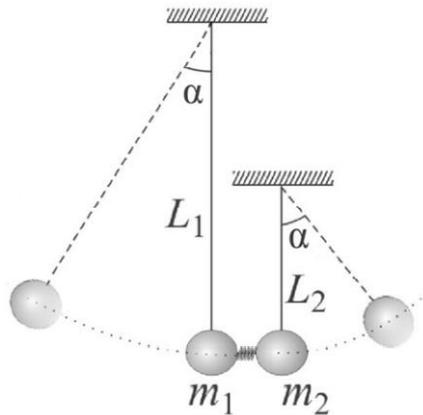


Пример задания 30 (КИМ ЕГЭ 2023)

Тема: Законы сохранения в механике

Два шарика, подвешены на вертикальных тонких нитях так, что они находятся на одной высоте. Между шариками находится сжатая и связанная нитью лёгкая пружина (см. рисунок). При пережигании связывающей нити пружина распрямляется, расталкивает шарики и падает вниз. В результате нити отклоняются в разные стороны на одинаковые углы. Определите отношение масс шариков m_2/m_1 , если левая нить в 2 раза длиннее правой. Считать величину сжатия пружины во много раз меньше длины нитей.

Какие законы Вы использовали для описания взаимодействия тел? Обоснуйте их применимость для описания взаимодействия тел.



Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанную с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

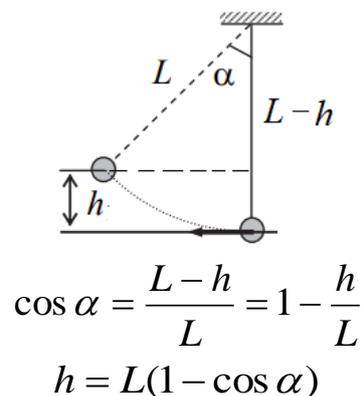
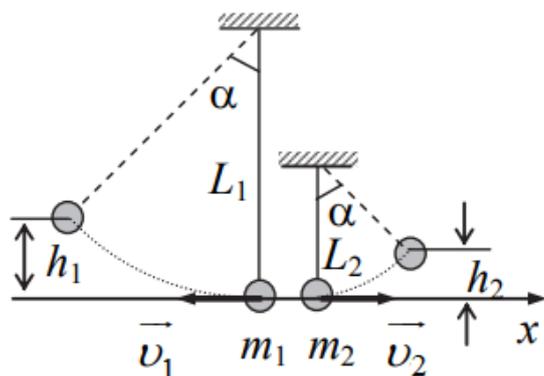
2. Шарик будем считать материальными точками, т.к. их размерами можно пренебречь по сравнению с длиной нитей.

3. При пережигании нити пружина толкает оба шарика, действуя на них силой упругости. Сила тяжести mg и сила натяжения T (внешние силы, действующие на систему двух шариков), направлены вертикально \Rightarrow их проекция на ось Ox равна нулю \Rightarrow сохраняется горизонтальная проекция импульса системы шариков, так как импульс легкой пружины пренебрежимо мал (масса мала):

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t = (m\vec{g} + \vec{T})\Delta t, \text{ если } F_x = 0, \text{ то } p_x = \text{const.}$$

4. Изменение механической энергии тела в ИСО равна работе всех непотенциальных сил, приложенных к нему. В процессе движения шариков до высоты h_1 и h_2 на каждый из них действуют потенциальная сила тяжести mg и сила натяжения нити T . Работа непотенциальной силы натяжения T при этом перемещении равна нулю, так как вектор силы натяжения перпендикулярен скорости шарика в любой точке траектории. Следовательно, при этом сохраняется закон сохранения механической энергии для каждого шарика:

$$\Delta E = A_{\text{непот}} = 0 \quad \Rightarrow \quad E = E_k + E_p = \text{const.}$$



Возможное решение

Дано:

$$L_1 = 2L_2$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$$

$$\frac{m_2}{m_1} = ?$$

Решение:

После пережигания нити пружина распрямится и сообщит шарикам начальные скорости v_1 и v_2 .

Запишем закон сохранения импульса для системы шариков в проекциях на ось Ox :

$$0 = m_2 v_2 - m_1 v_1.$$

Следовательно, искомое отношение масс шариков можно найти по формуле:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1}{v_2}.$$

Для описания дальнейшего движения каждого шарика запишем закон сохранения механической энергии:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h_1 = m_1 g L_1 (1 - \cos \alpha), \quad \frac{v_1^2}{2} = g L_1 (1 - \cos \alpha) \quad (1)$$

$$\frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 g h_2 = m_2 g L_2 (1 - \cos \alpha), \quad \frac{v_2^2}{2} = g L_2 (1 - \cos \alpha) \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)}: \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^2 = \frac{L_1}{L_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \sqrt{\frac{2L_2}{L_2}} = \sqrt{2} \approx 1,4.$$

Ответ: $m_2/m_1 \approx 1,4$

| Критерии оценивания выполнения заданий | | Баллы |
|--|--|-------|
| Критерий 1 | | |
| Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: выбор ИСО, модель материальной точки, условия применимости законов сохранения импульса и сохранения механической энергии) | | 1 |
| В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка | | 0 |
| ИЛИ | | |
| Обоснование отсутствует. | | |

| Критерий 2 | |
|--|----------|
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>законы сохранения импульса и сохранения механической энергии для каждого из двух шариков</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p> | 3 |
| <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p> | 2 |
| <p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p> | 1 |
| <p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p> | 0 |