ИНФОРМАЦИЯ

U:\phys\Для ФЗО_заочное обучение\КОНТРОЛЬНЫЕ (для АС571) ГЛАДКОВСКИЙ\

ЛЕКЦИЯ 1

МЕХАНИКА

Основная литература: Учебники

Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. – 7-е изд., стер. – М.: Высш. школа, 2003. – 542 с.: ил.

Литература для практических и домашних заданий

Гладковский В.И. Пособие для самостоятельной работы по курсу «Физика» (Учебно-методическое пособие) − Брест: Изд-во БрГТУ, 2009.– 98 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И.В. Савельев, Курс физики. ч.1;
2. А.А. Детлаф, Б.М.Яворский Курс физики.
3. Фейнмановские лекции по физике.

Контрольная работа №1, ЧАСТЬ 1

"*Кинематики, динамика и законы сохранения*"

Вариант 999

Система, показанная на рисунке, состоит из грузов массами m_1 и m_2, которые движутся поступательно. К грузам прикреплены невесомые нерастяжимые нити, перекинутые или намотанные на блоки масса-ми m_3 и m_4, которые могут без трения вращаться вокруг горизон тальных осей. Блок массой m_3 – сплошной цилиндр, а блок массой m_4 – ступенчатый цилиндр с радиусами ступеней r_4 и r_1 одинаковой высоты.

Дано:

m_1=7,0кг;

m_2=0,80кг;

α=30º ;

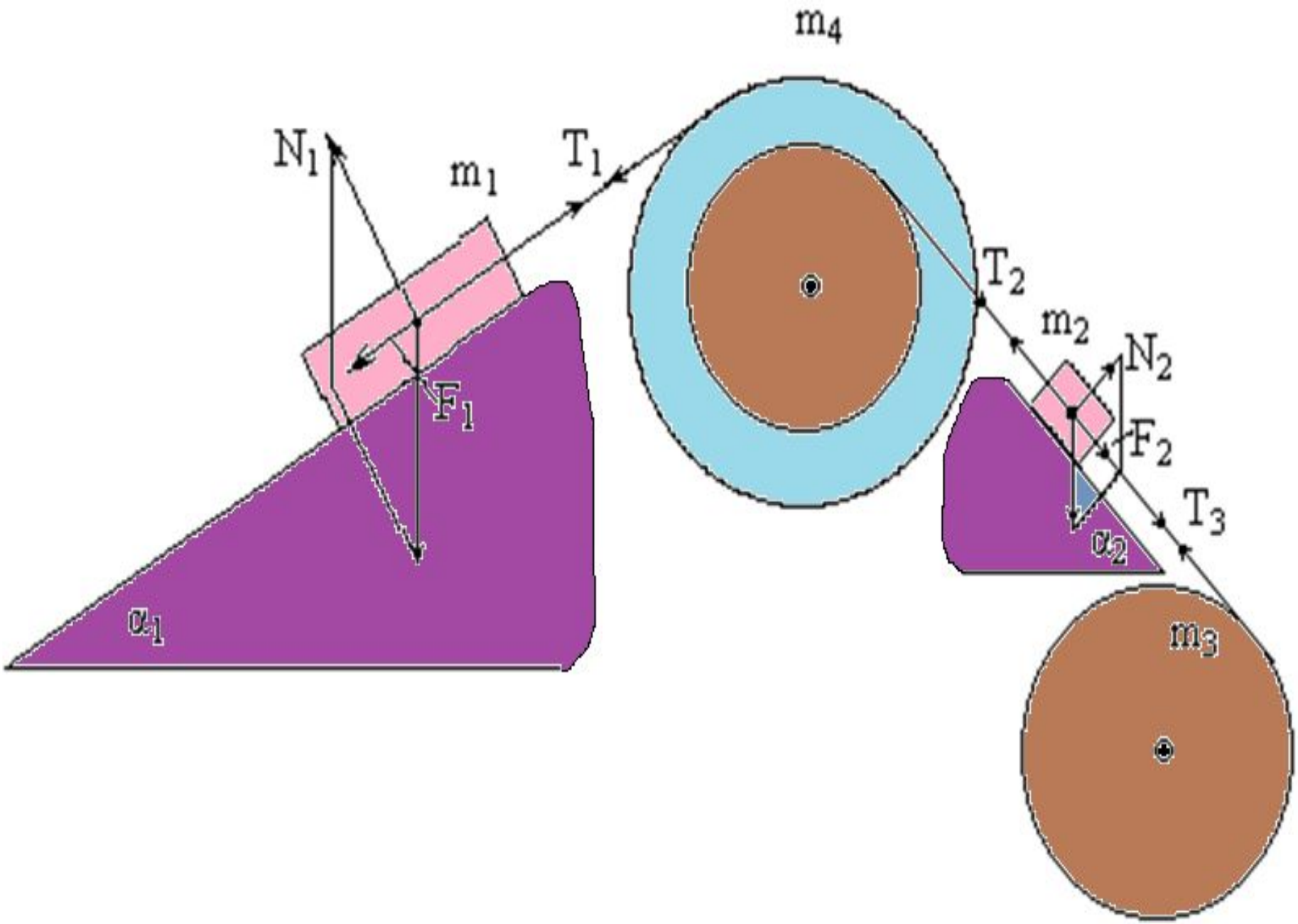
m_3=5,5кг;

m_4=3,4кг;

μ=0,40;

r_3=0.55 м; r_4=0,55 м;

R_4=1,25 м; т=0,55 с


m4
N1
m1
T1
T2
m2
N2
F1
F2
T3
α2
α1
m3

Система начинает движение из состояния покоя. Считая, что все нити и участки плоскостей имеют достаточную длину, выполнить следующие задания:

1). Найти ускорения грузов массами m1 и m2 и угловые ускорения блоков ε3, ε4. Принять r3=r4.

2). Найти силы натяжения всех нитей.

3). Найти силы реакции осей обоих блоков.

4). Найти скорости грузов, угловые скорости блоков и пути, пройденные грузами спустя время τ после начала движения.

5). Используя кинематические формулы, найти ускорение точки на внешнем радиусе блока m4 спустя время τ после начала движения по величине и направлению, если вначале эта точка находится в крайнем нижнем положении.

6). Найти относительную скорость грузов m1 и m2 по величине и направлению в указанный момент.

7). Используя закон изменения механической энергии, найти другим способом ускорения, скорости грузов, угловые ускорения и скорости блоков.

РЕШЕНИЕ:

1-2. Найдем ускорения грузов и силы натяжения нитей.

Определим направление движения системы, которая находится од действием сил тяжести грузов m1 и m2. Момент силы m_2g на блоке 4 равен, $m_2gr_4\sin(\alpha+15^o)=0{,}80кг*10м/с^2*0{,}55м/\sqrt{2}=6.25Нм$. Момент силы от массы m1 на том же блоке равен $m_1g\sin(\alpha)R4$ оказывается существенно больше. Следовательно, груз m2 будет двигаться вверх, а m1 - вниз по наклонным плоскостям. При этом сила трения будет действовать против движения грузов.

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m1, реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

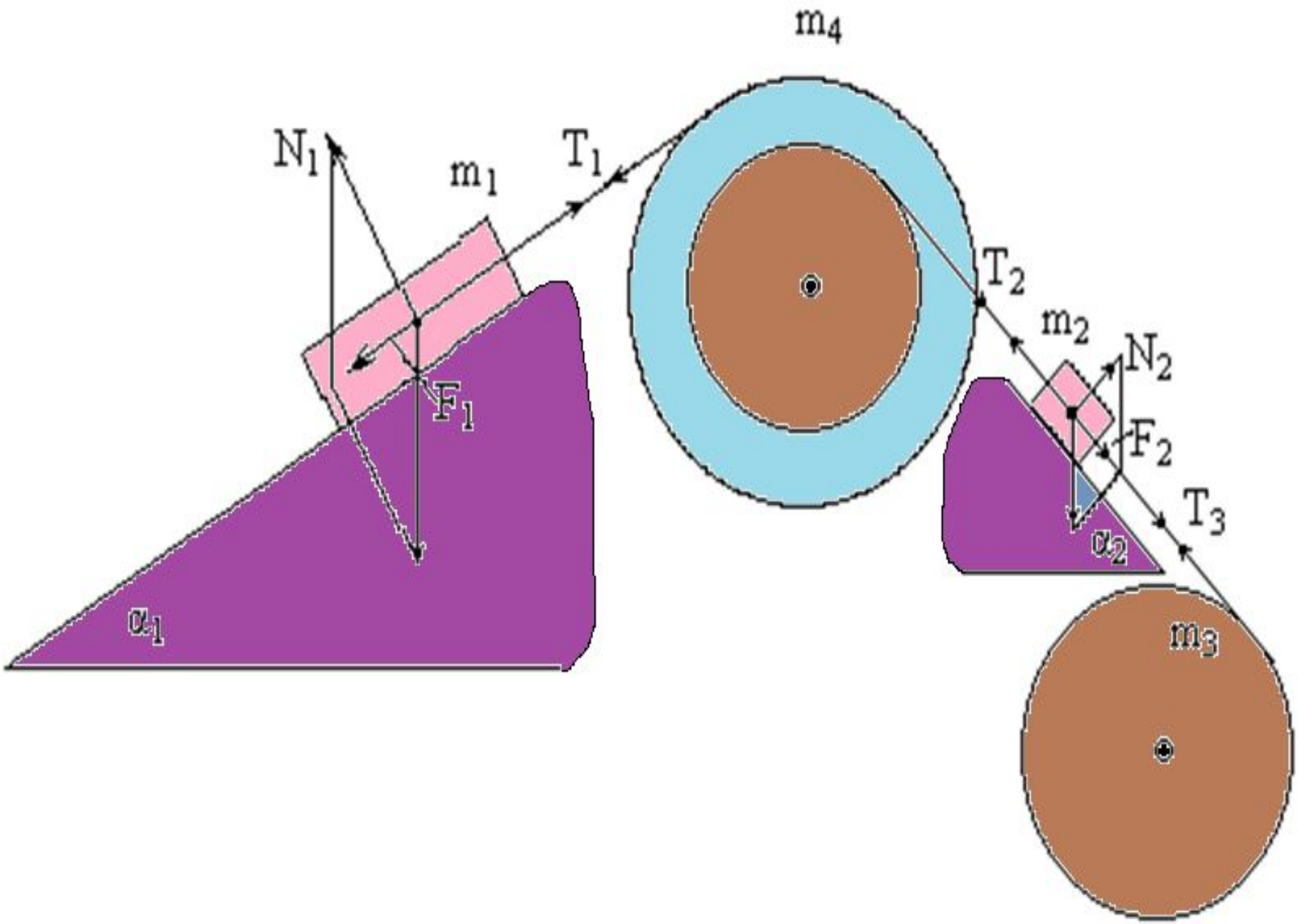
F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$


m4
N1
m1
T1
T2
m2
N2
F1
F2
T3
α2
α1
m3

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m1, реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m1, реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m1 реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груз
реакции опоры N1, силы трения первого груз
наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих
второго груза. Векторы этих сил показаны на
рисунке, а их модули можно вычислить по
формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{} \right) \qquad (1)$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести гр
реакции опоры N1, силы трения первого гр
наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующи
второго груза. Векторы этих сил показаны
рисунке, а их модули можно вычислить по
формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{\left(r_4\right)^2}\right) \qquad (1$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза реакции опоры N1, силы трения первого груза наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих с второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

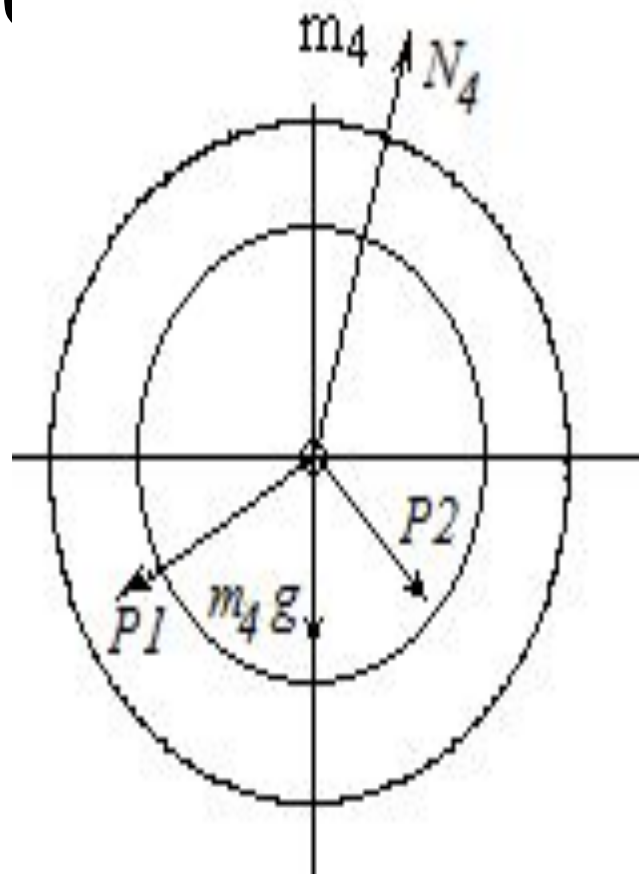
$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Силы натяжения нитей получились положительными. В действительности каждая из них - это пара сил, растягивающих нить в противоположные стороны. Таким образом, полученные ответы правдоподоб

3. Вычислим силы реакции осей обоих блоков. Для этого сделаем перенос сил натяжения нитей, действующих на блоки в центры блоков. При переносе сил необходимо добавить соответствующие вращающие моменты. Эти моменты не вызывают сил реакции, поскольку трение на осях отсутствует. В результате мы получим на оси блока 4 картину сил, показанную на рисунке 2.



Введем следующие обозначени

F1 - равнодействующая силы т
реакции опоры N1, силы трения п
наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соотве
второго груза. Векторы этих сил п
рисунке, а их модули можно вычи
формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos$$

Вычислим моменты инерции б

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4$$

$$= \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right)$$

5. Определим полное ускорение точки на внешнем радиусе блока 4,

Это ускорение включает в себя две составляющие: тангенциальную и нормальную. Тангенциальная направлена по касательной к траектории т.е. к окружности 4 блока и равна

$$a_\tau=\varepsilon_4 R_4=0.775 \text{ м/с}^2 \quad (19)$$

Нормальная составляющая - это центростремительно ускорение, равное

$$a_n=-R_4\omega_4^2= \quad (20)$$

Знак "-" означает, что ускорение направлено против радиуса блока к его центру.

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m1, реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m1, реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

7. Используя закон изменения механической энергии найти другим способом скорости грузов и угловые скорости блоков в заданной точке их движения.

Допустим, что к какому-то моменту времени t после начала движения первый груз прошел путь s1. При этом он опустился по вертикали на высоту $h1=s1*\sin(\alpha 1)$. Поскольку грузы m1 и m2 связаны нерастяжимой нитью, второй груз пройдет путь $s2=s1*r4/R4$ и поднимется на высоту $h2=s2*\sin(\alpha 2) =s1*r4*\sin(\alpha 2) /R4$. Изменение потенциальной энергии грузов равно $\Delta U=m1*g*h1-m2*g*h2$. Часть этой разностной энергии превратится в работу по преодолению трения, а оставшаяся часть - в кинетическую энергию грузов и блоков.

Выразим все энергии и работы через ускорение первого груза и время движения. Это позволит получить уравнение для a1, а не систему 7 уравнений с 7 неизвестными. Перемещение первого груза $s_1=a_1t^2/2$. Высота, на которую он опустится $h_1=\sin(\alpha 1)*(a_1t^2/2)$. Путь второго груза s2=s1*r4/R4 и высота, на которую он поднимется $h2= \sin(\alpha 2)* (a_1t^2/2)*r4/R4$.

Освободившееся потенциальная энергия

$\Delta U=m_1g \sin(\alpha 1)*(a_1t^2/2) - m_2g*\sin(\alpha 2)* (a_1t^2/2)*r4/R4=$

$g*(a_1t^2/2)*(m_{1*} \sin(\alpha 1)- m_2*\sin(\alpha 2)* r4/R4)$

Кинетическая энергия первого груза $T_1=m_1v_1^2/2=m_1a_1^2t^2/2$

Кинетическая энергия второго груза

$T2=m_2v_2^2/2=m_2a_1^2t^2r_4^2/(2R_4^2)$

Кинетическая энергия блока m3: $T3=j_3\omega_3^2/2=j_3a_1^2t^2r_4^2/(2r_3^2R_4^2)$

Кинетическая энергия блока m4: $T4= j_4\omega_4^2/2=j_4a_1^2t^2/(2R_4^2)$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m1, реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груз
реакции опоры N1, силы трения первого груз
наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих
второго груза. Векторы этих сил показаны на
рисунке, а их модули можно вычислить по
формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m1, реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Изменение потенциальной энергии будет обусловлено изменением высоты расположения грузов груз m1 опустится, пройдя с ускорением a1 путь - S вниз по наклонной плоскости. Длина пути определится формулой пути при равноускоренном движении $S1=a1t^2/2$. Высота, на которую опустится груз равна $h1=S1*\sin(\alpha)$. Изменение потенциальной энергии будет равно $U1=m1gh1=\sin(\alpha1)*m1*g*a1*t^2/2$. Аналогичный подсчет изменения потенциальной энергии второго груза даст аналогичную формулу: $U2=m2*g*h2=\sin(\alpha2)*m2*g*a2*t^2/2$. Поскольку второй груз поднимается, а первый опускается изменение потенциальной энергии всей системы будет равно разности U1-U2.

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m1, реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m1, реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m1, реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4$$

$$= \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{(r_4)^2}\right) \qquad (1)$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести гр
реакции опоры N1, силы трения первого гр
наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующи
второго груза. Векторы этих сил показаны
рисунке, а их модули можно вычислить по
формулам:

$$F_1=m_1 g\sin(\alpha_1)-m_1 g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2 g\sin(\alpha_2)+m_2 g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4$$

$$= \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m1, реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Введем следующие обозначения:

F1 - равнодействующая силы тяжести груза m реакции опоры N1, силы трения первого груза о наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

$$F_1=m_1g\sin(\alpha_1)-m_1g\cos(\alpha_1)\mu_1 :$$

$$F_2=m_2g\sin(\alpha_2)+m_2g\cos(\alpha_2)\mu_2.$$

Вычислим моменты инерции блоков:

$$j_3 = \frac{m_3 r_3^2}{2}; \qquad j_4 = \frac{m_4 R_4^2}{2}\left(\frac{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^4}{1+\left(\frac{r_4}{R_4}\right)^2}\right) \qquad (1)$$

Уравнения (40) и (41) совпадают с уравнениями (4), т.е. с исходными уравнениями для нахождения ускорений a1 и a2. Поэтому найденные величины ускорений, конечно, удовлетворяют уравненям (40) и (41). Т.о. теорема об ускорении центра масс выполняется.