ИНФОРМАЦИЯ U:\phys\Для

Ф30 заочное обучение\КОНТРОЛЬНЫЕ (для АС571) ГЛАДКОВСКИЙ\



ЛЕКЦИЯ 1

MEXAHMKA



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.



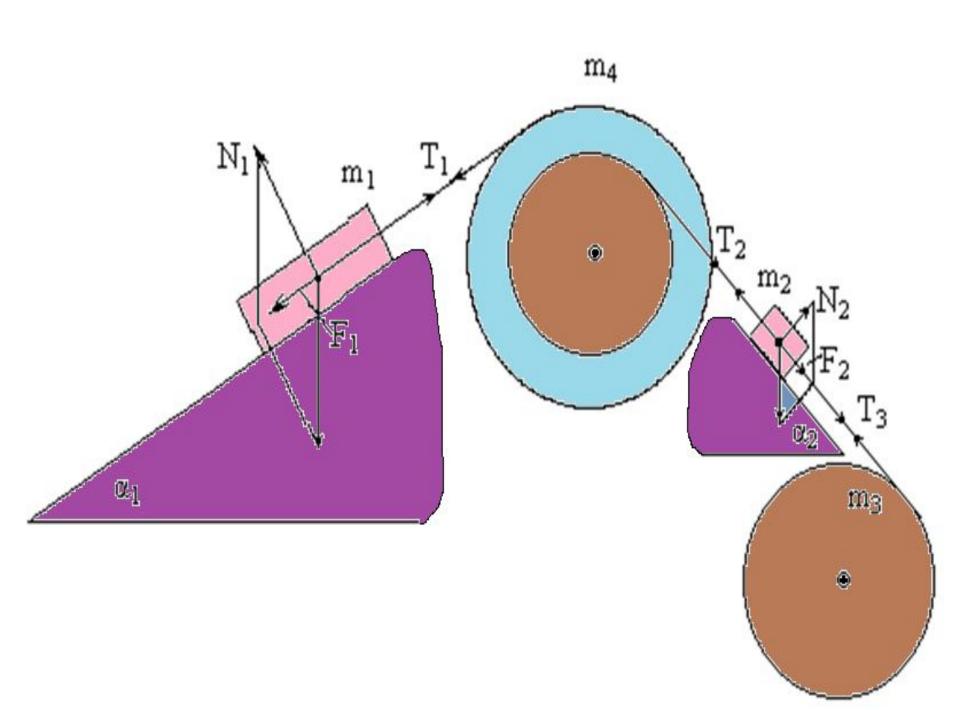
Контрольная работа №1, ЧАСТЬ 1

"Кинематики, динамика и законы сохранения"

Вариант 999

Система, показанная на рисунке, состоит из грузов массами та и та которые движутся поступательно. К грузам прикреплены невесомые нерастяжимые нити, перекинутые или намотанные на блоки масса-ми та и та, которые могут без трения вращаться вокруг горизон тальных осей. Блок массой т, – сплошной цилиндр, а блок массой m_4 – ступенчатый цилиндр с радиусами ступеней г₄

ИДано динаковой высоты.
$$m_{_{3}}$$
=5,5кг; $m_{_{3}}$ =0.55 м; $r_{_{4}}$ =0,55 м; $m_{_{4}}$ =0,55 м; $m_{_{4}}$ =3,4кг; $m_{_{4}}$ =0,40; $m_{_{4}}$ =0,40;



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 є3, є4. 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 т после начала движения.

- 5). Используя кинематические формулы, найти ускорение точки на внешнем радиусе блока m4 спустя время т 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,g на блоке 4 равен, $m_2 gr_4 sin(\alpha+15^\circ)=0.80 kr^* 10 m/c^2*0.55 m$ $/\sqrt{2}$ =6.25Hм. Момент силы от массы m1 на том же блоке равен m₁gsin(α)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.

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

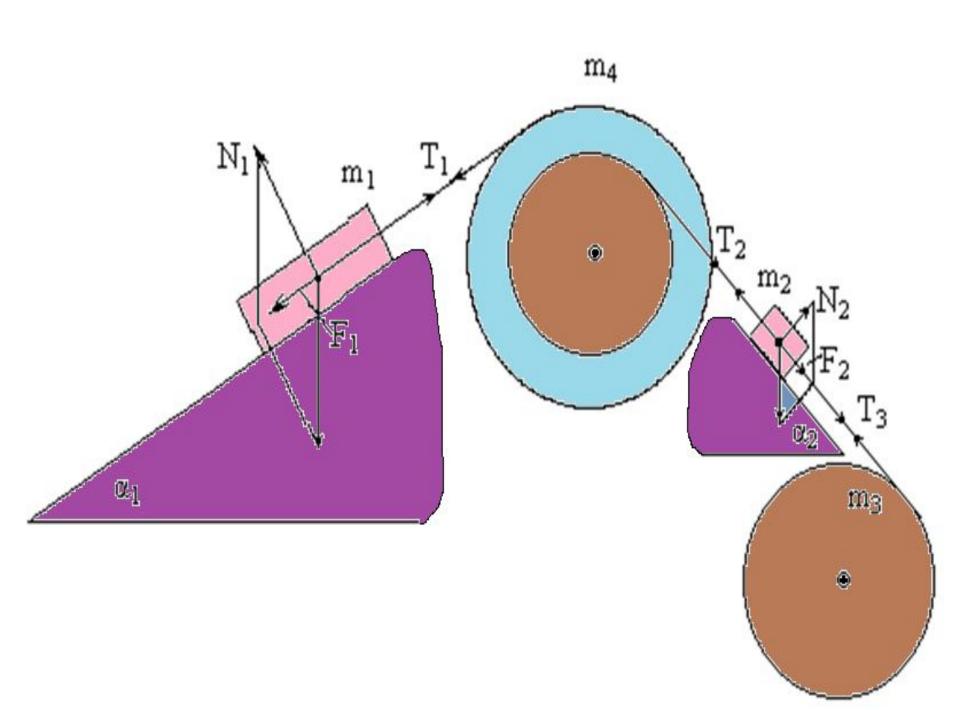
F2 - равнодействующая соответствующих сил второго груза. Векторы этих сил показаны на рисунке, а их модули можно вычислить по формулам:

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; \qquad j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) \tag{1}$$



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:

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; \qquad j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) \tag{1}$$

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:

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; \qquad j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{2}}\right)^{2}} \right) \tag{1}$$

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:

$$F_1=m_1gsin(\alpha_1)-m_1gcos(\alpha_1)\mu_1:$$

$$F_2=m_2gsin(\alpha_2)+m_2gcos(\alpha_2)\mu_2.$$

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) (1)$$

F1 - равнодействующая силы тяжести грузреакции опоры N1, силы трения первого грузнаклонную плоскость;

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

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

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

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

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

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:

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

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

Вычислим моменты инерции блоков:

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

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

(1

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:

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; \qquad j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) \tag{1}$$

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

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 та реакции опоры N1, силы трения п наклонную плоскость;

F2 - равнодействующая соответ второго груза. Векторы этих сил грисунке, а их модули можно вычи формулам:

 $F_1 = m_1 g sin(\alpha_1) - m_1 g cos$ $F_2 = m_2 g sin(\alpha_2) + m_2 g cos$ Вычислим моменты инерции б.

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

$$a_{\tau} = \varepsilon_4 R_4 = 0.775 \text{ m/c}^2$$
(19)

Нормальная составляющая - это центростремительно ускорение, равное

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

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

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:

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; \qquad j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) \tag{1}$$

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:

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; \qquad j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) \tag{1}$$

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, a 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

 Δ U=m₁g sin(α1)*(a₁t²/2) - m₂g*sin(α2)* (a₁t²/2)*r4/R4= g*(a₁t²/2)*(m_{1*} sin(α1)- m₂*sin(α2)* r4/R4) Кинетическая энергия первого груза T_1 =m₁v₁²/2=m₁a₁²t²/2 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: $T4=j_4\omega_4^2/2=j_4a_1^2t^2/(2R_4^2)$

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:

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) (1)$$

F1 - равнодействующая силы тяжести гругреакции опоры N1, силы трения первого гругнаклонную плоскость;

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

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) (1)$$

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:

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; \qquad j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) \tag{1}$$

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=a1t²/2. Высота. на которую опустится груз равна $h1=S1*sin(\alpha)$. Изменение потенциальной энергии будет равно $U1=m1gh1=sin(\alpha 1)*m1*g*a1*t^2/2$. Аналогичный подсчет изменения потенциальной энергии второго груза даст аналогичную формулу: $U2=m2*g*h2=sin(\alpha 2)*m2*g*a2*t^2/2$. Поскольку второй груз поднимается, а первый опускается изменение потенциальной энергии всей системы будет равно разности U1-U2.

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:

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) (1)$$

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:

$$F_1=m_1gsin(\alpha_1)-m_1gcos(\alpha_1)\mu_1:$$

$$F_2=m_2gsin(\alpha_2)+m_2gcos(\alpha_2)\mu_2.$$

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) (1)$$

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; \qquad j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) \tag{2}$$

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:

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) (1)$$

F1 - равнодействующая силы тяжести груза и 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:

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) (1)$$

F1 - равнодействующая силы тяжести груза и 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:

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

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

$$j_{3} = \frac{m_{3}r_{3}^{2}}{2}; j_{4}$$

$$= \frac{m_{4}R_{4}^{2}}{2} \left(\frac{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{4}}{1 + \left(\frac{r_{4}}{R_{4}}\right)^{2}} \right) (1)$$

Уравнения (40) и (41) совпадают с уравнениями (4), т.е. с исходными уравнениями для нахождения ускорений а1 и а2. Поэтому найденные величины ускорений, конечно, удовлетворяют уравненям (40) и (41). Т.о. теорема об ускорении центра масс выполняется.