159

(не заполнять)

2

314815
Регистрационный номер

НИЯУ МИФИ
Площадка написания

МОУ "Гимназия г. Раменское"
Школа

Фамилия Бирюков

Имя Егор

Отчество Владимирович

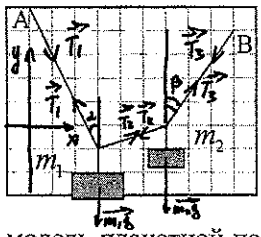
Подпись

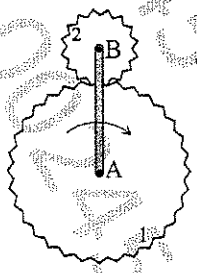
«Утверждаю»
Председатель оргкомитета олимпиады

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

2 вариант

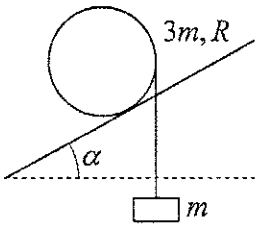
1. Концы невесомой веревки закреплены в точках А и В (см. рисунок). К веревке привязали два груза массами m_1 и m_2. По приведенному рисунку найти отношение масс грузов m_1/m_2.

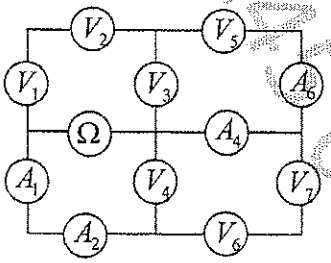




2. В дифференциалах автомобилей и автоматических коробках передач используются системы шестерней, в которых отсутствуют жесткие кинематические связи – планетарные передачи. Рассмотрите модель планетной передачи, в которой кривошип АВ (рычаг, вращающийся вокруг одного из своих концов) вращается вокруг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

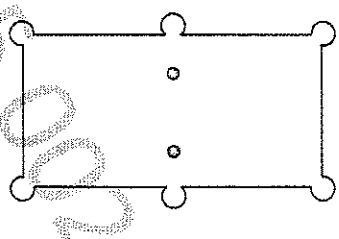
3. На однородный цилиндр радиуса R и массы $3m$ намотана невесомая нить, к концу которой привязано тело массы m. Цилиндр аккуратно кладут на наклонную плоскость, по которой он может катиться без проскальзывания, так, что его образующая перпендикулярна направлению быстрейшего спуска с плоскости (см. рисунок).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



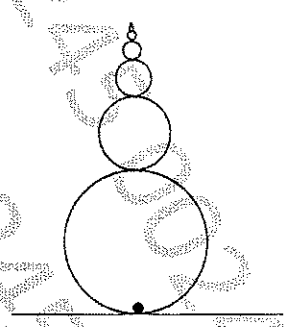


4. Собрана электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке. Цепь состоит из шести амперметров, семи вольтметров и одного омметра (прибора для измерения сопротивлений). Известны показания вольтметра V_3: $U = 1$ В и амперметра A_4: $I = 1$ мкА. Найти сопротивление вольтметра и показания омметра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



Председатель методической комиссии, 2022 год

ШИФР: 159
(не заполнять)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по физике

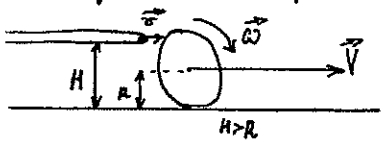
Дата 27.02.2022
Вариант № 2
Площадка написания: НИЯУ МИФИ
ФИО и рег. номер не указывать!

ОЦЕНКА
(не заполнять)

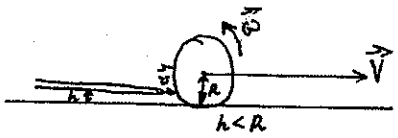
1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись
2	1	0,5	1,5	2	1	8	

№ 2

Если игрок ударяет по верхней части шара, он начинает вращаться по часовой стрелке и двигаться в направлении удара:



Если игрок ударяет по нижней части шара, он начинает вращаться против часовой стрелки и двигаться в направлении удара:



Тогда при соударении с неподвижным шаром, он может передать импульс прямолинейного движения, а импульс вращения будет передан незначительно, т.к. шарики гладкие и проскальзывают относительно друг друга.

Так можем получиться, что импульс вращения первого шарика после соударения со вторым шариком превысит изменённый импульс его прямолинейного движения. И тогда направление движения первого шарика будет зависеть от направления его вращения.

ЗСИ:

$\vec{p}_{фрагм_1} + \vec{p}_{0_1} = \vec{p}_{фрагм_1} + \vec{p}_1 + \vec{p}_2$;

$p_{0_1} = p_1 + p_2$;

$mv_0 = mv_1 + mv_2$;

$v_0 = v_1 + v_2$

ЗСЭ: $\frac{mv_{0_1}^2}{2} + E_{фрагм_1} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} + E_{фрагм_2}$;

$v_0^2 = v_1^2 + v_2^2$

$\begin{cases} v_0^2 = v_1^2 + v_2^2 \\ v_0 = v_1 + v_2 \end{cases} \Rightarrow v_1 = v_2 = \frac{v_0}{2} \Rightarrow \frac{mv_0}{2} < p_{фрагм_1} < mv_0$

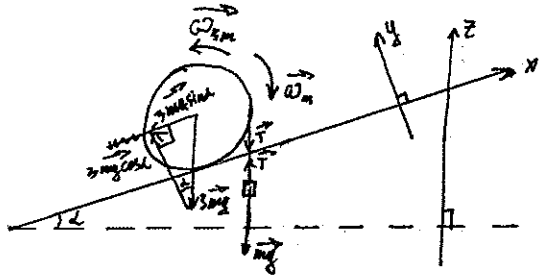
Ответ: изложен в решении.

№3

Без нити с грузиком на цилиндр действует сила тяжести $3mg$ (равнодействующая, приложенная к центру цилиндра), её проекция на накл. плоскость равна $3mg\sin\alpha$. Тогда по 2 закону Ньютона:

$3ma_\tau = 3mg\sin\alpha$; $a_\tau = g\sin\alpha$.

Со стороны нити на цилиндр действует сила $\vec{T}$, которая по 2 закону Ньютона равна $T = mg$. Эта сила задаёт цилиндру вращение в сторону $\vec{\omega_m}$, противоположную направлению вращения от силы $3mg\sin\alpha$ (проекции силы тяжести цилиндра на накл. пл-ть), $\vec{\omega_{3m}}$.



Чтобы цилиндр поднимался по накл. пл-ти нужно, чтобы выполнялось условие $\omega_m(t) > \omega_{3m}(t)$;

$a_\tau' \cdot t > a_\tau \cdot t$; $t>0$

$a_\tau' > a_\tau$;

$a_\tau' > g\sin\alpha$. (1)

По 2-му закону Ньютона: $3ma_\tau' = T$;

$3ma_\tau' = mg$;

$a_\tau' = \frac{g}{3}$. Тогда условие (1) записывается в виде: $\frac{g}{3} > g\sin\alpha$;

$\sin\alpha < \frac{1}{3}$;

$\boxed{\alpha < \arcsin\frac{1}{3}}$

Ответ: при $\alpha < \arcsin\frac{1}{3}$.

№2

Назовём "путём" шестерни количество зубьев, которые "встретились" на пути правилника AB. Тогда после "пути" шестерни 1 и шестерни 2 делились бы одинаково, т.е. $2N\cdot n = k\cdot N$;

$\boxed{k=2n}$, где k - кол-во оборотов шестерни 2 вокруг своей оси

Ответ: $2n$ оборотов.

ШИФР: 159
(не заполнять)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

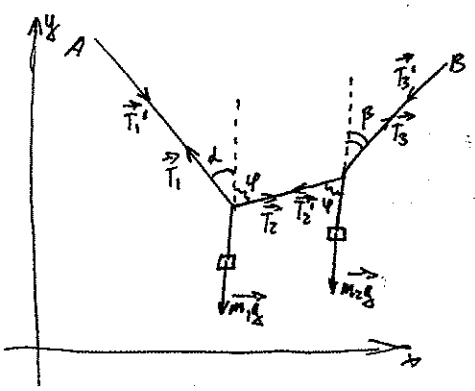
Работа по физике

Дата 27.02.2022
Вариант № 2
Площадка написания: НИЯУ МИФИ
ФИО и рег. номер не указывать!

ОЦЕНКА
(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

№1



$$\begin{cases} \vec{T_1}+\vec{T_2}+\vec{m_1 g}=0 \\ \vec{T_3}+\vec{T_2'}+\vec{m_2 g}=0 \end{cases} \Rightarrow \vec{T_1}+\vec{m_1 g}=-\vec{T_3}-\vec{m_2 g} \Rightarrow Ox:\ T_1\sin\alpha=T_3\sin\beta$$

$$Oy:\ T_1\cos\alpha+T_3\cos\beta=m_1 g+m_2 g$$

$$tg\,\alpha=\frac{1}{2} \qquad tg\,\beta=\frac{3}{4} \qquad tg\,\varphi=3$$

$$\begin{cases} T_2\sin\varphi=T_1\sin\alpha \\ T_2\cos\varphi+T_1\cos\alpha=m_1 g \\ -T_2\cos\varphi+T_3\cos\beta=m_2 g \end{cases}$$

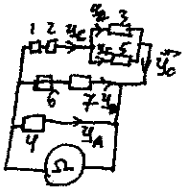
$$\frac{m_1}{m_2}=\frac{m_1 g}{m_2 g}=\frac{T_2\cos\varphi+T_1\cos\alpha}{T_3\cos\beta-T_2\cos\varphi}=\frac{\cos\varphi\cdot\frac{\sin\alpha}{\sin\varphi}+\cos\alpha}{\cos\beta\cdot\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}-\cos\varphi\cdot\frac{\sin\alpha}{\sin\varphi}}=\frac{1+\frac{tg\,\alpha}{tg\,\varphi}}{\frac{tg\,\alpha}{tg\,\beta}-\frac{tg\,\alpha}{tg\,\varphi}}=\frac{1+\frac{1/2}{3}}{\frac{1/2}{3/4}-\frac{1/2}{3}}=$$

$$=\frac{2+1/3}{\frac{4}{3}-\frac{1}{3}}=\frac{6+1}{4-1}=\boxed{\frac{7}{3}}$$

Ответ: $\frac{m_1}{m_2}=\frac{7}{3}$.

№4

Упростим схему, попутно исключая из её начертания амперметры (заменяя их пустыми проводами) и вольтметры (заменяя их резисторами с соотв. номерами) и обозначим токи на соотв. участках цепи в новой (удобнейшей) нумерации.
Тогда цепь выглядит так:



Причём $U_3=U=1$ В и $U_F+U_B=U_4=U=1$ мкА.
(по 1 правилу Кирхгофа)

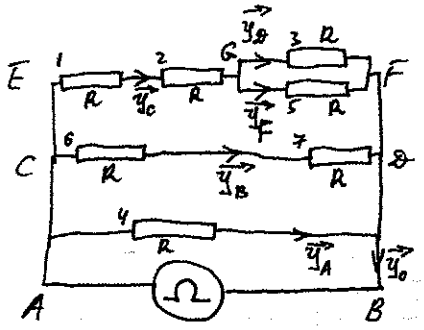
(Более крупный рис. – на след. стр.)

№4 - продолжение 1,5

ещё раз запишем условие:

$$I_F + I_B = 1 (\text{мкА})$$

$$U_3 = I_D \cdot R = 1 (\text{В})$$



$3 \parallel 5 \Rightarrow U_3 = U_5;$

$I_D \cdot R = I_F \cdot R;$

$I_D = I_F.$

По 1 правилу Кирхгофа: $I_C = I_D + I_F = 2I_F$

$R_{EF} = R + R + \frac{1}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}} = 2.5R \Rightarrow U_{EF} = I_C \cdot R_{EF} = 5 I_F \cdot R$

$EF \parallel CD \Rightarrow U_{EF} = U_{CD};$

$5 I_F \cdot R = I_B \cdot R_{CD};$

$5 I_F \cdot R = I_B \cdot (R+R);$

$I_B = 2.5 I_F.$

10^6

$I_F + 2.5 I_F = 1 (\text{мкА});$

$I_D = I_F = \frac{2}{7} (\text{мкА}) \Rightarrow R = \frac{U_3}{I_D} = \frac{1}{2/7} = \boxed{3.5 (\text{Ом})}$

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_{CD}} + \frac{1}{R_{EF}}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{2.5R}} = \frac{10}{19} R = \frac{10}{19} \cdot 3.5 \approx \boxed{1,842 (\text{Ом})}$$

Ответ: 1) 3.5 Ом;

2) 1,842 Ом.

ШИФР: 159
(не заполнять)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по физике

Дата 27.02.2022
Вариант № 2
Площадка написания: НИЯУ МИФИ
ФИО и рег. номер не указывать!

ОЦЕНКА
(не заполнять)

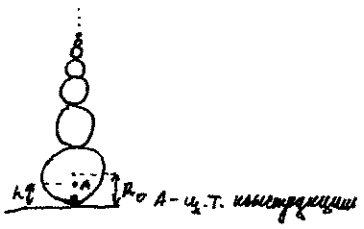
1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

№6

Из-за того, что центр тяжести конструкции выше, чем центр нижнего шара. (+)

$m = \rho \cdot V_б = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R_0^3$

$R_n = \frac{R_0}{3^n}$, $m_n = \frac{m}{3^{3n}}$ где $n \in N$ - порядковый номер каждого шара (номер самого большого шара - 0)



$h \le R_0$ - условие устойчивости конструкции

$$R_0 \ge \left(\left(\sum_{n=0}^{n+1} \frac{R_0}{3^n}\right) + R_0\right) \frac{\left(\sum_{i=0}^{i+1} \frac{m_0}{3^{3i}}\right)}{M}; \quad M>0,\ R_0>0$$

$$M \ge \left(\sum_{i=0}^{i+1} \frac{m}{3^{3i}}\right) \cdot \frac{R_0 + \sum_{n=0}^{n+1} \frac{R_0}{3^n}}{R_0},$$

$$\boxed{M \ge m \cdot \left(\sum_{i=0}^{i+1} \frac{1}{3^{3i}}\right) \cdot \left(1 + \sum_{n=0}^{n+1} \frac{1}{3^n}\right)}$$

Ответ: 1) Из-за того, что центр тяжести конструкции выше, чем центр нижнего шара;
2) оно должно иметь массу $M \ge m \cdot \left(\sum_{i=0}^{i+1} \frac{1}{3^{3i}}\right) \cdot \left(1 + \sum_{n=0}^{n+1} \frac{1}{3^n}\right)$. ?