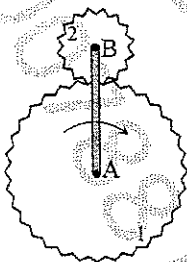
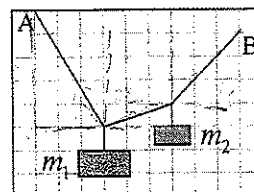


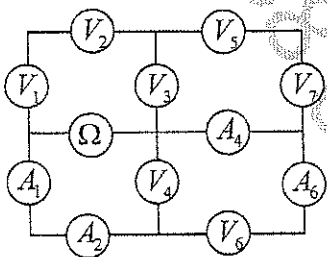
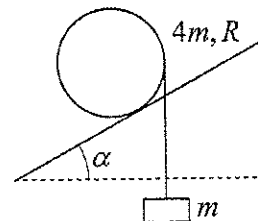
1330-986
Регистрационный номерДолгоносинский
Площадка написания1580
ШколаФамилия ДанильченкоИмя МарияОтчество Олеговна197
(не заполнять)
Подпись«Утверждаю»
Председатель оргкомитета олимпиады
НИЯУ МИФИ, РУТ (МИИТ), НГТУ им. Р.Е.Алексеева, Самарский университет, СПбЭТУ «ЛЭТИ»,
БГТУ им. В.Г.Шухова, ВлГУ
«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 .



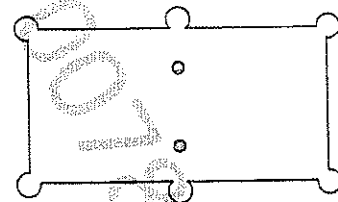
2. В дифференциалах автомобилей и автоматических коробках передач используются системы шестерней, в которых отсутствуют жесткие кинематические связи – планетарные передачи. Рассмотрите модель планетной передачи, в которой кривошип АВ (рычаг, вращающийся вокруг одного из своих концов) вращается вокруг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

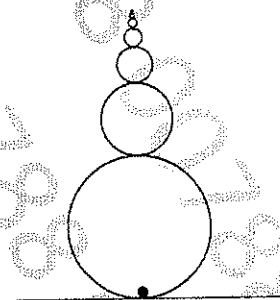


4. Собрана электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке. Цепь состоит из шести амперметров, семи вольтметров и одного омметра (прибора для измерения сопротивлений). Известны показания вольтметра V_3 : $U = 1$ В и амперметра A_4 : $I = 1$ мкА. Найти сопротивление вольтметра и показания омметра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

Дата 27.02.2022

Вариант № 1

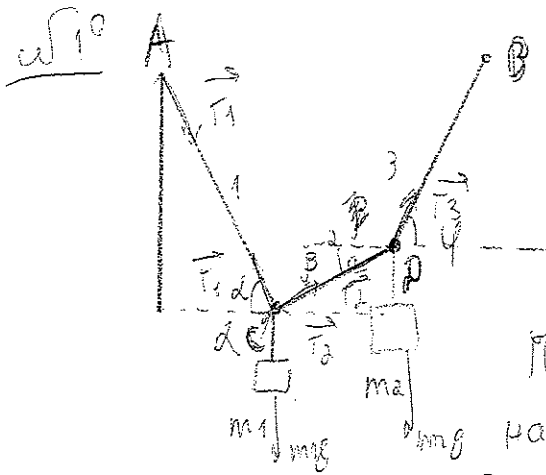
Площадка написания:

Дополнительно

ФИО и рег. номер не
указывать!

ОЦЕНКА
(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись
4	2	2	3	2	2	9	<i>[Signature]</i>



Диаметры частей нити
AC - 1, CD - 2, DB - 3. Угол каждой части
~~нити~~ нити на концах нити равен
этой струе (т.е. нить (веревка) нерастяжима)

Пусть на участке 1 действуют силы T_1 , на 2 - T_2 ,
на 3 - T_3 . Значения углов α , β и φ считаем

из чертежа: $\sin \alpha \approx 0,858$; $\sin \beta \approx 0,916$; $\sin \varphi \approx 0,707$
 $\cos \alpha \approx 0,515$; $\cos \beta \approx 0,949$; $\cos \varphi \approx 0,707$

т.к. система находится в равновесии, то:

$$\begin{cases} T_1 \cos \alpha = T_2 \cos \beta \rightarrow \frac{T_1}{T_2} \approx 1,843 \Rightarrow T_1 = 1,843 T_2 \\ T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \beta = m_1 g = T_2 (1,843 \sin \alpha + \sin \beta); T_2 \approx \frac{m_1 g}{1,897} \quad (1) \end{cases}$$

Аналогично для точки D:

$$\begin{cases} T_2 \cos \beta = T_3 \cos \varphi \rightarrow T_3 = T_2 \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \varphi} \approx 1,342 T_2 \\ T_2 \sin \beta + T_3 \sin \varphi = m_2 g; T_2 (\sin \beta + 1,342 \sin \varphi) = m_2 g; T_2 \approx \frac{m_2 g}{1,265} \quad (2) \end{cases}$$

Поделим (1) на (2):

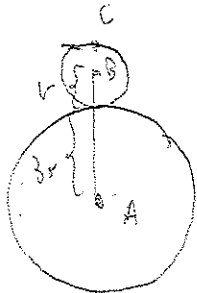
$$\frac{m_1}{1,897} \cdot \frac{1,265}{m_2} = 1; \frac{m_1}{m_2} \approx 1,5$$

Ответ: $\frac{m_1}{m_2} \approx 1,5$

ω_в

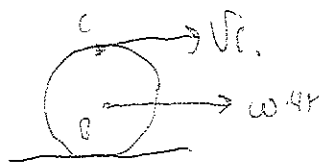
Т.к. каждой зубчине на шестерне 1 приходится "зубка" на шестерне 2, то радиус шестерни 2 (=r) относится к радиусу шестерни 1 (=R) как $\frac{N}{3N} = \frac{1}{3} \Rightarrow$

$\Rightarrow R = 3r$



центр шестерни 2 (B) вращается по окр., имеющую радиус $R_2 = r + 3r = 4r$.

Пусть ω - ~~скорость~~ угловая скорость кривошипа, и, соответственно, точки B. Тогда скорость точки B $v_B = \omega \cdot 4r$. Скорость точки C, находящаяся на расстоянии 5r от точки A, складывается из скорости точки B и скорости, обусловленной вращением колеса вокруг своего центра B. (рассматриваем шестерню, как катящийся шарик).



$v_c = \omega \cdot 4r + \omega_{обор} \cdot r$, где ω_{обор} - угловая скорость, с которой шестерня 2 вращается вокруг точки B.

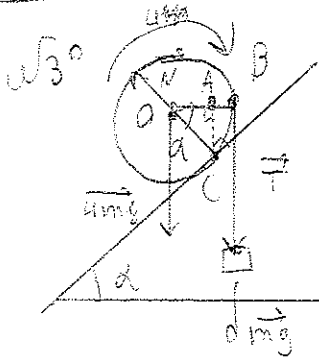
При таком типе движения $v_c = 2 \omega \cdot 4r$ (звезды поступательными скоростями). Это выполняется, т.к. шестерня 2 движется по шестерне 1 без проскальзывания.

Тогда: ω_{обор} · r = 2ω · 4r - ω · 4r = ω · 4r ⇒ ω_{обор} = 4ω, что означает, что в момент, когда кривошип AB свисает n оборотов, шестерня 2 делает 4n оборотов

Ответ: 4n



Сила T приложена в точке B, находящаяся на одном уровне с центром окр. O. Чтобы колесо катилось вверх, момент сил должен закручивать его против часовой стрелки.



Рассмотрим моменты сил относительно г. A ∈ ⊙ B, являющегося основанием перпенд., опущенного из г. C:

$M_N = 0$ (момент реакции опоры)
 $M_{4mg} = 4mg \cdot AB$; $M_T = mg \cdot AB$ ($\vec{T} = \vec{mg}$)

$\angle BOC = 90 - \alpha$

Угол ~~в~~ ΔBOC - равн., ⇒ ~~180 - 90 + alpha~~ $\angle BOC = 180 - 90 + \alpha$

т.к. OC = R, то: $AB = R \sin \alpha$, $BC = R - R \sin \alpha$ (т.к. OB = OC = R)

Получаем: $M_{4mg} = 4mg \cdot R \sin \alpha$; $M_T = mg R (1 - \sin \alpha)$

Условие "кручения" против час. стрелки по час. стрелке: $M_T > M_{4mg}$
 $mg R (1 - \sin \alpha) > 4mg R \sin \alpha$; $1 - \sin \alpha > 4 \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha < \frac{1}{5}$, $\alpha < 11,5^\circ$

Ответ: $\alpha < 11,5^\circ$





ШИФР: 197
(не заполнять)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по Физике

Дата 24.02.2022

Вариант № 1

Площадка написания:

Домопродумано

ФИО и рег. номер не
указывать!

ОЦЕНКА

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

ω^2
В случае (а) шарик наносит удар шара по шару 1, и тот начинает движение с какой-то скоростью V . После столкновения, шар 1 останавливается, а шар 2

приобретёт скорость шара 1 $\left\{ \begin{aligned} mV &= mV_1 + mV_2 \\ \frac{mV^2}{2} &= \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} \end{aligned} \right.$ (возможно только когда $V_1 = 0$)

0 2
↑ V
0 1

Чтобы этого не произошло, шар 1 должен иметь доп. кинетическую энергию, обусловленную вращением: момент энергии шара 1: $J = \frac{mR^2}{2}$,

где m и R — это масса и радиус. Тогда его начальная кин. энергия:

$E_{k0} = \frac{mV^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$. После столкновения E_{k0} уменьшится на $\frac{mV^2}{2}$:

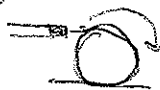
$E_{k2} = \frac{J\omega^2}{2}$ — за счёт этой энергии шар покатится дальше (очевидно, что до

столкновения шарик вращался с угловой скоростью ω)

(это выполняется, если при соударении между шарами отсутствует трение)

Эта кин. энергия вращения шара $E_{k0r} = \frac{J\omega^2}{2}$, где $\omega = \frac{V}{R}$ я не учёл, т.к. она направлена ~~со противоположной~~ энергии кин. энергия поступательного движения после столкновения уйдёт).

кат. Если мы хотим, чтобы шар 1 двигался вперёд, можно затратить его по направлению движения, т.е. ударить киви ближе к верхней точке



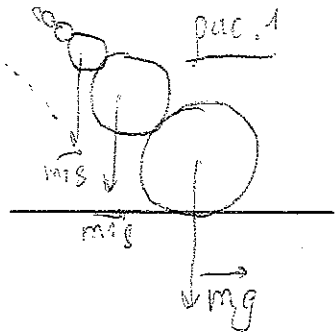
Если назад — то ближе к нижней



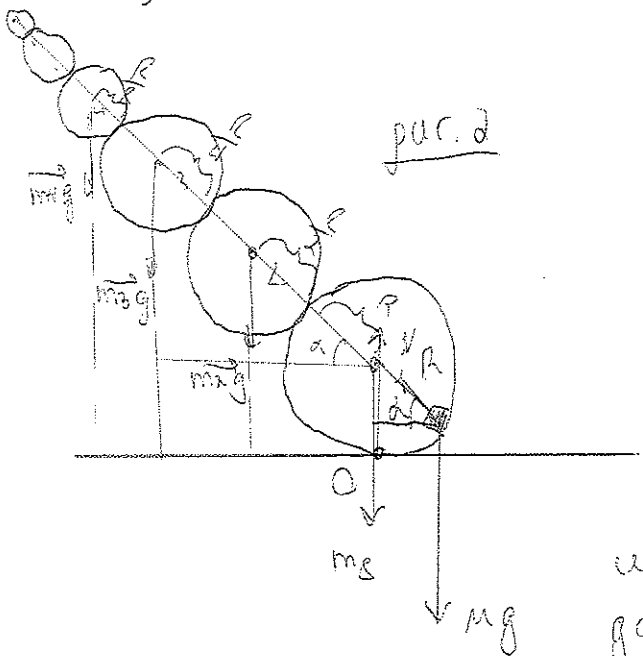
(4) (20)

Вб. а) Почему система неустойчива?

Как видно из рис. 1, все силы стремятся повернуть систему на бок



б) Какую должна быть масса тела M?



Объем шара 2: $V_2 = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{R}{2}\right)^3$ (где R - радиус шара 1) = $\frac{4}{3}\pi \frac{R^3}{8} = \frac{1}{8} V_{шар 1}$. Т.к. плотности шаров одинаковы, то масса каждого последующего шара меньше массы предыдущего в 8 раз.

Значит чтобы невращалась была устойчивой, момент силы тяжести нашего тела массы M должен уравновесить сумму моментов сил

тяжести всех шаров. Распишем, чему равен момент M_T всех шаров?

Рассмотрим по отдельности: для шара (будем рассматривать моменты относительно плоскости, на которой находится шар, т.е. относительно точки соприкосновения O - тогда момент силы реакции опоры \vec{N} станет равным 0).

Для шара 2: $M_2 = m_2 g \cdot \left(R + \frac{R}{2}\right) \cos \alpha = \frac{m g}{8} \left(R + \frac{R}{2}\right) \cos \alpha$

Для шара 3: $M_3 = m_3 g \left(R + \frac{R}{2} + \frac{R}{2} + \frac{R}{4}\right) \cos \alpha = \frac{m g}{8^2} \left(R + \frac{R}{2} + \frac{R}{2} + \frac{R}{4}\right) \cos \alpha$

Для шара 4: $M_4 = \frac{m g}{8^3} \left(R + \frac{R}{2} + \frac{R}{2} + \frac{R}{4} + \frac{R}{4} + \frac{R}{8}\right) \cos \alpha$

Суммируем, выносим $m g \cos \alpha$ за скобки?

$M_T = m g \cos \alpha \left(\frac{R}{8} + \frac{R}{2 \cdot 8} + \frac{R}{8^2} + \frac{R}{2 \cdot 8^2} + \frac{R}{2 \cdot 8^2} + \frac{R}{4 \cdot 8^2} + \frac{R}{8^3} + \frac{R}{2 \cdot 8^3} + \frac{R}{2 \cdot 8^3} + \frac{R}{4 \cdot 8^3} + \frac{R}{4 \cdot 8^3} + \frac{R}{8 \cdot 8^3} \right)$

Заметимgeom. прогрессию:

Первая: $\frac{R}{8} + \frac{R}{8^2} + \dots$, $q = \frac{1}{8}$. Тогда ее сумма $S_1 = \frac{\frac{R}{8}}{1 - \frac{1}{8}} = \frac{R}{7}$

Вторая: $\frac{R}{2 \cdot 8} + \frac{R}{4 \cdot 8^2} + \dots = \frac{1}{2} \left(\frac{R}{8} + \frac{R}{8^2} + \dots \right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{R}{7} = \frac{R}{14}$



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по Физике

Дата 27.02.2022

Вариант № 1

Площадка написания:

Домопродный

ФИО и рег. номер не
указывать!

ОЦЕНКА
(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

Вторая: $a \cdot \left(\frac{R}{2 \cdot 8^2} + \frac{R}{2 \cdot 8^3} \dots \right), q = \frac{1}{8}, S_2 = \frac{\frac{R}{2 \cdot 8^2}}{\frac{1}{8}} \cdot 2 = \frac{R}{8^2} \cdot \frac{8}{2} = \frac{R}{7 \cdot 8}$

Третья: $a \cdot \left(\frac{R}{4 \cdot 8^3} + \frac{R}{4 \cdot 8^4} \dots \right), q = \frac{1}{8}, S_3 = \frac{\frac{R}{4 \cdot 8^3}}{\frac{1}{8}} \cdot 2 = \frac{R}{4 \cdot 8^3} \cdot \frac{8}{2} = \frac{R}{7 \cdot 2 \cdot 8^2}$

и так далее. Заметим, что все они складываются в беск. геом. прогрессию

с $q = \frac{1}{2 \cdot 8}$ Тогда сумма $S_N = \frac{R}{7 \cdot 8} = \frac{R}{7 \cdot 8} \cdot \frac{16}{15} = \frac{2R}{15 \cdot 7}$
(по формуле)

Заметим, что у нас остались ещё члены: $\frac{R}{2 \cdot 8} + \frac{R}{4 \cdot 8^2} \dots$, где $q = \frac{1}{2 \cdot 8}$.

Тогда сумма этой прогрессии $S_{N2} = \frac{\frac{R}{2 \cdot 8}}{1 - \frac{1}{16}} = \frac{R}{2 \cdot 8} \cdot \frac{16}{15} = \frac{2R}{15}$

В сумме в итоге получим: $S_1 + S_N + S_{N2} = \frac{2R}{15 \cdot 7} + \frac{R}{15} + \frac{R}{7}$

$\Rightarrow \frac{2R + 7R + 15R}{15 \cdot 7} = \frac{24R}{105}$

Тогда $mg \cos \alpha = \frac{24R}{105}$

Или $mg \cos \alpha = M$, как видно из рис. 2? $mgR \cos \alpha$.
Значит установившаяся равновесие?

нет $M \cos \alpha < mgR \cos \alpha$
 $mg \cos \alpha \cdot \frac{24R}{105} < MgR \cos \alpha, M > \frac{24}{105} m$

Ответ: $M > \frac{24}{105} m$

⊕ 20

