|  |
| --- |
| **Задание № 30** |
| Согласно спецификации к КИМ это задание ВЫСОКОГО уровня сложности, за которое можно получить 4 первичных балла при полностью правильном ответе и верном обосновании применимости выбранных для решения законов (закономерностей) и формул. Ранее заданий, оцениваемых 4-я баллами, в КИМ ЕГЭ по физике не было.В задании требуется решить расчётную задачу с неявно заданной физической моделью с использованием законов и формул из одного-двух разделов курса физики, обосновывая выбор физической модели для решения задачи.В демоверсии приведены две задачи по механике, т.к. в ЕГЭ 2022 изменены требования к решению задачи высокого уровня по механике. Теперь дополнительно к решению необходимо представить обоснование использования законов и формул для условия задачи. Для этой задачи создан ещё один критерий: «верно обоснована возможность использования законов (закономерностей)», за который и ставится ещё один (четвёртый) балл. За само полностью правильное решение ставится, как обычно, 3 балла.Как и во всех заданиях второй части задание №30 проверяет сформированность умения решать физические задачи. |
| **Критерий 1** |
| Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). | 1 |
| В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует | 0 |

|  |
| --- |
| **Пример 1.** |
| Снаряд массой 4 кг, летящий со скоростью 400 м/с, разрывается на две равные части, одна из которых летит в направлении движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается на 0,5 МДж. Найдите скорость осколка, летящего по направлению движения снаряда. Сопротивлением воздуха пренебречь. Какие законы Вы использовали для описания разрыва снаряда? Обоснуйте их применимость к данному случаю. |
| **Разбор примера 1.** |
| Начнём с ответа на вопрос об используемых законах и обосновании их применения, т.е. выполним критерий 1, чтобы заработать дополнительный балл.Ключевыми словами здесь являются: «летящий» (движение), «разрывается», «сопротивлением воздуха пренебречь», «суммарная кинетическая энергия увеличивается».Раз тело движется, то необходимо описать это движение, введя систему отсчёта (СО). То, что снаряд разрывается, говорит о необходимости использования закона сохранения импульса, который выполняется только для замкнутой системы тел, т.е. такой, в которой геометрическая сумма внешних сил равна нулю или ею можно пренебречь. Систему отсчёта можно связать с Землёй, т.к. движением и вращением Земли при изучении движения снаряда относительно неё можно пренебречь. Такая СО будет инерциальной. Т.к. по условию сопротивлением воздуха мы пренебрегаем, то на снаряд действует только одна внешняя сила – сила тяжести. Она не равна нулю, но снаряд в задаче «разрывается»; взрыв всегда происходит очень быстро, силы, приводящие к взрыву, очень большие по сравнению с силой тяжести. Поэтому силой тяжести можно в момент взрыва пренебречь. Т.о. СО будет не только инерциальной, а система тел - замкнутой. |
| **Комментарий** | **Решение** | **Критерий 2** |
| **План решения:**1. Записать закон сохранения импульса.2. Записать закон сохранения энергии.3. Решить систему уравнений.4. Проверить ответ на соответствие условию и физическому смыслу. 5. Сделать математический расчёт и записать ответ. | *υ0* – модуль начальной скорость снаряда;*υ1* – модуль скорости первого осколка ($\vec{υ}\_{0}\uparrow \uparrow \vec{υ}\_{1}$);*υ2* – модуль скорости второго осколка ($\vec{υ}\_{0}\uparrow \downright \vec{υ}\_{2}$);*2m* –масса снаряда (удобно, т.к. тогда каждый осколок имеет массу m);*ΔЕ* – увеличение кинетической энергии осколков; | Описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин  |
| 1.Записать закон сохранения импульса (ЗСИ).ЗСИ выполняется в векторной форме, поэтому важно выбрать направление осей координат для правильной записи проекций. Т.к. нас интересует практически только момент взрыва, при этом один из осколков летит в направлении движения снаряда, а второй –в противоположном, то для описания достаточно иметь одну ось. Удобно выбрать направление оси, совпадающее с направлением начальной скорости снаряда | $$2m\vec{υ}\_{0}=m\vec{υ}\_{1}+m\vec{υ}\_{2}$$$$2mυ\_{0}=mυ\_{1}-mυ\_{2}$$ | *Записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон сохранения импульса, закон сохранения энергии)* |
| 2.Записать закон сохранения энергии (ЗСЭ).Т.к. мы пренебрегаем силой тяжесть из-за малого времени разрыва снаряда, то нам необходимо учитывать только кинетическую энергию. Т.к. по условию кинетическая энергия осколков *увеличивается* в момент разрыва на *ΔЕ*, то в уравнении *ΔЕ* будет стоять слева, добавлясь к начальной энергии. | $$\frac{2m∙υ\_{0}^{2}}{2}+ΔE=\frac{m∙υ\_{1}^{2}}{2}+\frac{m∙υ\_{2}^{2}}{2}$$ |
| 3.Решить систему уравнений.Решаем способом подстановки: а) выразим из ЗСИ *υ2,* б) разделим выражение для ЗСЭ на *m* и умножим на 2, в) подставим полученное выражение в ЗСЭ и перенесём все слагаемые в одну часть.Решим квадратное уравнение получив два корня | а) $υ\_{2}=υ\_{1}-2υ\_{0}$б) $2υ\_{0}^{2}+\frac{ΔE}{m}=υ\_{1}^{2}+υ\_{2}^{2}$в) $υ\_{1}^{2}+(υ\_{1}-2υ\_{0})^{2}-2υ\_{0}^{2}-\frac{ΔE}{m}=0$$$υ\_{1}^{2}-2υ\_{0}υ\_{1}+υ\_{0}^{2}-\frac{ΔE}{m}=0$$ | *представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями)* |
| 4. Проверить ответ на соответствие условию и физическому смыслу.Согласно условию, первый осколок продолжает двигаться в направлении снаряда, а второй движется в противоположном направлении, при этом векторная сумма импульсов остается неизменной. Это может быть только в том случае, когда импульс первого осколка больше, чем импульс второго. Учитывая равенство масс: скорость первого больше скорости второго. Этот же вывод математически следует из выражения а) для скорости $υ\_{2}.$ | $(υ\_{1})\_{1}=υ\_{0}+\sqrt{\frac{ΔE}{m}}$ и $$(υ\_{1})\_{2}=υ\_{0}-\sqrt{\frac{ΔE}{m}}$$ |
| 5. Сделать математический расчёт и записать ответ. | $(υ\_{1})\_{1}=υ\_{0}+\sqrt{\frac{ΔE}{m}}=400+\sqrt{\frac{0,5∙10^{6}}{2}}= 900 (\frac{м}{с}$) |
| Ответ: $υ\_{1}=900 \frac{м}{с}$ |  | *представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины* |

|  |
| --- |
| **Пример 2.** |
| Система грузов *M*, *m1* и *m2* , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами *M* и *m1*    μ = 0,2. Грузы *M* и *m2* связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть *M* = 1,2 кг, *m1*= *m2*= *m*. При каких значениях *m* грузы *M* и *m1*    движутся как одно целое? Какие законы Вы использовали для описания движения системы грузов? Обоснуйте их применимость к данному случаю. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. |
| **Разбор примера 2.** |
| Ключевыми фразами здесь являются: «система грузов» и «грузы *M* и *m1*    движутся как одно целое», «связаны лёгкой нерастяжимой нитью», «нить… скользит по блоку без трения». Т.к. надо описать движение системы взаимодействующих тел, нам понадобятся законы Ньютона, которые выполняются в инерциальной системе отсчёта. Такую систему можно связать со столом, который в нашей задаче неподвижен относительно Земли. Т.к. грузы *M* и *m1*    движутся как одно целое, то их можно считать единым (твёрдым) телом, которое движется поступательно (возможность вращения тел отсутствует). Также поступательно движется и груз *m2.* Размеры тел роли не играют. Поэтому можно выбрать модель материальной точки. Т.к. тело *m1* покоится относительно тела *M*, нам понадобится выражение для максимальной силы трения покоя. | *Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: выбор ИСО, материальные* *точки,* *условия равенства сил натяжения нити, действующих на тела,* *и равенства ускорений тел.**описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин* |
|  Выполнение рисунка в данной задаче является обязательным, т.к. это прямое требование, сформулированное в условии. Все силы могут быть показаны как на одном рисунке, так и на двух (как в нашем примере).Рисунок 2Рисунок 1 Кроме того, с помощью рисунка в данном случае а) удобно ввести обозначения (обязательное требование критериев) и продолжить формулирование обоснований для решения:Т.к. нить лёгкая и трения с блоком нет (и блок невесом), то силы натяжения равны по модулю: *Т1=Т2=Т.*Т.к. нить нерастяжима, ускорения тел, составляющих систему, равны по модулю*: a1=a2=a.* |
| **Комментарий** | **Решение** | **Критерий** |
| 1. Запишем второй закон Ньютона для каждого тела, учитывая, что ускорение грузов *M* и *m1* направлено вдоль оси *x,* а груза *m2* – вдоль оси *y.* Учтём, что по условию *m1*= *m2*= *m.*
2. Запишем условие для силы трения покоя, действующего на груз *m1*
 | $\left(M+m\right)a=T$ – (1) для грузов *M* и *m1*$ma=mg-T$ ­ (2) для груза *m2*$ma=F\_{тр}$ – (3) для груза *m1*$mg-N\_{1}=0$ – (4) для груза *m1*$F\_{тр} \leq μN\_{1}$ (5) | *записаны положения теории и физические законы,* *закономерности, применение которых необходимо для решения* *задачи выбранным способом (в данном случае: второй закон Ньютона, формула для силы трения покоя);* |
| Выполним математические преобразования.Сложим уравнения (1) и (2).Выразим ускорение *a*Используем (3) и (5)Используем (4)Получим неравенство для ускоренияРешим неравенство для *m* | $$\left(M+m\right)a+ ma=mg$$$$ a=g\frac{m}{M+2m}$$$$ma\leq μN\_{1}$$$ma\leq μmg$или $a\leq μg$$a=g\frac{m}{M+2m}\leq μg$ или$$\frac{m}{M+2m}\leq μ$$$$m\leq \frac{μM}{1-2μ}=0,4$$ | *представлены необходимые математические преобразования* *и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу),* *приводящие к правильному числовому ответу (допускается* *решение «по частям» с промежуточными вычислениями);* |
| Запишем олтвет | $$m\leq 0,4 кг$$ | *представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины* |

**Закономерности, которые необходимо знать и понимать для решения задания 30 (механика)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Используемые закономерности** |  | **Условия применения** | **Возможные формулировки (примеры)** |
| 1 | 1, 2, 3 законы Ньютона | 1.1 | движение или равновесие рассматривается в инерциальной системе отсчета; | Рассмотрим движение тела (тел) относительно земли, которую можно считать инерциальной системой отсчета |
| 1.2 | тела - материальные точки (размерами тела можно пренебречь или тело движется поступательно) | Т.к. тело (тела) небольшие, то будем считать их материальными точками. Размерами тела в данных условиях можно пренебречь |
| 2 | закон сохранения полной механической энергии | 2.1 | тела - материальные точкидвижение рассматривается в инерциальной системе отсчета |  |
| 2.2 | абсолютно упругий удар  |  |
| 2.3 | На тело действуют только консервативные силы  | (сила трения равна 0 - поверхность гладкая) |
| 2.4 | Сила, действующая на тело направлена перпендикулярно вектору скорости (работа этой силы равна 0) | Сила реакции опоры в любой момент времени перпендикулярная вектору скорости, значит, не совершает работы |
| 3 | равенство угловых скоростей |  | тело абсолютно твердое | Т.к. стержень твердый, то угловые скорости вращения тел, закрепленных на нем, совпадают |
| 4 | правило моментов (условие отсутствия вращательного движения) | Т.к. расстояние между любыми точками стержня не меняется, то стержень твердый. Значит, можно записать правило моментов |
| 5 | сила нормальной реакции опоры равна 0 (N = 0) |  | момент отрыва тела от опоры | В момент отрыва тела от опоры N = 0 |
| 6 | равенство сил, приложенных к телам, действующим друг на друга |  | 3 закон Ньютона  | сила реакции опоры равна по модулю силе давления тела на поверхность по 3 закону Ньютона |
| 7 | силы натяжения в любой точке нити, связывающей тела, равны друг другу по модулю (Т1 = Т2) |  | нить невесомая | Силы натяжения, действующие на связанные нитью тела равны друг другу по модулю, т.к. нить невесома |
| 8 | ускорения тел, связанных нитью, равны по модулю |  | нить нерастяжимая | Ускорения связанных нитью тел равны по модулю, т.к. нить нерастяжима |
| 9 | закон сохранения импульса | 9.1 | тела - материальные точкидвижение рассматривается в инерциальной системе отсчета |  |
| а) векторно | 9а.1 | на систему действуют только внутренние силы |  |
| 9а.2 | внешние силы действуют, но время взаимодействия мало (удар, взрыв) | влиянием силы трения тела системы за время взаимодействия можно пренебречь (по условию задачи), т.к. время удара малоилина пулю действует нескомпенсированная внешняя сила тяжести, но т.к. пуля попадет в тело и застреваем в нем очень быстро, то ее действием можно пренебречь |
| 9а.3 | внешние силы уравновешивают друг друга (сумма внешних сил равна 0) | на тело действуют сила тяжести и сила нормальной реакции опоры, которые компенсируют друг друга |
| б) в проекции на одну из осей координат | 9б.1 | на систему действуют внешние силы, но их проекции на одну из осей координат равны 0 | т.к. система движется с ускорением, то сумма внешних сил не равна 0, т.е. внешние силы будут изменять полный импульс системы тел. Однако на ось… проекции внешних сил равны 0, значит вдоль этого направления импульс системы сохраняется |

|  |
| --- |
|  |
| **№ Варианта** | **Текст задачи** | **Пункты обоснования** |
| 1; 2 |  | 1.11.22.32.45 |
| 3; 4 |  | 1.12.32.4361.2 (для m1) |
| Для всех остальных задач обоснования напишите сами, используя приведенную выше таблицу.Решения и обоснования всех задач в пособии приведены. |
| 5; 6 |  |  |
| 7; 8 |  |  |
| 9; 10 |  |  |

|  |
| --- |
|  |
| 1; 2 |  |  |