

задание 30 ЕГЭ 2022

как выглядит задача?

обратите внимание:

Задача содержит в себе 2 полноценных вопроса: по расчетной и по теоретической (обоснование) частям задачи.

На горизонтальной поверхности неподвижно закреплена абсолютно гладкая полусфера радиусом $R = 2,5$ м. С её верхней точки из состояния покоя соскальзывает маленькое тело. В некоторой точке тело отрывается от сферы и летит свободно. Найдите скорость тела в момент отрыва от сферы. Соппротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.

как задача оценивается?

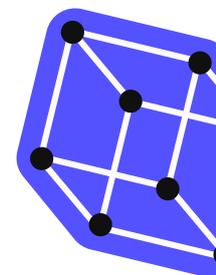
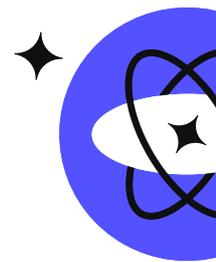
Задание оценивается по 2-м критериям:

- ✦ Критерий 1 оценивает обоснование возможности использования законов и закономерностей (1 балл).
- ✦ Критерий 2 – стандартные требования к оформлению расчетной задачи второй части (3 балла).

Итого: максимально можно получить 4 первичных балла.

как писать обоснование?

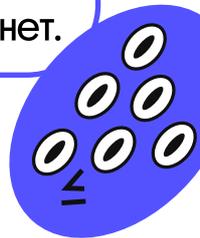
- 1 Заново прочитайте условие задачи.
- 2 Найдите в нем слова-ключи и подчеркните их.
- 3 На основе слов-ключей и физических законов сформулируйте обоснование.



* Слова-ключи – это подсказки от авторов, наводящие на решение задачи. Выделим слова-ключи в задаче из примера:

На горизонтальной поверхности неподвижно закреплена абсолютно гладкая полусфера радиусом $R = 2,5$ м. С её верхней точки из состояния покоя соскальзывает маленькое тело. В некоторой точке тело отрывается от сферы и летит свободно. Найдите скорость тела в момент отрыва от сферы. Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.

Найденные слова-ключи: абсолютно гладкая поверхность, из состояния покоя, маленькое тело, отрыв, свободное падение, сопротивления воздуха нет.



Теперь на основе найденных слов-ключей сформируем обоснование:

- 1) Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
- 2) Так как по условию задачи дано маленькое тело, то его можно рассматривать как материальную точку.
- 3) Тело начинает движение из состояния покоя, значит его начальная скорость равна 0.
- 4) Сопротивлением воздуха можно пренебречь, а сфера имеет абсолютно гладкую поверхность, следовательно трения при движении тела по сфере нет, поэтому его механическая энергия при движении по поверхности сферы сохраняется. (силы сопротивления и трения не вводим, записываем ЗСЭ).
- 5) Поскольку тело описывается моделью материальной точки, условие его отрыва от поверхности сферы 2-м законом Ньютона. В момент отрыва сила реакции опоры $N = 0$. (отрыв \rightarrow сила реакции опоры в момент отрыва $N=0$).

Мы видим, что каждому слову-ключу соответствует определенный пункт в обосновании к решению данной задачи. Таким образом, обоснование формируется путем анализа слов-ключей, найденных в тексте условия, и законов, применяемых для решения данной задачи.

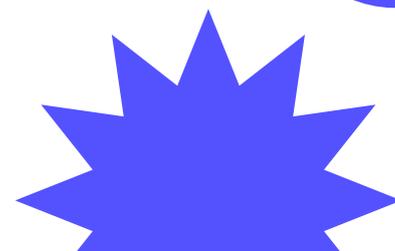
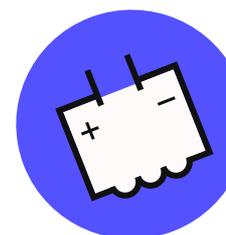
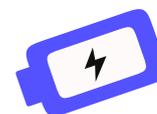
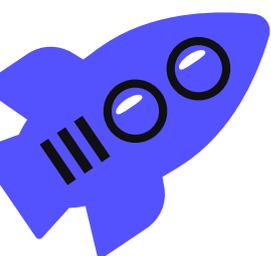


лайфхак:

Зачастую проще сначала решить задачу на черновике. Глядя на использованные при решении законы и формулы, распознать слова-ключи в условии становится намного легче. Поэтому рекомендуется сначала решить задачу на черновике и только потом начинать писать обоснование.

важно:

- 1 Чтобы ваше решение всей задачи выглядело красиво и логично, на «беловик» (листы КИМ) переписывается сначала обоснование, а потом уже текст решения, как это и было сделано в авторском примере, приведенном выше.
- 2 Приведенные слова-ключи не всегда встречаются в тексте условий задач в том виде, в котором они приведены в данном пособии. Приведенные слова отражают лишь общий смысл фраз, которые нужно искать.
- 3 Например, существуют следующие аналоги слова-ключа «гладкая поверхность»: абсолютно гладкое тело, коэффициент трения отсутствует / пренебрежимо мал, трения нет, потери на трение пренебрежимо малы.



дано:

$$R = 2,5 \text{ м}$$

$$v_0 = 0$$

найти:

v - ?

обоснование:

- ① Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
- ② Так как по условию задачи дано маленькое тело, то его можно рассматривать как материальную точку.
- ③ Тело начинает движение из состояния покоя, значит его начальная скорость равна 0.
- ④ Сопротивлением воздуха можно пренебречь, а сфера имеет абсолютно гладкую поверхность, следовательно трения при движении тела по сфере нет, поэтому его механическая энергия при движении по поверхности сферы сохраняется. [силы сопротивления и трения не вводим, записываем ЗСЭ].
- ⑤ Поскольку мы имеем дело с моделью материальной точки, условие его отрыва от поверхности сферы описывается 2-м законом Ньютона. В момент отрыва сила реакции опоры $N = 0$. [отрыв \rightarrow сила реакции опоры в момент отрыва $N = 0$].

решение:

- ① Запишем закон сохранения энергии для двух состояний тела [на вершине сферы и в момент отрыва]:

$$mgR = mg(R - h) + \frac{mv^2}{2}$$

где m – масса тела, v – скорость тела в момент отрыва.

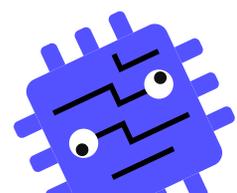
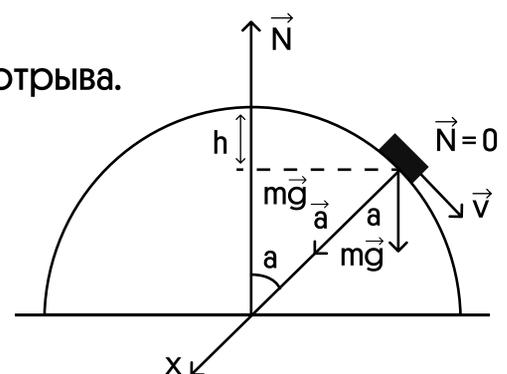
- ② Запишем в точке отрыва второй закон Ньютона в проекциях на ось x :

$$\frac{mv^2}{2} = mg \cos a$$

- ③ Используя [1], [2] и условие $\cos a = \frac{R-h}{R}$, получим: $h = \frac{R}{3}$, $\cos a = \frac{2}{3}$ и $v^2 = \frac{2gR}{3}$

$$v = \sqrt{\frac{2gR}{3}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 2,5}{3}} \approx 4 \text{ м/с}$$

ответ: $\approx 4 \text{ м/с}$



перечень слов-ключей:

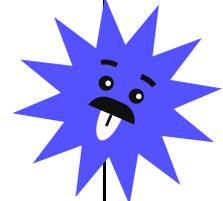
важно:

Существует огромное число вариаций задач и совокупностей условий, поэтому в данной таблице приведены только самые основные следствия, на которые указывают слова-ключи.



слово-ключ	пояснение	следствия
гладкая поверхность / трением пренебречь	трение при контакте указанных поверхностей отсутствует, то есть $F_{тр}=0, \mu = 0$.	<ul style="list-style-type: none"> ✦ сила трения не вводится на расчетную схему; ✦ записывается закон сохранения энергии (ЗСЭ), если нет других непотенциальных сил.
маленькое/небольшое тело	тело представляет собой материальную точку, то есть физическое тело, размерами и формой которого можно пренебречь.	<p>движение такого тела обычно описывается:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✦ 2-м законом Ньютона; ✦ формулами кинематики [равномерное и равнопеременное движение, свободное падение, баллистика].
отрыв	рассматривается отрыв тела 1 [как правило, это мат. точка] от поверхности тела 2.	<ul style="list-style-type: none"> ✦ в момент отрыва сила реакции опоры $N = 0$; ✦ скорость и ускорение оторвавшегося тела в момент отрыва, как правило, не изменяются.
сопротивление воздуха пренебрежимо мало	сопротивление воздуха практически не влияет на движение тела, поэтому учитывать его при решении не нужно.	<ul style="list-style-type: none"> ✦ силу сопротивления воздуха вводить на расчетную схему не надо; ✦ записать ЗСЭ, если нет других непотенциальных сил.
твердое тело	тело, имеющее постоянные размеры и форму.	может быть употреблено для нескольких жестко соединенных тел,двигающихся как одно целое.
невесомое/легкое тело	тело, масса которого пренебрежимо мала.	при решении сила тяжести, действующая на невесомое тело, не учитывается.



слово-ключ	пояснение	следствия
тело вращается или движется поступатель- но/ равно- ускоренно/ равнозамед- ленно	задается характер движения конкретного тела.	используются формулы, характеризующие данный вид движения тела. 
упругий удар	соударение тел, после которого они продолжают двигаться отдельно друг от друга. 	<ul style="list-style-type: none"> ✦ тела после удара двигаются отдельно друг от друга; ✦ угол падения тела 1 на тело 2 всегда равен углу отражения. модуль скорости тела 1 при этом не изменяется; ✦ для 2-х тел записывается ЗСИ в виде проекций на ось: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2$ ✦ для 2-х тел записывается ЗСЭ в виде: $\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}$
неупругий удар	соударение тел, после которого они продолжают двигаться как одно целое. к неупругому удару относятся слипание и застревание	<ul style="list-style-type: none"> ✦ тела после удара двигаются отдельно друг от друга; записывается зси в виде проекций на ось: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u$ ✦ механическая энергия при этом не сохраняется => записывается закон изменения полной механической или кинетической энергии.
идеальный / легкий блок	блок, в котором нет трения и который не имеет массы	наличие такого блока не требует введения дополнительных сил или моментов.
невесомая/ легкая и/или нерастяжимая нить	идеальная невесомая и недеформируемая натянутая нить, которая передает параметры движения [скорость и ускорение] без изменения	для связанных справедливы соотношения: <ul style="list-style-type: none"> ✦ $T_1 = T_2$ [модули сил натяжения]; ✦ $v_1 = v_2$ [скорости связанных тел]; ✦ $a_1 = a_2$ [ускорения связанных тел].

слово-ключ	пояснение	следствия
система находится в равновесии	все силы и моменты, действующие на тело или на систему тел компенсируют друг друга. система/ тело покоится или движется равномерно и прямолинейно.	<ul style="list-style-type: none"> ✦ записать 2 закон Ньютона при $a = 0$; ✦ записать условие равновесия тела для сил и/или моментов.
шарнирно закреплено	на расчетной схеме присутствует шарнир (шарик или жирная точка).	<ul style="list-style-type: none"> ✦ возникают опорные реакции; ✦ почка, относительно которой можно записывать правило моментов.
однородное тело	тело, все свойства которого одинаковы по всему его объему.	любая часть такого тела одинаково воспринимает воздействие одних и тех же сил или полей и имеет одинаковые свойства.
сжатая/растянутая пружина	деформированное упругое тело.	энергия сжатой или растянутой пружины может понадобиться при составлении ЗСЭ или ЗИЭ [закона изменения энергии].
состояние покоя	тело не двигается.	<ul style="list-style-type: none"> ✦ скорость тела $v = 0$; ✦ равнодействующая всех сил, действующих на тело, меньше силы трения покоя.
легкий поршень	поршень, масса которого пренебрежимо мала.	масса поршня в решении не учитывается.
подвешен на нити/на пружине	характеризуется положение тела в пространстве.	вводится сила натяжения нити T или упругости пружины $F_{упр}$.
тело плавает в жидкости	тело именно плавает на поверхности жидкости, а не погружено в неё.	записывается условие плавания тел: $Mg = F_{Архимеда}$
тело полностью/частично погружено в жидкость	характеризуется степень погружения тела в жидкость.	<ul style="list-style-type: none"> ✦ при полном погружении объем погруженной части равен объему тела, а сила архимеда приложена к его центру масс; ✦ при частичном погружении объем погруженной части меньше объема тела, а сила архимеда приложена к центру масс погруженной части.



слово-ключ	пояснение	следствия
тело совершает мертвую петлю	задача с телом, выполняющим мертвую петлю (замкнутую петлю в вертикальной плоскости).	особенности: <ul style="list-style-type: none"> ✦ траектория движения – окружность; ✦ появляется центростремительное ускорение; ✦ использование ЗСЭ или ЗИЭ; ✦ движение тела описывается 2-м законом Ньютона; ✦ в верхней точке сила реакции опоры выражается так: $N = m(a_{ц} - g)$
маятник совершает полный оборот	как правило, речь о задачах, где просят найти минимальную скорость маятника для совершения полного оборота	особенности: <ul style="list-style-type: none"> ✦ использование ЗСЭ Или ЗИЭ; ✦ движение тела описывается 2-м законом Ньютона; ✦ в верхней точке (и только в ней!) сила натяжения нити $T = 0$; ✦ появляется центростремительное ускорение.
требуется найти силу, с которой опора действует на тело	допустим, нужно найти силу, с которой стакан действует на стоящую в нем палочку	обязательно использовать 3-й закон Ньютона.

