

**1**

424282

Регистрационный номер

МФФ-А-304

Площадка написания

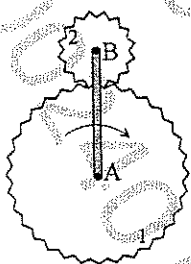
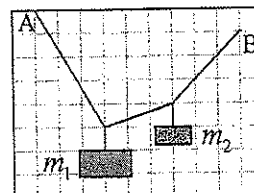
ГБОУ Лицей № 179

Школа

Фамилия Азеев11/12  
(не заполнять)Имя НиколайОтчество МихайловичАзеев  
Подпись«Утверждаю»  
Председатель оргкомитета олимпиады

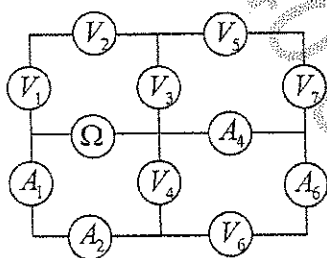
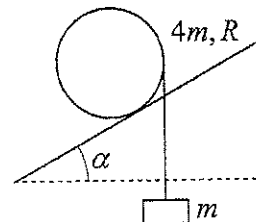
НИЯУ МИФИ, РУТ (МИИТ), НГТУ им. Р.Е.Алексеева, Самарский университет, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,  
ВГТУ им. В.Г.Шухова, ВлГУ  
«Инженерная олимпиада школьников», Заключительный тур, 11 класс  
1 вариант

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  $m_1/m_2$ .



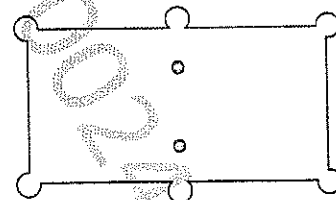
2. В дифференциалах автомобилей и автоматических коробках передач используются системы шестерней, в которых отсутствуют жесткие кинематические связи – планетарные передачи. Рассмотрите модель планетной передачи, в которой кривошип АВ (рычаг, вращающийся вокруг одного из своих концов) вращается вокруг оси А неподвижного зубчатого колеса 1. Колесо 2 имеет  $N$  зубьев, колесо 1 –  $3N$  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  $4m$  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  $\alpha$  цилиндр будет двигаться вверх по плоскости?

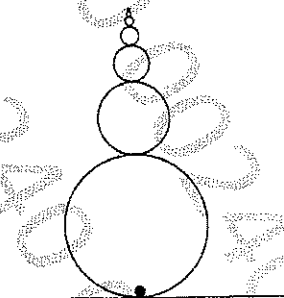


4. Собрана электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке. Цепь состоит из шести амперметров, семи вольтметров и одного омметра (прибора для измерения сопротивлений). Известны показания вольтметра  $V_3$ :  $U = 1$  В и амперметра  $A_4$ :  $I = 1$  мкА. Найти сопротивление вольтметра и показания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

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 вдвое. Незнайка скрепил шары так, что центры всех шаров лежат на одной прямой, а радиус каждого последующего меньше радиуса предыдущего в 2 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 Инженерной олимпиаде

Дата 27.02.2022

Вариант № 1

Площадка написания:

МИФИ, А-304

ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**

(не заполнять)

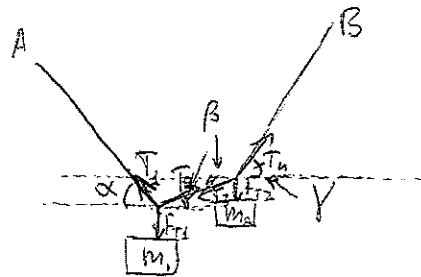
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ИТОГО | Подпись |
|---|---|---|---|---|---|-------|---------|
| 2 | 2 | 2 | - | 0 | 2 | 8     |         |

№1  
Дано:  
рис.  
Найти:  
 $\frac{m_1}{m_2}$

Решение:

$$\bar{T}_1 + \bar{T}_2 + \bar{F}_{T1} = 0$$

$$\bar{T}_3 + \bar{T}_4 + \bar{F}_{T2} = 0$$



$T_x$  - горизонтальная составляющая сил натяжения верёвки  
Порисуйки в условии видно, что:  
 $\text{tg } \alpha = \frac{5}{3}$ ,  $\text{tg } \beta = \frac{1}{3}$ ,  $\text{tg } \gamma = 1$

$$F_{T1} = T_x \cdot \text{tg } \alpha + T_x \cdot \text{tg } \beta$$

$$F_{T2} = T_x \cdot \text{tg } \gamma - T_x \cdot \text{tg } \beta$$

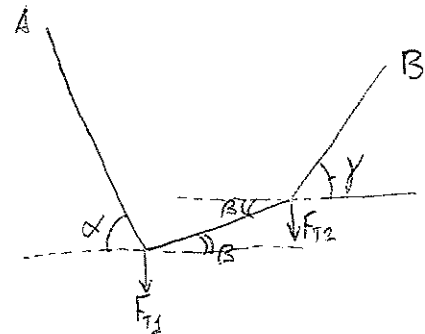
$$F_{T1} = m_1 g \quad F_{T2} = m_2 g$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{F_{T1}}{F_{T2}} = \frac{\text{tg } \alpha + \text{tg } \beta}{\text{tg } \gamma - \text{tg } \beta}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\text{tg } \alpha + \text{tg } \beta}{\text{tg } \gamma - \text{tg } \beta}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\frac{5}{3} + \frac{1}{3}}{1 - \frac{1}{3}} = \frac{2}{\frac{2}{3}} = 3$$

Ответ:  $\frac{m_1}{m_2} = 3$  (2)



№2

Решение:

Дано:

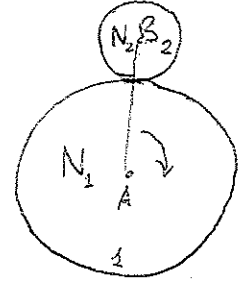
$$N_1 : N_2 = 3 : 1$$

$n$  - кол-во оборотов кривошипа АВ

Найти:

$$n_2$$

В системе координат, где АВ - неподвижно: колесо 1 совершит 1 оборот против часовой стрелки, а колесо 2 совершит 3 оборота по часовой стрелке ( $= \frac{N_1}{N_2}$ ).



В начальной системе координат точка В совершает 1 оборот вокруг точки А, то есть, вектор АВ делает 1 оборот

Так как ~~в начальной системе~~ первая рассматриваемая система координат была сопоставлена с вектором АВ, в основной системе координат  $n_2$  будет равно сумме оборотов по часовой стрелке в этих 2х системах. Таким образом,  $n_2 = 3 + 1 = 4$

Ответ:  $n_2 = 4$  н (+)

№3

Решение:

Дано:

$$\frac{m_1}{m_2} = 4$$

Найти:

$$\alpha$$

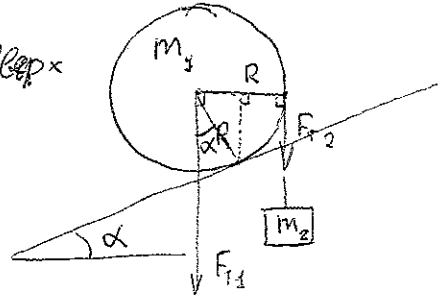
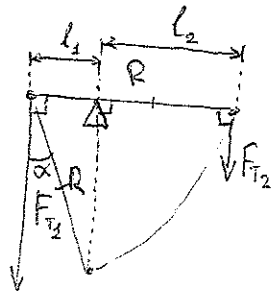
Рассмотрим граничный угол  $\alpha$ : если угол  $< \alpha$ ,  $\Rightarrow$  цилиндр катится вверх

$$F_{T1} l_1 = F_{T2} l_2$$

$$F_T = mg \quad \frac{m_1}{m_2} = 4$$

$$\frac{F_{T1}}{F_{T2}} = 4$$

$$F_{T1} = 4F_{T2}$$



$$l_1 = R \cdot \sin \alpha$$

$$l_1 + l_2 = R$$

$$\begin{cases} 4l_1 = l_2 \\ l_1 + l_2 = R \end{cases} \Rightarrow l_1 = \frac{1}{5} R$$

$$R \cdot \sin \alpha = \frac{1}{5} R$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{5}$$

$$\alpha = \arcsin \frac{1}{5}$$

Ответ: угол наклона должен быть меньше  $\alpha = \arcsin \frac{1}{5} \approx 11^\circ$

(+)



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по Инженерной олимпиаде

Дата 27.02.2022

Вариант № 1

Площадка написания:

МИФИ, А-304

ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**  
(не заполнять)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ИТОГО | Подпись |
|---|---|---|---|---|---|-------|---------|
|   |   |   |   |   |   |       |         |

№6  
Дано:  
~~...~~  
 $\frac{R_{i+1}}{R_i} = \frac{1}{2}$   
 $m_0 = m$   
Найти:  
 $m_x$

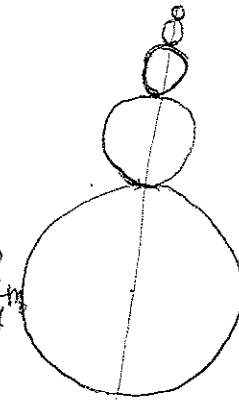
Для того, чтобы конструкция была устойчива, центр масс должен находиться ниже центра самого нижнего шара, а в исходной конструкции он будет находиться выше

~~M - масса всей конструкции~~

$m = \rho V$      $V = \frac{4}{3} \pi R^3$      $\frac{m_{i+1}}{m_i} = \frac{1}{2^3} = \frac{1}{8}$

$\frac{V_A}{V_B} = \left(\frac{R_A}{R_B}\right)^3 = \frac{m_A}{m_B}$      $M = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{m_0}{8^i} = m_0 \frac{1 - \frac{1}{8^{\infty}}}{1 - \frac{1}{8}} = \frac{8}{7} m_0$

$M = \frac{8}{7} m_0$



X - высота центра тяжести изначальной конструкции  
Если считать кол-во шаров бесконечным, то если убрать нижний шар, то отношение высоты центра тяжести к радиусу нижнего шара не изменится

$m_1 + m_2 + m_3 \dots = M - m_0 = \frac{8}{7} m_0 - m_0 = \frac{1}{7} m_0$

$l_1 (M - m_0) = l_2 m_0$   
 $(X - R_0) m_0 = \left(2R_0 - X + \frac{X}{2}\right) (M - m_0)$

$X - R_0 = \frac{1}{7} \left(2R_0 - \frac{X}{2}\right)$

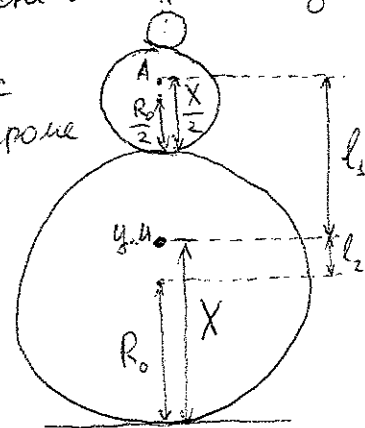
$X - R_0 = \frac{2}{7} R_0 - \frac{1}{14} X$

$\frac{15}{14} X = \frac{9}{7} R_0$

$X = \frac{9}{7} \cdot \frac{14}{15} R_0 = \frac{18}{15} R_0 = \frac{6}{5} R_0$

$m_x R_0 = M (X - R_0)$      $m_x R_0 = \frac{8}{7} m_0 \cdot \frac{1}{5} R_0$

$m_x = \frac{8}{35} m_0$     ⊕ 2



Ответ: чтобы невесомка стал устойчивой, к его нижней точке нужно прикрепить шар массой  $> m_x = \frac{8}{35} m_0$

№5

Если скорость шара и моменту столкновения достаточно мала, то шары после столкновения движутся вместе, со скоростью ~~будет~~ будет меньшей чем скорость шара, который ~~попадает~~ попадает до столкновения. Если же скорость шара будет велика, то шары себя поведут как при абсолютно упругом ударе и отскочат в разные стороны

