

2

318532
Регистрационный номер

МФТИ
Площадка написания

Виргинийская школа
Школа

Фамилия Хосенов

Имя Александр

Отчество Александрович

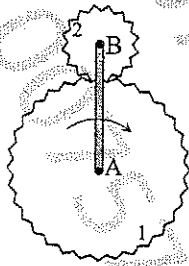
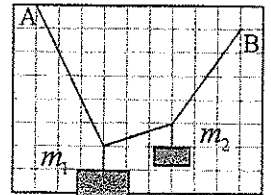
193
(не заполнять)

Хосенов
Подпись

«Утверждаю»
Председатель оргкомитета олимпиады

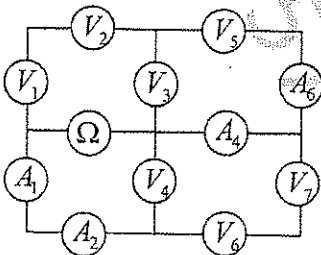
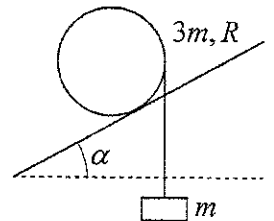
НИЯУ МИФИ, РУТ (МИИТ), НГТУ, Самарский университет, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», БГТУ им. В.Г. Шухова, ВлГУ
«Инженерная олимпиада школьников», Заключительный тур, 11 класс
2 вариант

4. 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 .



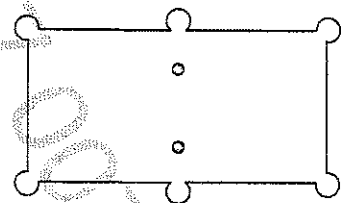
2. В дифференциалах автомобилей и автоматических коробках передач используются системы шестерней, в которых отсутствуют жесткие кинематические связи – планетарные передачи. Рассмотрите модель планетной передачи, в которой кривошип АВ (рычаг, вращающийся вокруг одного из своих концов) вращается вокруг 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?

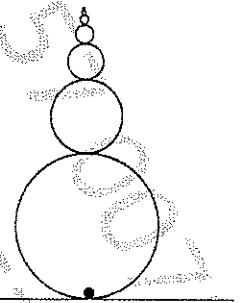


4. Собрана электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке. Цепь состоит из шести амперметров, семи вольтметров и одного омметра (прибора для измерения сопротивлений). Известны показания вольтметра V_3 : $U = 1$ В и амперметра A_4 : $I = 1$ мкА. Найти сопротивление вольтметра и показания омметра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

5. Если два бильярдных шара встанут 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 .





ШИФР: 193
(не заполнять)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по Интернет-олимпиаде школьников

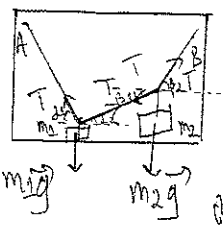
Дата 27 февраля 2022
Вариант № 2
Площадка написания:
МФТИ

ОЦЕНКА
(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись
2	2	2	2	2	2	12	<i>[Signature]</i>

ФИО и рег. номер не
указывать!

Задача 1.



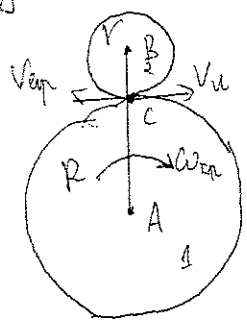
Кинь телеса => сила натяжения постоянна по всей длине нити и равна T.

2 закон Ньютона для узлов (условие равновесия узлов) $a_{уз} = 0$

$$\begin{cases} T(\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2) = m_1 g \\ T(\sin \beta_2 - \sin \beta_1) = m_2 g \end{cases} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2}{\sin \beta_2 - \sin \beta_1} = \frac{\frac{6}{\sqrt{36+9}} + \frac{1}{\sqrt{10}}}{\frac{4}{5} - \frac{1}{\sqrt{10}}} = \frac{\frac{6}{5\sqrt{5}} + \frac{1}{\sqrt{10}}}{\frac{4}{5} - \frac{1}{\sqrt{10}}} = \frac{2 + \frac{1}{\sqrt{2}}}{\frac{4}{\sqrt{5}} - \frac{1}{\sqrt{2}}} = \frac{2\sqrt{2}+1}{\frac{4\sqrt{2}-\sqrt{5}}{\sqrt{10}}} = \frac{2\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{10}}{4\sqrt{2}-\sqrt{5}} = \frac{(2\sqrt{2}+1)\sqrt{5}}{4\sqrt{2}-\sqrt{5}} \approx \frac{3.8 \cdot 2.2}{5.6 - 2.2} = \frac{3.8 \cdot 2.2}{3.4} = \frac{3822}{34} = \frac{38 \cdot 11}{1} \approx \sqrt{25}$$

Ответ: $\frac{m_1}{m_2} \approx \sqrt{25}$

Задача 2.



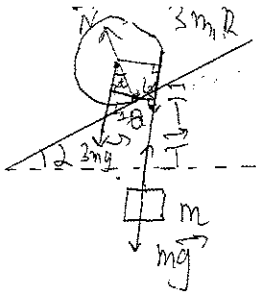
Пусть $\omega_{кр}$ - угловая скорость вращения
Рассмотрим точку C. Т.к. шестерни не проскальзывают друг относительно друга, то ее линейная скорость равна нулю.
Каска 1 неподвижна => она не вращается

$$v_{cp} = v_k \\ v_{cp} = \omega R \quad (R - \text{радиус, } \omega - \text{угловая скорость вращения шестерни})$$

Вся шестерня вращается вокруг своей оси λ
 $v_k = \omega_{кр} R \Rightarrow \omega = \frac{R}{r} \omega_{кр}$
 $n = \frac{R}{r} \cdot n$

Чтобы шестерни могли вращаться \Rightarrow для этого должны быть одинакового размера => для них окружности и радиусы относятся так же, как количество зубьев $\Rightarrow \frac{R}{r} = \frac{2N}{N} = 2 \Rightarrow n = 2n$
Ответ: $2n$ оборотов

Задача 3.



Промышленный цилиндр стоит на наклонной плоскости неограниченно.

$$T = mg$$

Условие отсутствия вращения - равенство нулю момента сил. Т-м моментом сил, приложенных к цилиндру касания цилиндра и наклонной плоскости.

Относительно точки Q - точки касания цилиндра и наклонной плоскости.

$$3mgL_1 = TL_2 = mgL_2$$

$$L_1 = R \sin \alpha$$

$$3L_1 = L_2$$

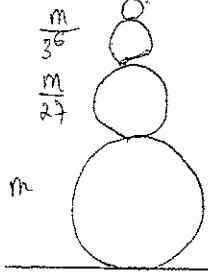
$$L_2 = R - R \sin \alpha = R(1 - \sin \alpha)$$

$$3 \sin \alpha = 1 - \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{4}$$

Тогда $\sin \alpha < \frac{1}{4}$ цилиндр ~~на~~ не покатится вверх

Условие: $\sin \alpha \leq \frac{1}{4}$



Задача 6

1) Конструкция будет неустойчива, если у центра масс гомогенной системы будет положительная высота конструкции. Условием устойчивости координату центра масс:

Для n-го шара: $m = \frac{4}{3} \pi \rho \cdot r_n^3 = \frac{m}{3^{2n-1}}$

$R = r_n = \frac{R}{3^{n-1}}$, координата

$$\sum_{i=1}^{n-1} 2 \cdot r_i + r_n = x_c = 3R \left(\left(\frac{1}{3} \right)^{n-1} \right)$$

$$x_c = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3^{2n-1}} \cdot 2R \left(\left(\frac{1}{3} \right)^{n-1} \right)}{\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3^{2n-1}}}$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} 2 \cdot \frac{R}{3^{n-1}} = 2R \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{3^{n-1}} = 2R \cdot \frac{\left(\frac{1}{3} \right)^{n-1} - 1}{\frac{1}{3} - 1} = 3R \left(\left(\frac{1}{3} \right)^{n-1} - 1 \right)$$

$$= R \frac{A}{\frac{1}{27} - 1} = R \frac{A}{-\frac{26}{27}} = -\frac{27}{26} R A$$

$$A = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3^{2n-1} - 1} - \sum_{n=1}^{\infty} R \cdot 8 \cdot \frac{1}{3^{2n-1}} =$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{R}{3^{2n-1}} - \sum_{n=1}^{\infty} R \cdot \frac{1}{3^{2n-1}} =$$

$$\approx R \frac{106}{26+1} \frac{3}{2} = R \frac{106}{27} \text{ - координата}$$

$$= R \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{9}} + 1 + \frac{1 - \frac{1}{9}}{\frac{1}{3} - 1} \right) =$$

центра масс

Средняя высота: $x_{ms} = \frac{1}{2} R \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3^{n-1}} = \frac{1}{2} R \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{3}} \right) = R \left(2 + \frac{81-1}{80} + \frac{27-1}{26} \right) = 106R$

$$+ \frac{2}{3} \frac{3}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} R$$

$$\left(\frac{81}{80} + \frac{51}{26} \right) \approx 3R$$

$$y_{удов} = \frac{b_1}{1-q}$$

Координата центра масс примерно равна $2R$, координата нуля - $2R > \frac{3}{2} R$ - у-фа отрицательна.



ШИФР: 193
(не заполнять)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по Упругой амплитуде шариков

Дата 27 февраля 2022
Вариант № 2
Площадка написания:
МФТИ
ФИО и рег. номер не
указывать!

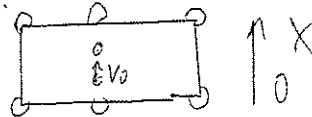
ОЦЕНКА
(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

2) Конструкция устойчива, если центр масс находится ниже $\frac{3}{2}R$.
Суммарная масса конструкции (без груза) $M = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{m}{3^{n-1}} = m \cdot \frac{1}{1-1/3} = \frac{3}{2}m$
 $\frac{\frac{27m}{26} \cdot \frac{3}{2}R}{\frac{27}{26}m + M} = \frac{3}{2}R$; $\frac{2m}{m + \frac{26}{27}M} = \frac{3}{2}$; $4m = 3m + \frac{26}{9}M$
 $M = \frac{9}{26}m \Rightarrow$ масса груза $\frac{9}{26}m$
Ответ: $M_{гр.} \geq \frac{9}{26}m$

Задача 5.

1) Оба шара покоятся в одну лужу.
Удар шаров центральный (из-за это).



Во время удара оба шара движутся). Будет ~~перенос энергии~~ Σ кин. Энергия шаров
после удара стала в k раз меньше начальной. (удар следует считать вдоль оси x)

$3(m) \cdot mV_0 = mV_{1x} + mV_{2x}$
Закон сохранения энергии: $\frac{mV_0^2}{2} k = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2}$, $k > 1$

$\begin{cases} V_0 = V_{1x} + V_{2x} \\ kV_0^2 = V_{1x}^2 + V_{2x}^2 \end{cases}$

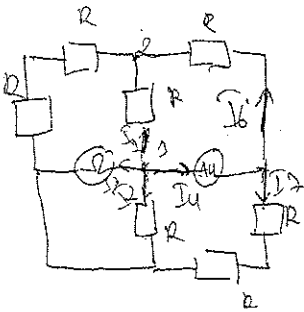
$k(V_{1x}^2 + 2V_{1x}V_{2x} + V_{2x}^2) = V_{1x}^2 + V_{2x}^2$
 $V_{1x}^2(1-k) - 2V_{1x}V_{2x}k + V_{2x}^2(1-k) = 0$

$\frac{0}{V_{1x}} = V_{2x}^2 k^2 - V_{2x}^2(1-k)^2 = -V_{2x}^2 + 2V_{2x}^2 k$

$2k - 1 > 1 \Rightarrow \sqrt{2k(2k-1)} > V_{2x} \Rightarrow V_{1x} = \frac{V_{2x} \pm \sqrt{2V_{2x}^2 k V_{2x}^2}}{1-k} = \frac{V_{2x} \pm \sqrt{V_{2x}^2(2k-1)}}{1-k}$

\Rightarrow для различных корней скорости направлены либо в одну сторону, либо в разные \Rightarrow
 \Rightarrow при разных начальных скоростях шары не могут поехать либо в одну сторону, либо в разные (вследствие центра - Лист 2 из 2
Во ударе - тепловые потери при ударе)

Задача 4



$$U_{12} = 9\text{В}$$

$$I_4 = 2\text{мА}$$

$$U_{12} = R I_6 - I_1 R = R (I_6 - I_1)$$

$$I_4 + I_1 + I_3 + I_2 = 0$$

$$U_{12} = +I_6 R + I_u R + 2R I_7$$

- $I_u R$ полярность напряжения.

$$R = \frac{U_{12}}{I_1}$$

$I_7 = 0$