

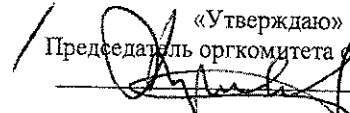
**1**436079  
Регистрационный номер2. Зарегистрировано  
Площадка написанияN 1.  
Школа

Фамилия Семотрин

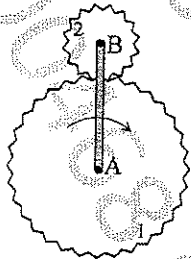
Имя АНТОН

Отчество Олегович

(не заполнять)

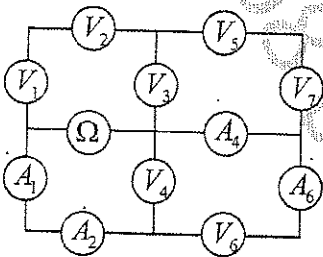
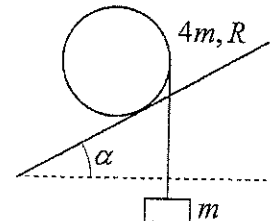
  
Подпись«Утверждаю»  
Председатель оргкомитета олимпиады  
НИЯУ МИФИ, РУТ (МИИТ), НГТУ им. Р.Е.Алексеева, Самарский университет, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,  
БГТУ им. В.Г.Шухова, ВлГУ  
«Инженерная олимпиада школьников», Заключительный тур, 11 класс  
1 вариант

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  $m_1 / m_2$ .



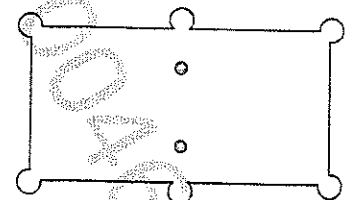
2. В дифференциалах автомобилей и автоматических коробках передач используются системы шестерней, в которых отсутствуют жесткие кинематические связи – планетарные передачи. Рассмотрите модель планетной передачи, в которой кривошип АВ (рычаг, вращающийся вокруг одного из своих концов) вращается вокруг 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 быстреего спуска с плоскости (см. рисунок). При каком угле наклона плоскости  $\alpha$  цилиндр будет двигаться вверх по плоскости?

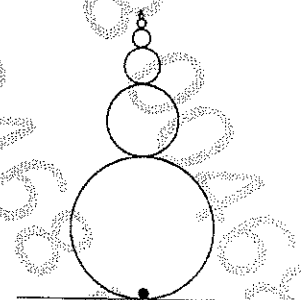


4. Собрана электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке. Цепь состоит из шести амперметров, семи вольтметров и одного омметра (прибора для измерения сопротивлений). Известны показания вольтметра  $V_3$ :  $U = 1$  В и амперметра  $A_4$ :  $I = 1$  мкА. Найти сопротивление вольтметра и показания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







И.О.Ш.

Работа по физике.

Дата 27.02.2022.

Вариант № 1

Площадка написания:

2 Звездочки

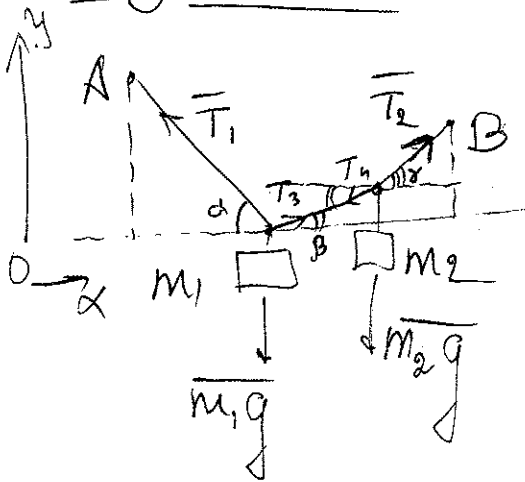
ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись
1	2	3	4	5	6	7	<i>[Signature]</i>

Задача №1.



1) Запишем  $\vec{m}a = \vec{m}g + \vec{T}_1 + \vec{T}_3$

$$1: \vec{m}a = \vec{m}g + \vec{T}_1 + \vec{T}_3$$

т.к. система покоится:

$$Oy: m_1 g = T_1 \sin \alpha + T_3 \sin \beta.$$

$$Ox: T_1 \cos \alpha = T_3 \cos \beta.$$

$$2: \vec{m}a = \vec{m}g + \vec{T}_2 + \vec{T}_4$$

$$Oy: m_2 g + T_4 \sin \beta - T_2 \sin \delta = 0.$$

$$m_2 g = T_2 \sin \delta - T_4 \sin \beta.$$

$$Ox: T_4 \cos \beta = T_2 \cos \delta.$$

2) Выразим  $T_3$  и  $T_4$ ; приравняем их, т.к. цепь прикреплена к одному участку цепи.

$$T_3 = \frac{m_1 g - T_1 \sin \alpha}{\sin \beta} \quad m_1 g = T_1 \sin \alpha + T_3 \sin \beta.$$

$$T_1 = \frac{T_3 \cos \beta}{\cos \alpha}.$$

$$m_1 g = \frac{T_3 \cos \beta \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} + T_3 \sin \beta.$$

$$m_1 g = T_3 (\cos \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha + \sin \beta)$$

$$T_3 = \frac{m_1 g}{\cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \sin \beta}$$

Лист 1 из 3

Продолжить  $\rightarrow$





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

И.О.Ш.

Работа по Физике

Дата 27.02.2022.  
Вариант № 1

Площадка написания:  
2. Заречный

ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**  
(не заполнять)

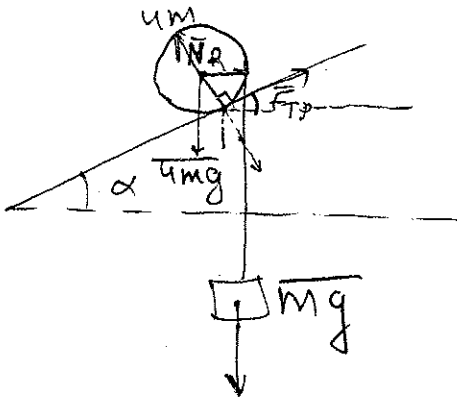
1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

Знаем,  $\frac{n}{n_2} = \frac{N}{3N}$ ;  $n_2 = 3 \cdot n$

Ответ:  $n_2 = 3n$  (3n оборотов совершит 2 колесо).

Задача 3

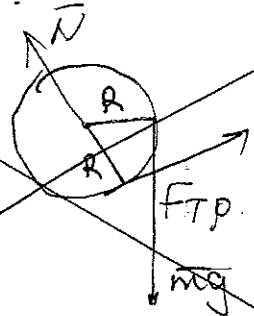
① Рассмотрим цилиндр:



Сила тяжести, действующая на него, направлена к его центру. В проекции точки эта точка совпадает с т. пересечения образующих. То есть момент силы тяжести = 0 т.к. приложен в центр вращения.

Для р-ш отгр  $\vec{N}$  так же проходит через центр. Если момент = 0

$M_1 = M_2$  (если цилиндр покоится)

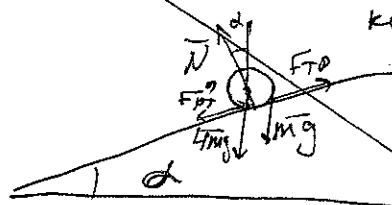


~~$F_{тр} \cdot R = mg \cdot R$~~

~~$F_{тр} = mg$~~

② Найдем N:

цилиндр действует на плоскость с силой трения  $F_{тр}$ , которая в сумме с  $F_{тр}$  дают 0.



~~$4mg + mg = N \cdot \cos \alpha$~~

~~$5mg = N \cos \alpha$~~

~~$N = \frac{5mg}{\cos \alpha}$~~

3)  $F_{TP} = mg$ ;  $F_{TP} = \mu \cdot N$ ;  $\mu = 1$  (просто-уклоном)

$N = \frac{5mg}{\cos \alpha}$

1.  $\mu \cdot N = mg$

$\frac{5mg}{\cos \alpha} = mg \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{5}$ ; т.к.  $\cos \alpha \in [-1; 1]$ ,

значит угол равен  $\alpha = 11,31^\circ$

~~Моменты сил тяжести~~

• Пока шар покатится,  $M_1 = M_2$

$M_1 = 4mg \cdot R \cdot \cos \beta$

$M_2 = mg \cdot R(1 - \cos \beta)$

$4mgR \cos \beta = mgR(1 - \cos \beta)$

$4 \cos \beta = 1 - \cos \beta$

$5 \cos \beta = 1$

$\beta = \arccos \frac{1}{5}$ ;  $\beta = 78,5^\circ$ ;  $\alpha = 90 - \beta = 11,54^\circ$

~~$\cos \beta = \frac{1}{5} \Rightarrow \beta = 78,7^\circ$~~

~~$\sin \beta = \frac{4}{5} \Rightarrow \beta = 51,9^\circ$~~

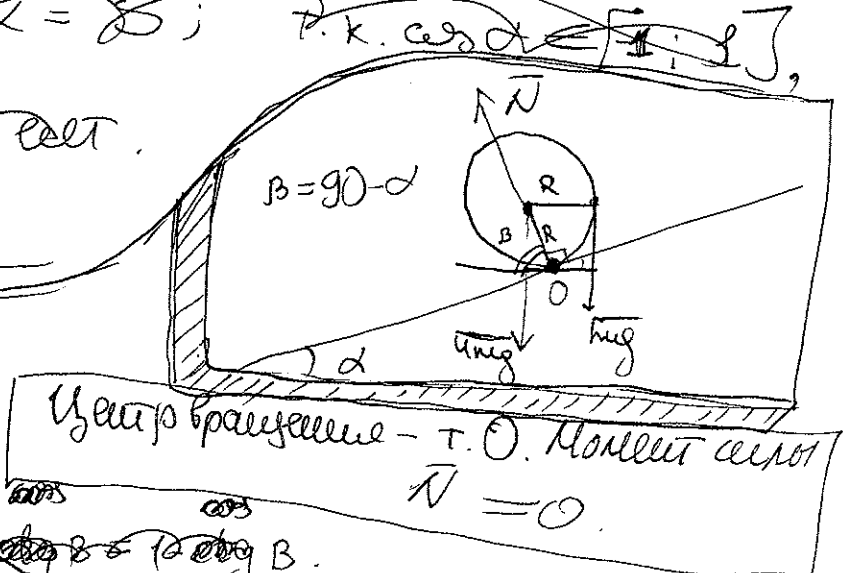
~~$\beta = 78,7^\circ$~~

~~$\alpha = 90 - \beta = 11,31^\circ$~~  Ответ:  $\alpha = 11,31^\circ$

~~Значит  $\alpha = 11,54^\circ$~~

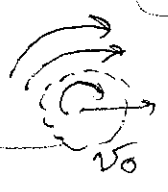
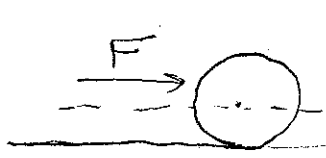
Задача N 5

при  $\alpha < 11,54^\circ$  колесо катится вправо



1) Оба шара пойдут в противоположную сторону:

мы знаем, что при абсолютно упругом (или почти абсолютно упругом) столкновении равной массы обмениваются скоростями, при этом полная механическая энергия сохраняется. Для того, чтобы тела не просто обменялись скоростями, а продолжили движение в одном направлении, телу надо угодать избыточную энергию (например, вращательную). Чтобы это сделать, необходимо угадать величину центра шара:



(шар скользит по направлению движения и обладает избыточной энергией  $\frac{1}{2} I \omega^2$  где  $I$  - момент инерции шара)

$\frac{1}{2} m v^2$  переходит в вращательную энергию  $\frac{1}{2} I \omega^2$



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

И.О.Ш

Работа по физике

Дата 27.02.2022  
Вариант № 1  
Площадка написания:  
г. Заречный  
ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**  
(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

2) Аналогично поступают во II случае.  
Шар должен обладать избыточной "отрицательной" энергией  
фрагментального гв.  $\frac{-mI^2}{2}$ ; После удара его кинетическая  
энергия  $m v_0^2$  пойдет на разведение шаров, а  $E_{вр.} = \frac{-mI^2}{2}$  преобр-  
зуется в  $E_{к II}$  шара и направит его назад.  
Значит, можно ударить и более сильно шар.



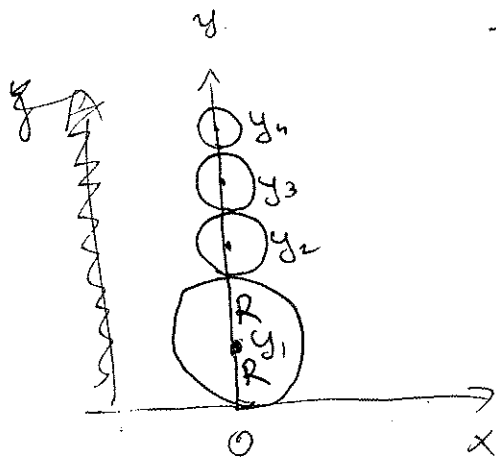
Задача 6:

- $m_1 = m$
- $m_2 = \frac{m}{8}$
- $m_3 = \frac{m}{6.4}$
- $m_4 = \frac{m}{512}$  и т.д.

Т.к. радиус уменьшается в 2 раза, масса шара уменьшается в  $2^3 = 8$  раз.

При том масса каждого следующего шара будет еще меньше, как и его радиус.

Видим, что масса 5 шара будет уже меньше, поэтому можно рассмотреть приближенно систему из 4 таких шаров.

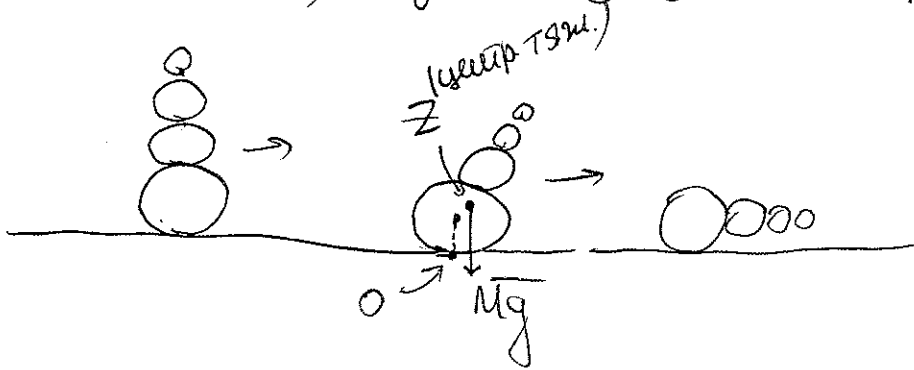


Найти у центра ТЭМ:

$$y_{cs} = \frac{2R \cdot m + (2R + R/2) \frac{m}{8} + (2R + R + R/4) \frac{m}{64} + (2R + R + R/2 + R/8) \frac{m}{512}}{m(1 + \frac{1}{8} + \frac{1}{64} + \frac{1}{512})}$$

$$= \frac{2R + 0,3125R + 0,05R + 7 \cdot 10^{-5}R}{1,14} \approx 1,2R$$

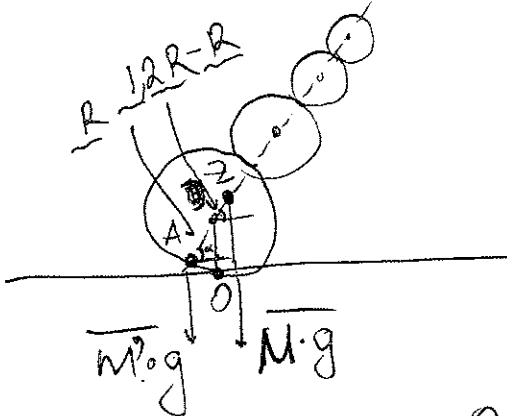
• В первом случае неважно, какой из того, что его центр масс находится на той же горизонтальной точке опоры: (если было идеально, что уравновешивало бы силы тяжести).



2) С пружиной:

масса системы  $M \approx m + \frac{m}{8} + \frac{m}{64} + \frac{m}{512} \approx 1,143m$ .

Рассмотрим наклоненную ванну и запишем правило моментов: центр масс - A - Т. качения Т. О.



$$m' \cdot g \cdot R \cos \alpha = 0,2 \cdot R \cdot M \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$m' = 0,2M$$

$$m' = 0,229m$$

Ответ: масса груза = 0,23m. ~~мет 6 из 6~~