

2

278854
Регистрационный номерДолгопрудный МФТИ
Площадка написания

1511

Школа

Фамилия Приходько

Имя Александр

Отчество Сергеевич

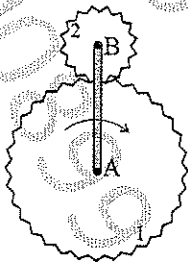
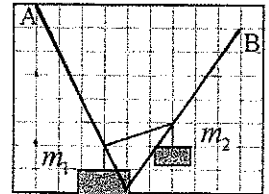
174
(не заполнять)

Подпись

«Утверждаю»
Председатель оргкомитета олимпиады

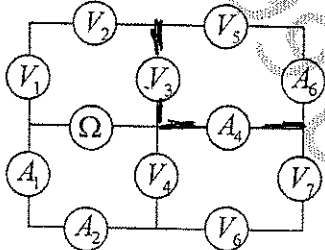
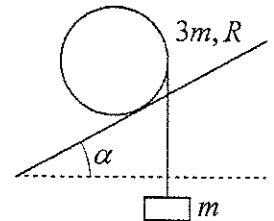
НИЯУ МИФИ, РУТ (МИИТ), НГТУ, Самарский университет, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», БГТУ им. В.Г. Шухова, ВлГУ
«Инженерная олимпиада школьников», Заключительный тур, 11 класс
2 вариант

1. Концы невесомой веревки закреплены в точках А и В (см. рисунок). К веревке привязали два груза массами m_1 и m_2 . По приведенному рисунку найти отношение масс грузов m_1/m_2 .



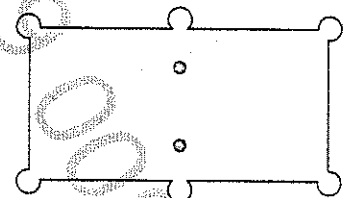
2. В дифференциалах автомобилей и автоматических коробках передач используются системы шестерней, в которых отсутствуют жесткие кинематические связи – планетарные передачи. Рассмотрите модель планетной передачи, в которой кривошип АВ (рычаг, вращающийся вокруг одного из своих концов) вращается вокруг оси А неподвижного зубчатого колеса 1. Колесо 2 имеет N зубьев, колесо 1 – $2N$ зубьев. Сколько оборотов вокруг своей оси совершит колесо 2, когда кривошип АВ совершит n оборотов вокруг оси А?

3. На однородный цилиндр радиуса R и массы $3m$ намотана невесомая нить, к концу которой привязано тело массы m . Цилиндр аккуратно кладут на наклонную плоскость, по которой он может катиться без проскальзывания, так, что его образующая перпендикулярна направлению быстрого спуска с плоскости (см. рисунок). При каком угле наклона плоскости α цилиндр будет двигаться вверх по плоскости?

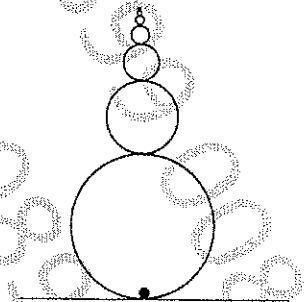


4. Собрана электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке. Цепь состоит из шести амперметров, семи вольтметров и одного омметра (прибора для измерения сопротивлений). Известны показания вольтметра V_3 : $U = 1$ В и амперметра A_4 : $I = 1$ мкА. Найти сопротивление вольтметра и показания омметра Ω . Все вольтметры одинаковы, сопротивления амперметров очень малы.

5. Если два бильярдных шара встают напротив центральных луз бильярдного стола (рисунок), опытный игрок может ударить по одному из шаров так, что (1) оба шара попадут в лузу, расположенную в направлении удара; (2) один попадет в лузу, расположенную в направлении удара, а второй в противоположную. Как это делается? Опишите, как нужно наносить удар, как сталкиваются в этом случае шары, и почему в одном случае оба шара движутся после удара вперед, а в другом – один вперед, один назад. Ответ обосновать.



6. Незнайка решил изготовить «инновационного ваньку-встаньку». Для этого он взял очень много шаров одинаковой плотности, радиусы которых отличаются втрое. Незнайка скрепил шары так, что центры всех шаров лежат на одной прямой, а радиус каждого последующего меньше радиуса предыдущего в 3 раза. Незнайка решил, что из-за большой массы самого нижнего шара такая конструкция, поставленная на большой шар, будет устойчивой. Но «ванька-встанька» устойчивым не был. Объясните, почему. Знайка посоветовал Незнайке прикрепить к самой нижней точке большого шара точечное массивное тело. Какую оно должно иметь массу, чтобы «инновационный ванька-встанька» был устойчивым? Масса самого большого шара m .





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по Физике

Дата 27.02.22

Вариант № 2

Площадка написания:

Долгопрудный МФТИ

ФИО и рег. номер не
указывать!

ОЦЕНКА

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись
2	2	2	2	2	2	10	<i>[Signature]</i>

1. прямая AT_1 :

$$y = 6 - 2x$$

прямая BT_2 :

$$y = \frac{4}{3}(x - 6) + 1 = \frac{4}{3}x - 7$$

F_1 и F_2 - силы, действующие на веревку со стороны опор

$$F_1 = F_2$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + m_1 \vec{g} + m_2 \vec{g} = 0$$

и ~~т.к.~~ т.к. масса веревки 0, сумма моментов тоже равна 0.

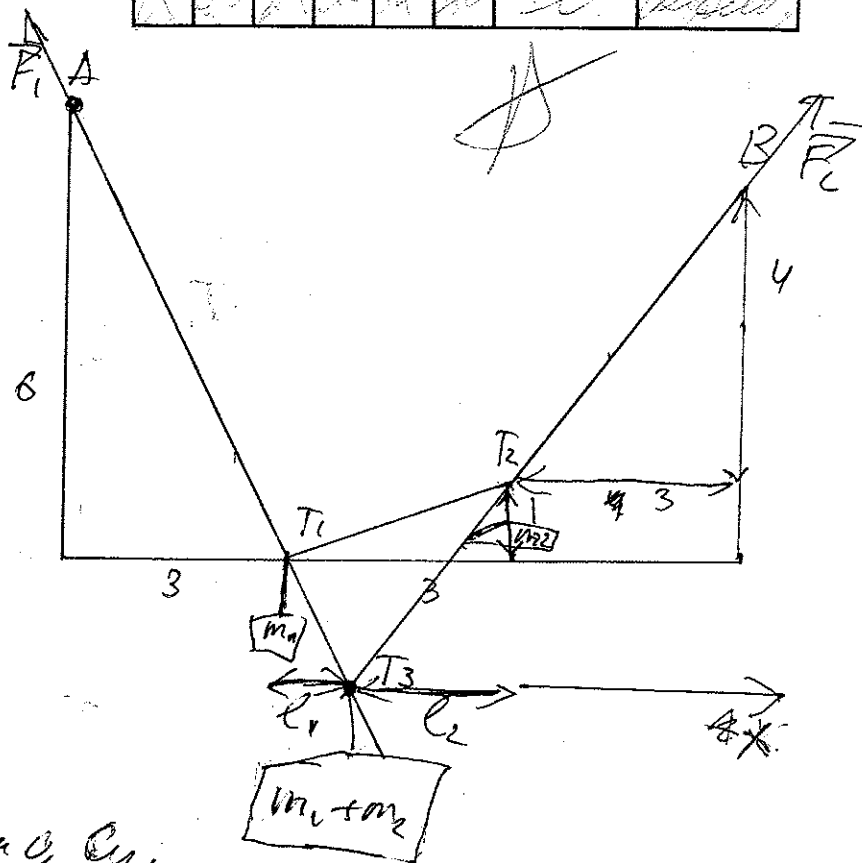
Рассмотрим точку пересечения продолжений AT_1 и BT_2 :
Момент $F_1 = 0$, момент $F_2 = 0 \Rightarrow$

$$m_1 g l_1 = m_2 g l_2 \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

$$\begin{cases} y = 6 - 2x \\ y = \frac{4}{3}x - 7 \end{cases}$$

$$\Rightarrow x = \frac{39}{10} \Rightarrow l_1 = 0,9 \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{2,1}{0,9} = \frac{7}{3}$$

Ответ: $\frac{7}{3} = 2,33$



2. Пусть sl - длина одного "зуба" шестерни

R_1 - радиус первого колеса

R_2 - второго

$$2\pi R_1 = 2Nsl \Rightarrow R_1 = \frac{Nsl}{2\pi}$$

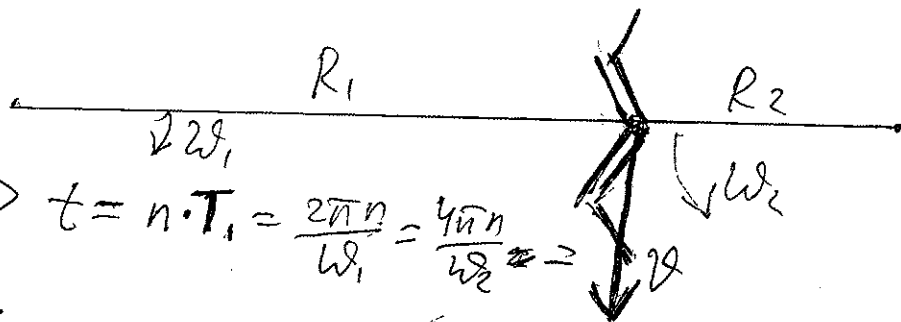
$$2\pi R_2 = Nsl \Rightarrow R_2 = \frac{Nsl}{2\pi} = \frac{R_1}{2}$$

Рассмотрим "точку" контакта шестерней.

Если проскальзывание отсутствует, то: $\omega_1 R_1 = \omega_2 R_2 \Rightarrow$

$$2\omega_1 = \omega_2$$

$$\omega_B = \omega_1 \Rightarrow$$



~~n~~ n оборотов $\Rightarrow t = n \cdot T_1 = \frac{2\pi n}{\omega_1} = \frac{4\pi n}{\omega_2} \Rightarrow$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\geq 2n \cdot \frac{2\pi}{\omega_2} = 2n T_2 \Rightarrow \text{колесо 2 совершит 2n оборотов}$$

Ответ: $2n$

3. Ну Фр \Rightarrow ^{только на линии} ~~только~~ ^{конусо-} ~~воле~~ ^{воле} ~~и~~ ^и ~~плоскости~~ ^{плоскости} \Rightarrow

Момент этих сил относительно этой линии $= 0$

Цилиндр будет вращаться, если P $3mg$ ^{относительно этой линии он вращается} ~~на~~ ^{на} ~~расстоянии~~ $\Rightarrow mg \cdot l_1 > 3mg l_2$

$$l_1 = R(1 - \sin \alpha)$$

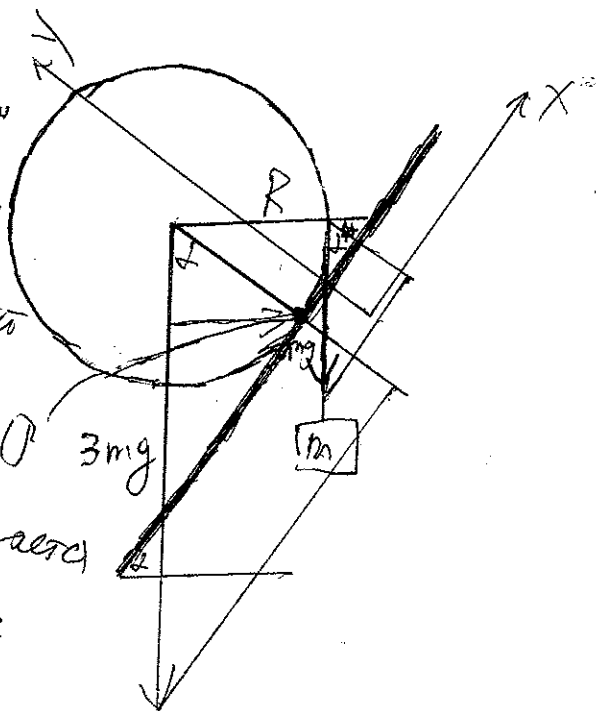
$$l_2 = R \sin \alpha$$

$$1 - \sin \alpha > 3 \sin \alpha$$

$$1 > 4 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha < \frac{1}{4} \quad (\alpha < \frac{\pi}{2})$$

Ответ: при $\alpha \in (0; \arcsin \frac{1}{4}) \cup (\pi - \arcsin \frac{1}{4}; \pi)$



А (20)



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по физике

Дата 27.02.22

Вариант № 2

Площадка написания:

Долгопрудный МФТИ

ФИО и рег. номер не
указывать!

ОЦЕНКА

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

~~$V_{\text{шара}} = \frac{4}{3}\pi R^3 \Rightarrow m_{\text{шара}} = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$~~

~~$m = \rho V$~~

~~r - радиус каждого большого шара \Rightarrow~~

~~Хцента массе = $\rho \cdot (r \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 + (2r + \frac{r}{3}) \cdot \frac{4}{3}\pi (\frac{r}{3})^3 + (2r + \frac{2r}{3} + \frac{r}{9}) \cdot \frac{4}{3}\pi (\frac{r}{9})^3 + \dots)$~~

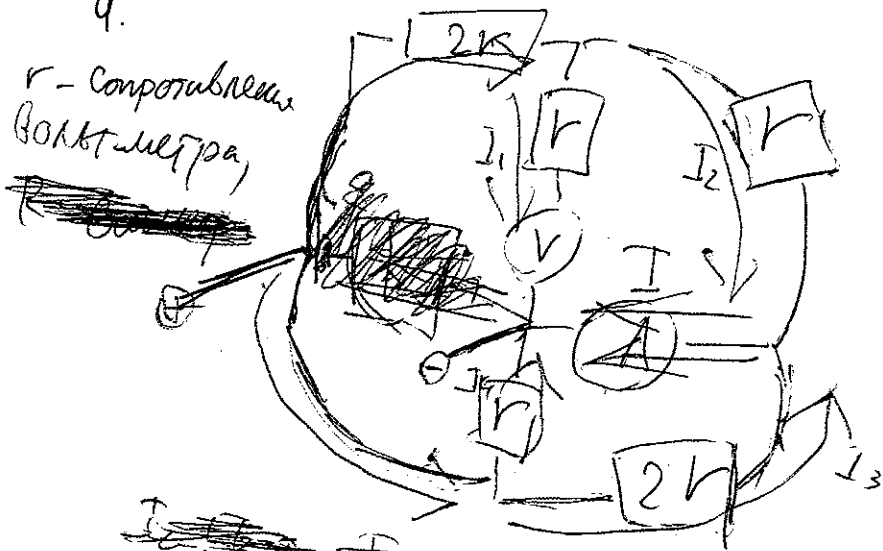
~~$\rho \cdot (\frac{4}{3}\pi r^3 + \frac{4}{3}\pi (\frac{r}{3})^3 + \frac{4}{3}\pi (\frac{r}{9})^3 + \dots)$~~

~~$= r (1 + (2 + \frac{1}{3}) \cdot (\frac{1}{3})^3 + (2 + \frac{2}{3} + \frac{1}{9}) \cdot (\frac{1}{9})^3 + (2 + \frac{2}{3} + \frac{2}{9} + \frac{1}{27}) \cdot (\frac{1}{27})^3 + \dots)$~~

~~$1 + (\frac{1}{3})^3 + (\frac{1}{9})^3 + (\frac{1}{27})^3 + \dots =$~~

= 4.

r - сопротивление
Вольтметра,



$U = I_1 r = I_2 r$
 $I_3 \cdot 2r = I_4 r \Rightarrow$
 $I_1 = I_2$
 $2I_3 = I_4$
 $I_1 + I_3 = I$
 $I_3 \cdot 2r = (I_1 + I_2) 2r + I_4 r = 5I_1 r$

Лист 2 из 3
 $5I_1 = 2I_3 = 5I_2 = I_4$

~~I_0~~ $I_0 = 10I_0 = I_4$ $2I_0 = I_1$ $5I_0 = I_3$ $2I_0 = I_2$

$$I_2 + I_3 = 7I_0 = I = 1 \text{ мкА}$$

$$I_1 r = 2I_0 r = U = 1 \text{ В} \Rightarrow$$

$$\frac{2r}{7} = 1 \text{ Мом} \Leftrightarrow r = 3,5 \text{ Мом}$$

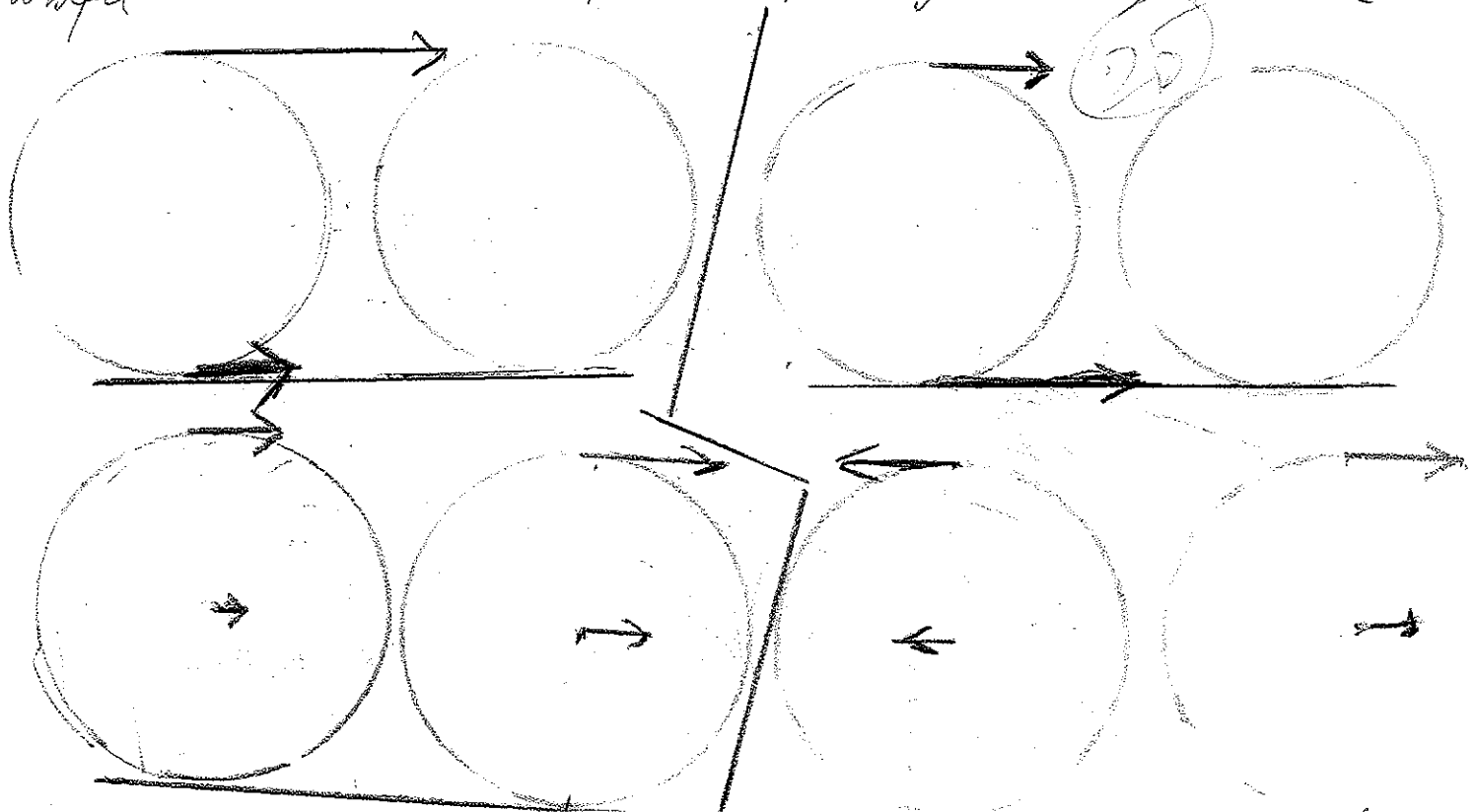
$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = (2 + 2 + 5 + 10)I_0 = 19I_0$$

~~$$I_1 r + 10I_0 r + 19I_0 R = \mathcal{E}$$~~

$$19I_0 \cdot R = 10I_0 r \Leftrightarrow R = \frac{10}{19} r = \frac{70}{38} \text{ Мом} = 1,84 \text{ Мом}$$

Ответ: $r = 3,5 \text{ Мом}$, $R = 1,84 \text{ Мом}$ \rightarrow \rightarrow

Е. Могу предположить, что различные результаты обусловлены тем, что шар можно закрутить по и против его движения. Это связано с тем, что при высокой скорости трение по поверхности шара и стала происходит проскальзывание, так как после соударения скорость первого шара уменьшилась, то шар может перестать скользить и начать катиться. Чтобы закрутить шар по движению, нужно ударить в него кием так, чтобы ~~ки~~ кием был вглубь шара выше его центра. Соответственно, если против движения — ниже шара.





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по Физике

Дата 27.02.22

Вариант № 2

Площадка написания:

МФТЧ

ФИО и рег. номер не
указывать!

ОЦЕНКА
(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

Обоснование: Если пренебречь трением между шариками, то вращательная скорость первого шара не меняется, а поступательная при абсолютно упругом ударе становится равна 0.

В. (В реальности из-за выделения тепла она будет чуть больше 0)

В. При повороте на α радиан: ~~...~~

Сумма моментов относительно O:

$$\left(2r + \frac{r}{3}\right) \cdot \frac{m}{27} + \left(2r + \frac{2r}{3} + \frac{r}{9}\right) \cdot \frac{m}{3^6} +$$

$$+ \left(2r + \frac{2r}{3} + \frac{2r}{9} + \frac{r}{27}\right) \cdot \frac{m}{3^9} + \dots$$

$$- M \sin \alpha = -J \cdot \beta$$

Чтобы положение было устойчивым $\beta \ll \alpha$

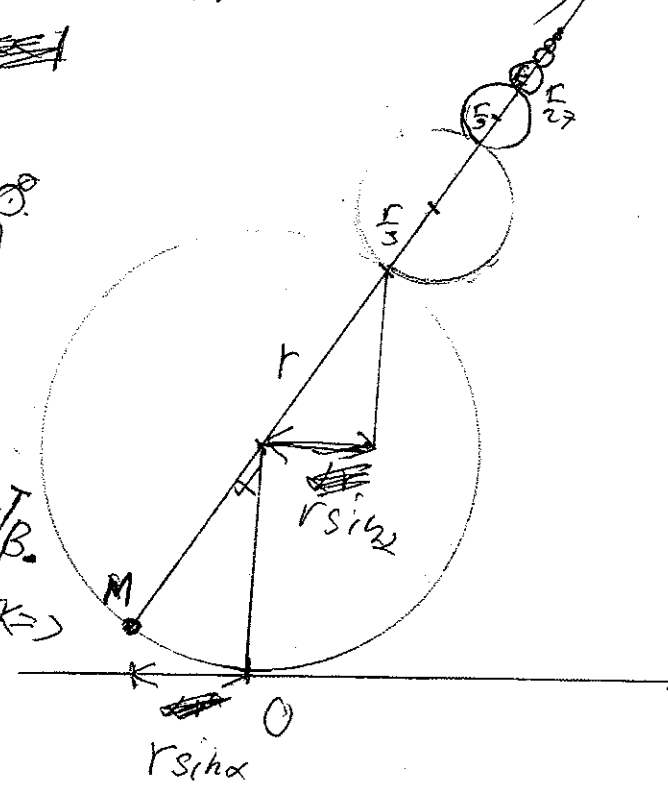
$$\sin \alpha M = \left(\sin \alpha + \frac{1}{3}\right) \frac{m}{3^3} + \left(\sin \alpha + \frac{2}{3} + \frac{1}{9}\right) \frac{m}{3^6} +$$

$$+ \left(\sin \alpha + \frac{2}{3} + \frac{2}{9} + \frac{1}{27}\right) \frac{m}{3^9} + \dots \geq 0$$

$\sin \alpha \leq 1 \Rightarrow$ Вещка-вешка будет максимум устойчива, если

$$M - \left(1 + \frac{1}{3}\right) \frac{m}{3^3} + \left(1 + \frac{2}{3} + \frac{1}{9}\right) \frac{m}{3^6} + \left(1 + \frac{2}{3} + \frac{2}{9} + \frac{1}{27}\right) \frac{m}{3^9} + \dots \geq 0$$

$$M - m \left(\frac{1}{3^3} + \frac{1}{3^6} + \frac{1}{3^9} + \frac{2}{3^{12}} + \frac{1}{3^{15}} + \frac{1}{3^{18}} + \frac{2}{3^{21}} + \frac{2}{3^{24}} + \dots \right) \geq 0$$



$$M - m \left(\frac{1}{3^3} + \frac{1}{3^4} + \frac{1}{3^6} + \frac{2}{3^7} + \frac{1}{3^8} + \frac{1}{3^9} + \frac{2}{3^{10}} + \frac{2}{3^{11}} + \frac{1}{3^{12}} + \frac{1}{3^{12}} + \frac{2}{3^{13}} + \frac{2}{3^{14}} (1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{9} + \dots) \right)$$

$$M - m \left(\frac{1}{3^3} + \frac{1}{3^4} + \frac{1}{3^6} + \frac{2}{3^7} + \frac{1}{3^8} + \frac{2}{3^9} \right) + \frac{2}{3^{10}} + \frac{2}{3^{11}} + \frac{2}{3^{12}} + \frac{2}{3^{13}} + \frac{2}{3^{14}} =$$

$$= M - m \cdot 0,0519 \geq 0 \Leftrightarrow M \geq m \cdot 0,0519$$

$$O_{\text{let}} = 0,0519m$$

150

$$\frac{1}{3^3} \left(1 + \frac{1}{3} \right) + \frac{1}{3^6} \left(1 + \frac{2}{3} + \frac{1}{9} \right) + \dots = 1 \cdot \left(1 + \frac{1}{3^3} + \frac{1}{3^6} + \frac{1}{3^9} + \dots \right) +$$

$$+ \frac{1}{3^6} + \frac{2}{3} \left(\frac{1}{3^6} + \frac{1}{3^9} + \frac{1}{3^{12}} + \dots \right) + \frac{1}{3^8}$$

$$= \frac{1}{3^3} \left(1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3^3} \left(1 + \frac{2}{3} + \frac{1}{9} + \frac{1}{3^3} \left(1 + \frac{2}{3} + \frac{2}{9} + \frac{1}{27} + \frac{1}{3^3} \left(1 + \frac{2}{3} + \frac{2}{9} + \frac{2}{27} + \frac{1}{81} + \frac{1}{3^3} \left(\dots \right) \right) \right) \right) \right)$$

$$\frac{1}{3^3} \left(\frac{3+1}{3} \right) + \frac{1}{3^6} \left(\frac{3^2 + 2 \cdot 3 + 1}{9} \right) + \frac{1}{3^9} \left(\frac{3^3 + 2 \cdot 3^2 + 2 \cdot 3 + 1}{27} \right) +$$

$$+ \frac{1}{3^{12}} \left(\frac{3^4 + 2 \cdot 3^3 + 2 \cdot 3^2 + 2 \cdot 3 + 1}{3^4} \right) + \frac{1}{3^{15}} \left(\frac{3^5 + 2 \cdot 3^4 + 2 \cdot 3^3 + 2 \cdot 3^2 + 2 \cdot 3 + 1}{3^5} \right)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{3^{n+1} - 2 \sum_{i=2}^n 3^i + 1}{3^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + 2 \sum_{i=2}^{n-1} 3^{i-n} \right) = 1 + 2 \cdot \frac{1}{3} = 2$$