выполнения задания** | **Баллы** |
| Приведён правильный ответ (в данном случае – *график зависимости давления под поршнем от объёма при постоянной температуре, где верно указаны числовые данные* п. 1), и представлено полное верное объяснение (в данном случае – п. 2, 3) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – *конденсация пара, зависимость давления насыщенного пара только от температуры, закон Бойля – Мариотта для ненасыщенного пара)* | 3 |
| Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении содержится **один** из следующих недостатков.  В объяснении не указаны одно из явлений или один из физических законов, необходимых для полного верного объяснения.  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 нем 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 |

**C2**

Система из грузов *m* и *М* и связывающей их лёгкой нерастяжимой нити в начальный момент покоится в вертикальной плоскости, проходящей через центр закреплённой сферы. Груз *m* находится в точке А на вершине сферы (см. рисунок). В ходе возникшего движения груз *m* отрывается от поверхности сферы, пройдя по ней дугу 30°. Найдите массу *m*, если М = 100 г.

Размеры груза m ничтожно малы по сравнению с радиусом сферы. Трением пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на грузы

|  |
| --- |
| Возможное решение |
| 1. Будем считать систему отсчёта, связанную с Землёй, инерциальной.  2. На рисунке показан момент, когда груз *m* ещё скользит по сфере. Из числа сил, действующих на грузы, силы тяжести *mg* и *Mg* потенциальны, а силы натяжения нити  а также сила реакции опоры *N* непотенциальны. Поскольку нить лёгкая и трения нет,  . Сила *T1* направлена по скорости  груза *m*, а сила *T*2– противоположно скорости  груза *M*.  Модули скоростей грузов в один и тот же момент времени одинаковы, поскольку нить нерастяжима. По этим причинам суммарная работа сил *T*1 и *T*2 при переходе в данное состояние из начального равна нулю. Работа силы *N* также равна нулю, так как из-за отсутствия трения  3. Таким образом, сумма работ всех непотенциальных сил, действующих на грузы *m* и *M*, равна нулю. Поэтому в инерциальной системе отсчёта, связанной с Землёй, механическая энергия системы этих грузов сохраняется.  4. Найдём модуль скорости груза *m* в точке его отрыва от поверхности сферы. Для этого приравняем друг другу значения механической энергии системы грузов в начальном состоянии и в состоянии, когда груз *m* находится в точке отрыва (потенциальную энергию грузов в поле тяжести отсчитываем от уровня центра сферы, в начальном состоянии груз *M*  находится ниже центра сферы на величину *h*0):    5. Груз *m* в точке отрыва ещё движется по окружности радиусом *R*, но уже не давит на сферу. Поэтому его центростремительное ускорение вызвано только силой тяжести, так как сила *T*1 направлена по касательной к сфере (см.рисунок): |

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерии оценивания 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 сохранения механической энергии, формула для величины центростремительного ускорения*);  II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*);  III) представлен схематический рисунок с указанием сил, поясняющий решение;  IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);  V) 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  Пункт III представлен не в полном объёме, содержит ошибки или отсутствует.  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 V, 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 |

**C3**

Теплоизолированный цилиндр разделён подвижным теплопроводным поршнем на две части. В одной части цилиндра находится гелий, а в другой - аргон. В начальный момент температура гелия равна 300 К, а аргона - 900 К; объёмы, занимаемые газами, одинаковы, а поршень находится в равновесии. Поршень медленно перемещается без трения. Теплоёмкость поршня и цилиндра пренебрежимо мала. Чему равно отношение внутренней энергии гелия после установления теплового равновесия к его энергии в начальный момент?

|  |  |
| --- | --- |
| Возможное решение | |
| 1. Гелий и аргон можно описывать моделью идеального одноатомного газа, внутренняя энергия *U* которого пропорциональна температуре *Т* и числу молей ν:  2. Связь между температурой, давлением и объёмом идеального газа  можно получить с помощью уравнения Клапейрона – Менделеева: *pV =* ν*RT* .  Поршень в цилиндре находится в состоянии механического равновесия, так что давление газов в любой момент одинаково. В начальный момент объёмы газов одинаковы, и уравнение Клапейрона – Менделеева приводит к связи между начальными температурами гелия и аргона *Т1* и *Т*2 и числом молей этих газов  ν1 и ν2 . *v1T1=v2T2.*  3. Поскольку цилиндр теплоизолирован, а работа силы трения равна нулю, суммарная внутренняя энергия газов в цилиндре сохраняется:  , где *Т* – температура газов в цилиндре после установления теплового равновесия. Отсюда находим температуру газов:  . С учётом связи между начальными температурами газов и числом молей получаем:  4. Отношение внутренней энергии гелия в конце процесса и в начальный момент равно отношению температур: | |
| **Критерии оценивания 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: *первое начало термодинамики, формула для внутренней энергии идеального газа и уравнение Клапейрона – Менделеева)*;  II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин *(за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи)*;  III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);  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 |

**C4**

 Источник постоянного напряжения с ЭДС 100 В подключён через резистор к конденсатору, расстояние между пластинами которого можно изменять (см. рисунок). Пластины раздвинули, совершив при этом работу 90 мкДж против сил притяжения пластин.

На какую величину изменилась ёмкость конденсатора, если за время движения пластин на резисторе выделилось количество теплоты 40 мкДж? Потерями на излучение пренебречь.

|  |  |
| --- | --- |
| Образец возможного решения | |
| Закон сохранения энергии: *W*н + *A*бат + *A* = *W*к + *Q*, где *W*н и *W*к *–* энергия электрического поля конденсатора соответственно в начале и конце процесса; *A*бат *–* работа источника тока; *A –* работа, совершённая против сил притяжения пластин; *Q –* количество теплоты, выделившееся на резисторе;    изменение ёмкости конденсатора.  Из этих уравнений получаем  Отсюда | |
| **Критерии оценивания 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 сохранения энергии*; *формулы для расчёта энергии заряженного конденсатора, работы поля при перемещении в нём заряда*);  II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*);  III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) 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 |



**C5**

Металлический стержень длиной *l* = 0,1м и массой *m* = 10 г, подвешенный на двух параллельных проводящих нитях длиной

*L =* 1м, располагается горизонтально в однородном магнитном поле с индукцией *В* = 0,1Тл, как показано на рисунке. Вектор магнитной индукции направлен вертикально. На какой максимальный угол отклонятся от вертикали нити подвеса, если по стержню пропустить ток силой 10 А в течение 0,1 с? Угол α отклонения нитей от вертикали за время протекания тока мал

|  |  |
| --- | --- |
| Образец возможного решения | |
| При протекании тока по стержню, находящемуся в магнитном поле, на него действует сила Ампера: *F =* *IBl =* 0,1 Н , направленная горизонтально. В соответствии со вторым законом Ньютона эта сила вызывает горизонтальное ускорение стержня, которое в начальный момент равно:  Так как за время протекания тока угол отклонения нитей мал, влиянием подвеса на движение стержня в горизонтальном направлении за время *t* действия силы Ампера можно пренебречь и считать это движение равноускоренным. Следовательно, скорость стержня в момент выключения тока можно вычислить по формуле  После окончания действия силы Ампера стержень движется в поле тяжести, поднимаясь на нитях на высоту *h*, определяемую законом сохранения энергии:  Отсюда  , а максимальный угол отклонения нитей подвеса от  вертикали определяется выражением   .  Подставляя значения физических величин, получим *h =* 5 см , cosφ = 0,95, т. е. φ ̴≈18̴̴° .  Ответ: φ≈18° | |
| **Критерии оценивания 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: *сила Ампера, второй закон Ньютона, закон сохранения энергии,*  *формулы равноускоренного движения*);  II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*);  III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) 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 |

**C6**



Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой

эВ, где *n* = 1, 2, 3, ... При переходе из состояния *Е2* в состояние

*Е1* атом испускает фотон. Поток таких фотонов падает на поверхность фотокатода. Запирающее напряжение для фотоэлектронов, вылетающих с поверхности фотокатода, *Uзап* = 7,4В. Какова работа выхода *Авых* фотоэлектронов с поверхности фотокатода?

|  |  |
| --- | --- |
| Образец возможного решения (рисунок не обязателен) | |
| Энергия фотона: *hv=* *E*2 - *E*1 .  Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: *h*= *A*вых + *eU*зап.  Отсюда *A*вых =(*E*2 - *E*1) -*eU*зап . Ответ: *А*вых ≈ 4,5·10–19 Дж ≈ 2,8 эВ. | |
| **Критерии оценивания 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: *формула для энергии фотона и уравнение Эйнштейна для*  *фотоэффекта*);  II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (*за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи*);  III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) 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 |