



$\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \mp \sin A \sin B$

$\cos^2 A = \sin^2 A$

$y = x^2 + 2x + 1$

$\lim_{x \rightarrow a} f(x)$

a closed interval

is a non-

open interval (a,

$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a)$

ЕГЭ-2023 по физике

Задание №30. Как писать обоснование на полный балл?

$= \frac{v^2 \sin^2 A}{2g}$

$\sum_{i=1}^{\infty} x_i = \Psi(x)$

Преподаватель: Бегунов Михаил Игоревич



vk.com/ege_phys

Задание №30

30	Решать расчётные задачи с неявно заданной физической моделью с использованием законов и формул из одного-двух разделов курса физики, обосновывая выбор физической модели для решения задачи	2.6	1	В	4
----	---	-----	---	---	---

Применять полученные знания для решения физических задач

Механика

Высокий уровень сложности

4 первичных балла

Критерии оценивания выполнения задания				Баллы
Критерий 1				
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей).				1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов.	ИЛИ			0
В обосновании допущена ошибка.	ИЛИ			
Обоснование отсутствует				

Примечание. На ЕГЭ-2023 рисунок в решении задания №30 является частью обоснования.

Обоснование применимости законов динамики

1) **II закон Ньютона** применяется только для материальных точек, движущихся относительно ИСО.

Тело можно принять за материальную точку, если оно:

- 1) имеет пренебрежимо малые размеры (*небольшое тело*);
- 2) движется поступательно.

ИСО: земля, любая СО, которая покоится или движется равномерно прямолинейно относительно земли или другой ИСО

2) **III закон Ньютона** применяется для взаимодействия тел только в ИСО.

~~3)~~ **Закон Амонтона-Кулона** ($F_{\text{тр}} = \mu N$) применяется при трении скольжения. Сила трения покоя: $F_{\text{тр.п.}} \leq \mu N$.

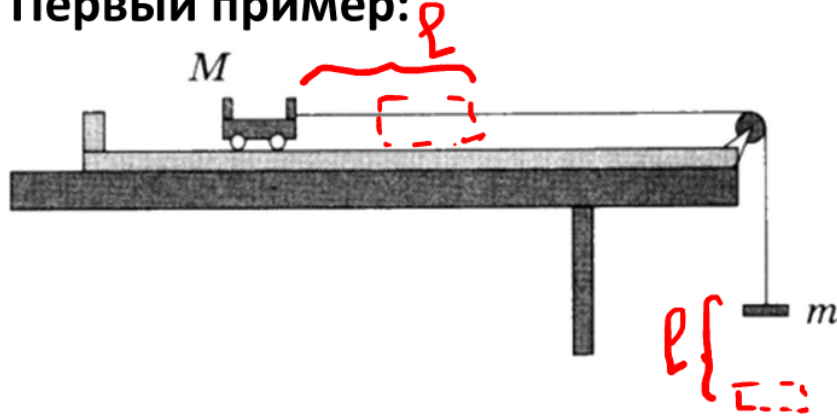
~~4)~~ **Закон Гука** ($F_{\text{упр}} = k\Delta l$) применяется только при упругих деформациях.

5) Если нить, соединяющая тела, невесомая, значит, сила натяжения везде распределена одинаково.

6) Если нить нерастяжима, это значит, что ее длина не изменяется. Это позволяет сравнить ускорения движущихся тел, с помощью которой они связаны.

Нерастяжимость нити

Первый пример:

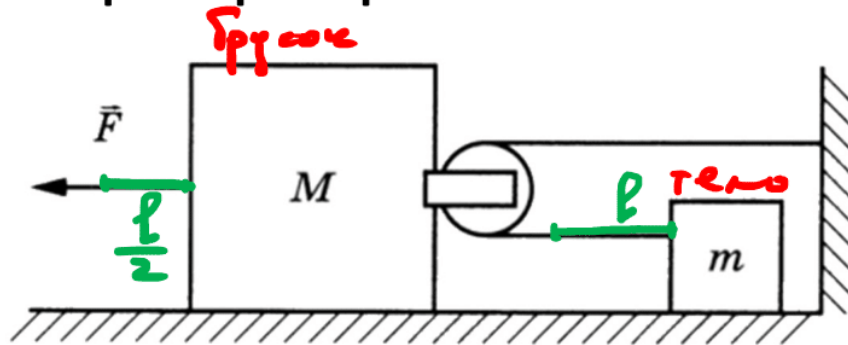


$$l = \frac{a_r \cdot t^2}{2}$$

$$l = \frac{a_r \cdot t^2}{2}$$

$$\underline{a_r = a_r}$$

Второй пример:



Ускорение подвижного блока, а значит, и бруска массой M , в 2 раза меньше ускорения тела массой m , т.к. за одно и то же время перемещение тела в 2 раза больше перемещения бруска: $a_m = 2a_M$.

$$\frac{l}{2} = \frac{a_m \cdot t^2}{2}$$

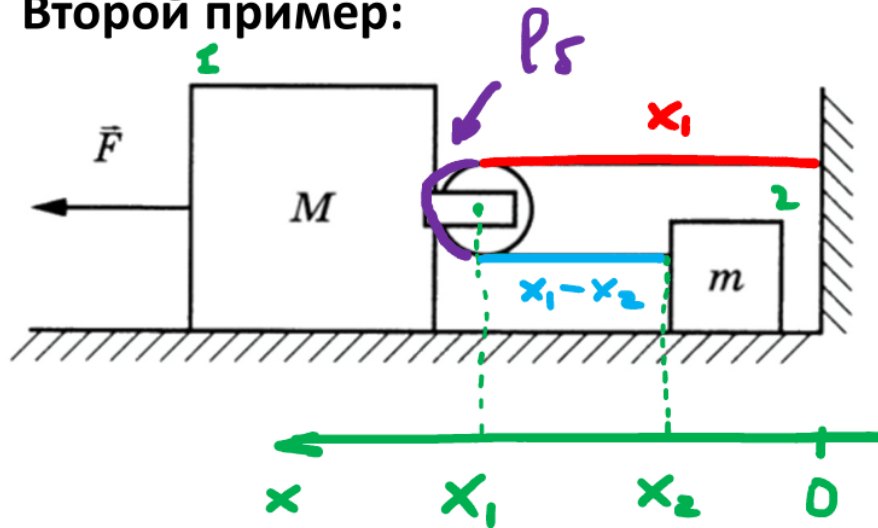
$$l = \frac{a_m \cdot t^2}{2}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{a_m \cdot t^2}{2} = \frac{a_m \cdot t^2}{2}$$

$$\underline{a_m = 2a_m}$$

Нерастяжимость нити

Второй пример:



$$l = x_1 + x_1 - x_2 + l_5$$

$$\underbrace{l - l_5}_{const} = \underbrace{2x_1 - x_2}_{-----}$$

$$(l - l_5)'_t = 0 :$$

$$(2x_1 - x_2)'_t = 0$$

$$2 \cdot v_{1x} - v_{2x} = 0$$

$$(2v_{1x} - v_{2x})'_t = 0 : \quad 2a_{1x} - a_{2x} = 0$$

$$a_{2x} = 2a_{1x}$$

$$\boxed{a_m = 2a_M}$$

Обоснование применимости законов сохранения в механике

- 1) **ЗСЭ** применяется в условиях, при которых выполняется второй закон Ньютона (только для материальных точек, движущихся относительно ИСО).
- 2) **Закон сохранения полной механической энергии** применяется, когда на тело действуют только консервативные силы и/или силы, работа которых равна 0.

Консервативные силы: сила тяжести, сила упругости ($F_{\text{упр}} = k\Delta l$).

При движении тела работа некоторой силы $\vec{F}$ равна 0, если $\vec{F} \perp \vec{v}$.

Обязательно указывать уровень, для которого потенциальная энергия считается равной 0.

- 3) Если работа неконсервативных сил не равна 0, можно применять:

а. Закон изменения полной механической энергии

$$\begin{aligned} E_1 + A &= E_2 \\ \Delta E &= A \end{aligned}$$

Работа только неконсервативных сил

б. Теорему об изменении кинетической энергии

$$\begin{aligned} E_{\text{к}1} + A &= E_{\text{к}2} \\ \Delta E_{\text{к}} &= A \end{aligned}$$

Работа всех сил (равнодействующей)

Обоснование применимости законов сохранения в механике

- 1) **ЗСИ** применяется в условиях, при которых выполняется второй закон Ньютона (только для материальных точек, движущихся относительно ИСО).
- 2) **Закон сохранения импульса системы тел** применяется в замкнутой системе (в которых действуют только внутренние силы и/или внешние, сумма которых равна 0).

Границы применимости (применение ЗСИ в незамкнутых системах):

- при быстропротекающих процессах;
- проекция суммы внешних сил равна 0.

При абсолютно неупругом ударе тела после взаимодействия двигаются вместе как единое целое. При этом ЗСЭ не выполняется.

При **абсолютно упругом ударе** выполняется ЗСКЭ.

30

Небольшое тело массой $M = 0,99$ кг лежит на вершине гладкой полусферы. В тело попадает пуля массой $m = 0,01$ кг, летящая горизонтально со скоростью $v_0 = 200$ м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите радиус сферы, если высота, на которой тело оторвётся от поверхности полусферы, $h = 0,8$ м. Высота отсчитывается от основания полусферы.

Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.

Дано:

$$M = 0,99 \text{ кг}$$

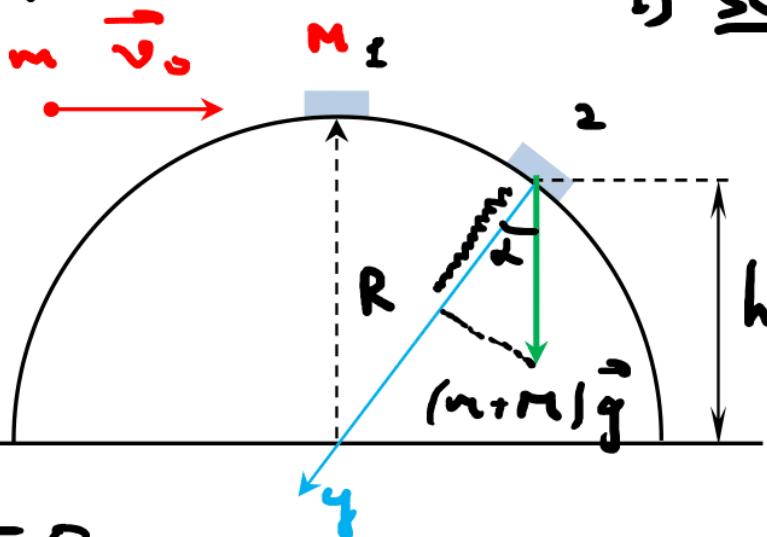
$$m = 0,01 \text{ кг}$$

$$v_0 = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$R = ?$$

Решение:



$$E_n = 0$$

$$1) \text{ ЗСЧ: } m v_0 = (m + M) \cdot v$$

$$v = \frac{m v_0}{m + M}$$

$$2) (m + M) g R + \frac{(m + M) \cdot v^2}{2} = (m + M) g h + \frac{(m + M) \cdot u^2}{2}$$

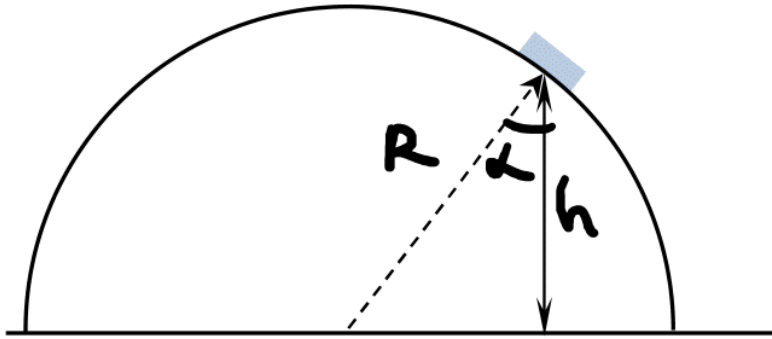
$$g R + \frac{v^2}{2} = g h + \frac{u^2}{2} \quad \checkmark$$

$$3) (m + M) \cdot \vec{g} = (m + M) \cdot \vec{a} \quad (N = 0, \text{ т.е. оторвалось}).$$

$$\underline{\text{От:}} \quad (m + M) \cdot g \cdot \cos \alpha = (m + M) \cdot a_{\text{ц.с.}}$$

$$a_{\text{ц.с.}} = g \cdot \cos \alpha$$

$$a_{\text{ц.с.}} = \frac{u^2}{R}$$



$$\cos \alpha = \frac{h}{R}$$

$$g \cdot \frac{h}{R} = \frac{v^2}{R}$$

$$v^2 = gh$$

$$4) \quad gR + \frac{v^2}{2} = gh + \frac{gh}{2}$$

$$R + \frac{v^2}{2g} = \frac{3}{2}h$$

$$R = \frac{1}{2} \left(3h - \frac{v^2}{g} \right)$$

$$R = \frac{1}{2} \left(3h - \left(\frac{mv_0}{m+M} \right)^2 \cdot \frac{1}{g} \right) = \underline{1 \text{ м}}$$

Ответ: 1 м.

Обоснование:

- 1) Тело массой M – небольшое. Т.к. пуля застревает в нем, то ее размеры еще меньше. Значит, мы можем их считать материальными точками. Рассмотрим их движение в системе отсчета, связанной с Землей, которую можно считать инерциальной (ИСО).
- 2) В ИСО при взаимодействии тел в замкнутой системе выполняется закон сохранения импульса. На систему тел « $m + M$ » действуют следующие внешние силы: силы тяжести и сила нормальной реакции опоры. Их сумму не равна 0, система тел незамкнутая, но они имеют вертикальное направление. Следовательно система будет замкнута по горизонтали, т.е. выполняется закон сохранения импульса в проекции на горизонтальное направление.
- 3) При движении тел от точки 1 к точке 2 в ИСО будет выполняться закон сохранения полной механической энергии, т.к. на систему действуют сила тяжести (она консервативная), сила нормальной реакции опоры (ее работа равна 0, т.к. она в любой момент времени будет перпендикулярна вектору скорости), а трения нет, т.е. полусфера гладкая.
- 4) Для движения системы в точке 2 в ИСО выполняется второй закон Ньютона. Т.к. тело открывается, то опора не будет действовать на него ($N=0$). Спроецируем уравнение второго закона Ньютона на ось Y , которая идет от тела к центру полусферы, проекция полного ускорения на нее будет равна центростремительному ускорению.

Обоснование применимости законов статики

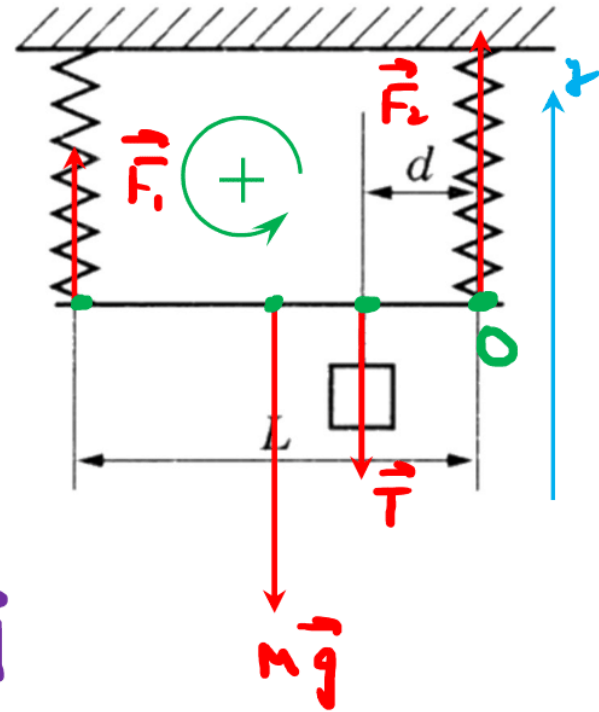
Условия равновесия (условия отсутствия поступательного и вращательного движения) применяются для абсолютно твердых тел в ИСО.

Абсолютно твердое тело (АТТ) – тело, расстояние между двумя любыми точками которого не изменяется.

Обязательно указывать ось, по отношению к которой записывается правило моментов.

1

К двум вертикально расположенным пружинам одинаковой длины подвесили однородный стержень длиной $L = 30$ см. Если к этому стержню подвесить груз массой $m = 3$ кг на расстоянии $d = 5$ см от правой пружины, то стержень будет расположен горизонтально, и растяжения обеих пружин будут одинаковы (см. рисунок). Жёсткость левой пружины в 2 раза меньше, чем правой. Чему равна масса стержня M ? Сделайте рисунок с указанием используемых в решении сил.

**Дано:****Решение:**

$$L = 0,3 \text{ м}$$

$$m = 3 \text{ кг}$$

$$d = 0,05 \text{ м}$$

$$k_2 = 2k_1$$

$$\Delta l_1 = \Delta l_2$$

$$M = ?$$

$$1) \quad M\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$$

$$m\vec{g} + \vec{T}' = \vec{0}$$

$$\text{ОУ: } -Mg - T + F_1 + F_2 = 0$$

$$-mg + T' = 0 \Rightarrow T' = mg, \quad T = T'$$

$$-Mg - mg + F_1 + F_2 = 0$$

$$F_1 = k_1 \cdot \Delta l_1$$

$$F_2 = k_2 \cdot \Delta l_2 = 2k_1 \cdot \Delta l_1 = 2F_1$$

$$-Mg - mg + 3F_1 = 0$$

$$3F_1 = Mg + mg \Rightarrow F_1 = \frac{1}{3} (Mg + mg)$$

$$2) \quad M_{Nq} + M_T + M_{F_1} + M_{F_2} = 0$$

$$\underline{O}: \quad M_{F_1} = -F_1 \cdot L \quad M_{F_2} = 0 \quad (\ell_{F_2} = 0)$$

$$M_{Nq} = + Nq \cdot \frac{L}{2} \quad M_T = + T \cdot d = mgd$$

$$- F_1 \cdot L + \frac{1}{2} Nq L + mgd = 0$$

$$- \frac{1}{3} (M+m) g L + \frac{1}{2} Nq L + mgd = 0 \quad | : g \times 6$$

$$- 2(M+m)L + 3NL + 6md = 0$$

$$\underline{- 2ML - 2mL + 3ML + 6md = 0}$$

$$NL = 2m(L - 3d) \quad | : L$$

$$\boxed{M = 2m \cdot \left(1 - \frac{3d}{L}\right)} = \underline{3 \text{ кг}}$$

Ответ: 3 кг.

Обоснование:

- 1) Т.к. расстояние между двумя любыми точками стержня постоянно, то его можно считать абсолютно твердым телом (АТТ). Рассмотрим его равновесие в системе отсчета, связанной с Землей, ее можно считать инерциальной (ИСО).
- 2) ИСО движение любого АТТ является суперпозицией поступательного и вращательного движения. Данный стержень находится в равновесии, значит, он не двигается ни поступательно, ни вращательно.
- 3) Условие отсутствия поступательного движения: в ИСО сумма сил, приложенных к стержню, равна 0.
- 4) Условие отсутствия вращательного движения: в ИСО сумма моментов сил, приложенных к стержню, равна 0. В качестве оси вращения будем использовать ось, которая проходит через точку О перпендикулярно плоскости рисунка.
- 5) Т.к. груз массой m покоится, то сумма сил, приложенных к нему в ИСО, будет равна 0. Т.к. нить невесомая, то $T = T'$.