

УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ЛЕТНЯЯ ШКОЛА

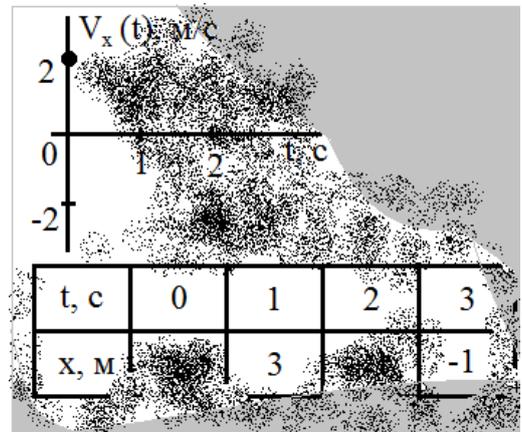
ИТОГОВАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ФИЗИКА

30 июня 2012 года

РАЗБОР

1. Лицеист ставил в лаборатории опыты по изучению движения под действием постоянной силы. Но, оформляя результаты работы, он случайно пролил газировку на свои записи, поэтому сохранилась только часть результатов, а именно, часть графика зависимости проекции скорости тела на ось Ox от времени и часть таблицы «Зависимость координаты тела от времени» (см.рис.). Кроме того, он помнил, что модуль силы, приложенной к телу был равен $F = 4 \text{ Н}$. Используя сохранившиеся данные, найдите проекцию ускорения тела на ось Ox и его массу. Укажите направление силы. Ось Ox проведена вдоль прямой, по которой движется тело в направлении начальной скорости тела.



РЕШЕНИЕ:

Из сохранившегося фрагмента графика зависимости проекции скорости тела на ось Ox от времени определяем начальную скорость

$$V_{0x}(t) = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (1 \text{ балл})$$

Запишем зависимость координаты тела от времени для равноускоренного движения

$$x(t) = x_0 + V_{0x} \cdot t + \frac{a_x t^2}{2}. \quad (1 \text{ балл})$$

Здесь x_0 – начальная координата тела, a_x – проекция ускорения на ось Ox .

Из сохранившейся части таблицы определяем координаты тела в моменты времени 1 с и 3 с:

$$\begin{aligned} x(1) &= 3 \text{ м}; \\ x(3) &= -1 \text{ м}. \end{aligned} \quad (2 \text{ балла})$$

Тогда имеем систему уравнений

$$\begin{cases} 3 = x_0 + 2 \cdot 1 + \frac{a_x \cdot 1^2}{2}; \\ -1 = x_0 + 2 \cdot 3 + \frac{a_x \cdot 3^2}{2}. \end{cases} \quad (1 \text{ балл})$$

Решая систему уравнений, определим проекцию ускорения тела на ось ОХ

$a_x = -2 \frac{m}{c^2}$ (2 балла). Знак «-» означает, что ускорение тела, а, следовательно, и сила направлены против оси ОХ. (1 балл) . Масса тела легко определяется из второго закона Ньютона

$$F_x = m \cdot a_x \Rightarrow m = \frac{F_x}{a_x}; m = \frac{-4}{-2} = 2 \text{ кг}. \quad (2 \text{ балла})$$

2. Лифт, в котором находится тело массой m , движется вверх (вниз) с ускорением $2g$, где g – ускорение свободного падения. Определите силу давления тела на пол и потолок в обоих случаях.

РЕШЕНИЕ:

Если лифт движется с ускорением $a = 2g$, направленным вверх, то тело находится на полу и давит на него с силой $F_{\text{пол}} = m(a + g)$; $F_{\text{пол}} = 3mg$, сила давления на потолок при этом равна 0. (5 баллов)

Если лифт движется с ускорением $a = 2g$, направленным вниз, то тело находится на потолке и давит на него с силой $F_{\text{потолок}} = m(a - g)$; $F_{\text{потолок}} = mg$, сила давления на пол равна нулю. (5 баллов)

3. Тело массой m движется по наклонной плоскости. Коэффициент трения скольжения равен k , угол наклона плоскости к горизонту равен $\alpha = 30^\circ$. Силу трения скольжения, действующую на тело, обозначим F_1 . То же тело движется по горизонтальной поверхности с коэффициентом трения скольжения $\frac{1}{2}k$, силе трения в этом случае обозначим F_2 . Найдите отношение $\frac{F_1}{F_2}$.

РЕШЕНИЕ:

Пусть тело находится на наклонной плоскости. Сила трения скольжения равна

$$F_1 = kN_1.$$

Так как сила нормальной реакции опоры $N_1 = mg \cdot \cos \alpha$, то сила трения скольжения при движении по наклонной плоскости равна

$$F_1 = kN_1 = kmg \cdot \cos \alpha. \quad (5 \text{ баллов})$$

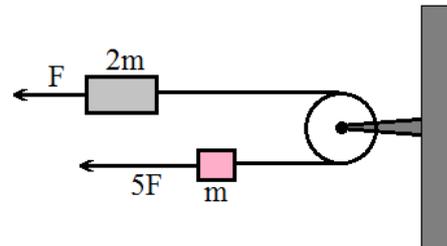
Если же тело движется по горизонтальной плоскости, то сила трения скольжения равна

$$F_2 = \frac{k}{2} mg . \text{ (3 балла)}$$

Отношение $\frac{F_1}{F_2}$ равно

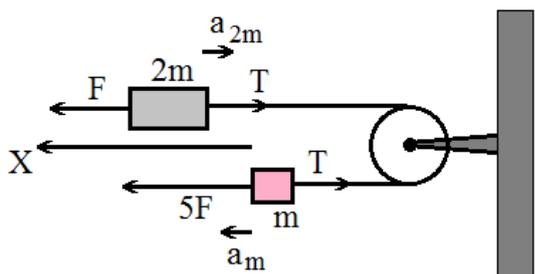
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{kmg \cdot \cos\alpha}{\frac{k}{2} mg} = \sqrt{3} \quad \text{(2 балла)}$$

4.а. На тело массой $2m$ действует горизонтальная сила F , на тело массой m действует горизонтальная сила $5F$. Нить невесома и нерастяжима, её участки, прикреплённые к телам остаются горизонтальными. Блок невесом и прикреплён к неподвижной стене. Определить ускорения тел и силу натяжения нити.



РЕШЕНИЕ:

Расставим силы, действующие на тела, и запишем второй закон Ньютона для каждого из тел (2 балла), учтём также, что из-за нерастяжимости нити ускорения тел одинаковы по модулю, а сила натяжения нити T одинакова по



всей длине (блок невесом, трения в нём нет, нить невесома), получим систему уравнений

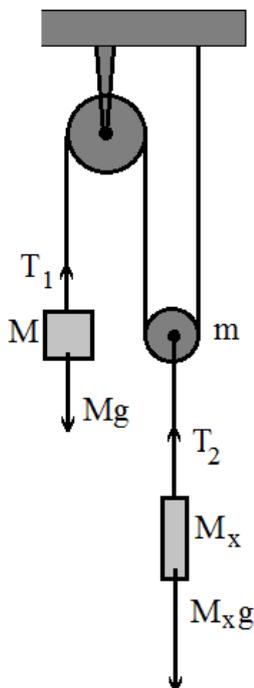
$$\begin{cases} ma = 5F - T; \\ 2ma = T - F. \end{cases} \quad \text{(2 балла)}$$

Сложив уравнения, получим ускорение тел

$$a = \frac{4F}{3m}. \quad \text{(3 балла)}$$

Зная ускорение тел, из любого уравнения определим силу натяжения нити

$$T = \frac{11}{3} F. \quad \text{(3 балла)}$$



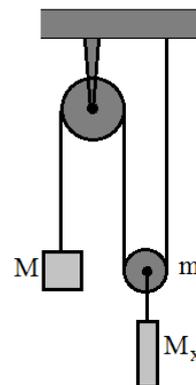
4.б. Система тел, связанных нитями, изображена на рисунке. Нить невесома и нерастяжима. Подвижный блок имеет массу m . Определить массу M_x тела, которое надо прикрепить к подвижному блоку, чтобы удерживать в покое тело массы M .

РЕШЕНИЕ:

Так как тело M неподвижно, то сила натяжения нити, прикреплённой к нему, равна

$$T_1 = Mg. \quad \text{(2 балла)}$$

Сила натяжения нити, прикреплённой к телу M_x , равна



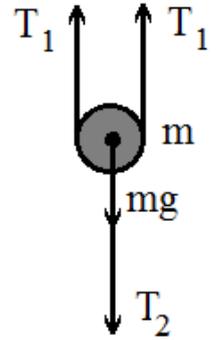
$$T_2 = M_x g. \quad (2 \text{ балла})$$

Рассмотрим силы, действующие на подвижный блок, и запишем условие его покоя

$$2T_1 = T_2 + mg. \quad (4 \text{ балла})$$

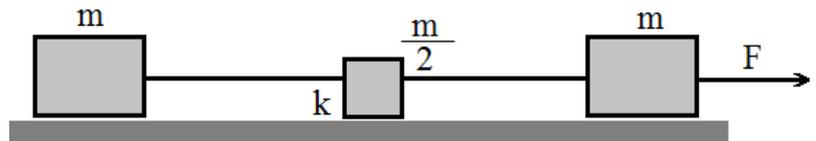
Подставим значения сил натяжения, получим значение неизвестной массы

$$\begin{aligned} 2M &= m + M_x; \\ M_x &= 2M - m. \end{aligned} \quad (2 \text{ балла})$$

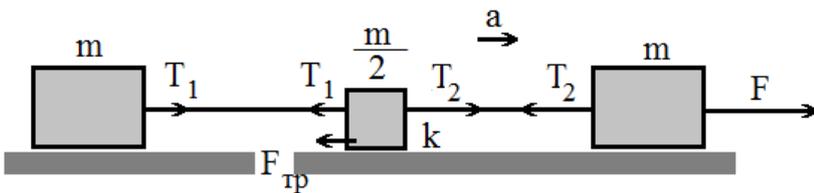


5.а. Тела масс m и $\frac{m}{2}$ связаны невесомыми нерастяжимыми нитями и помещены на горизонтальную поверхность. Тела масс m могут скользить по ней без трения, а для тела массы $\frac{m}{2}$ коэффициент трения скольжения равен k . На правое тело действует горизонтальная сила F такой величины, что система тел находится в движении. Определить ускорения тел.

РЕШЕНИЕ:



Так как тела связаны нерастяжимыми нитями, то ускорения тел одинаковы (1 балл). Силу натяжения левой нити обозначим T_1 , силу натяжения правой нити обозначим T_2 . Запишем



уравнения движения тел

левое тело: $ma = T_1;$ (1 балл)

среднее тело: $\frac{m}{2}a = T_2 - T_1 - F_{mp};$ (2 балла)

правое тело: $ma = F - T_2.$ (1 балл)

Так как сила трения, действующая на среднее тело, равна

$$F_{mp} = k \cdot \frac{m}{2} \cdot g, \quad (1 \text{ балл})$$

то получаем систему уравнений

$$\begin{cases} ma = T_1; \\ \frac{m}{2}a = T_2 - T_1 - \frac{1}{2}kmg; \\ ma = F - T_2. \end{cases}$$

Решив систему, определим ускорение тел

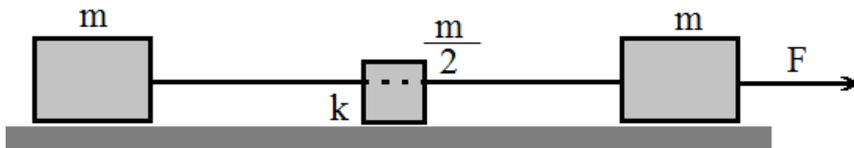
$$a = \frac{2F}{5m} - \frac{kg}{5}. \quad (2 \text{ балла})$$

Зная ускорение тел, определим силы натяжения нитей

$$T_1 = ma = \frac{2F}{5} - \frac{1}{5}kmg; \quad (3 \text{ балла})$$

$$T_2 = F - ma = \frac{3F}{5} + \frac{1}{5}kmg.$$

5.б. Тела масс m связаны невесомой нерастяжимой нитью, которая пропущена через сквозное горизонтальное

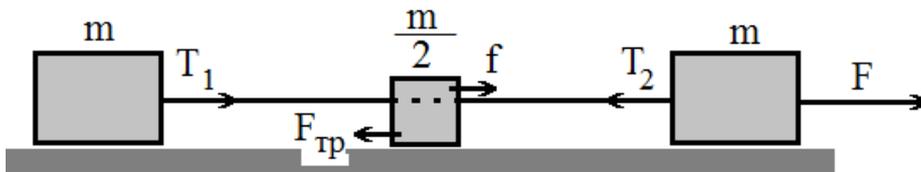


отверстие в теле массы $\frac{m}{2}$. При движении через

отверстие нить трётся о тело. Тела масс m могут скользить по столу без трения, а для тела массы $\frac{m}{2}$ коэффициент трения скольжения по столу равен k . На правое тело действует горизонтальная сила F такой величины, что среднее тело движется по столу равномерно. Определить ускорения тел массы m .

РЕШЕНИЕ:

Определимся сначала, чем эта задача отличается от предыдущей: связаны только левое и правое тела, поэтому они движутся с одинаковыми ускорениями, а тело



массой $\frac{m}{2}$ может при этом двигаться равномерно, так как к нити

оно не прикреплено.

Запишем уравнения движения левого и правого тела

левое тело: $ma = T_1;$

правое тело: $ma = F - T_2. \quad (1 \text{ балл})$

Здесь T_1 и T_2 – силы натяжения нитей в левой и правой частях соответственно. (разные силы натяжения – 1 балл). Разберёмся, какие силы действуют на среднее тело: сила трения скольжения $F_{тр}$ со стороны стола, направленная горизонтально влево и сила трения f со стороны нити, направленная вправо (нить тянет тело в направлении своего движения), так как тело движется равномерно, то

$$f = F_{тр}. \quad (2 \text{ балла})$$

Сила трения скольжения, действующая на среднее тело равна

$$F_{тр} = k \cdot \frac{m}{2} \cdot g. \quad (1 \text{ балл})$$

Чтобы записать соотношения между силами натяжения нити в левой и в правой частях, запишем уравнения движения нити (нить движется вправо с таким же ускорением a , что и крайние тела). На левую часть нити со стороны левого тела



действует сила $\vec{T}_1' = -\vec{T}_1$ (третий закон Ньютона), на правую часть нити со стороны правого тела действует сила $\vec{T}_2' = -\vec{T}_2$, поэтому уравнение движения нити выглядит так:

$$0 \cdot a = T_2 - f - T_1. \quad (3 \text{ балла})$$

При записи уравнения учтён тот факт, что масса нити равна нулю.

С учётом вышесказанного получим систему уравнений

$$\begin{cases} ma = T_1; \\ ma = F - T_2; \\ T_1 = T_2 - k \frac{m}{2} g. \end{cases}$$

Определим ускорение крайних тел

$$a = \frac{F}{2m} - \frac{1}{4} kg. \quad (2 \text{ балла})$$