

2

428745  
Регистрационный номер

МИФИ  
Площадка написания

Лицей "Вторая школа"  
Школа

Фамилия Герасимов  
Имя Александр  
Отчество Сергеевич

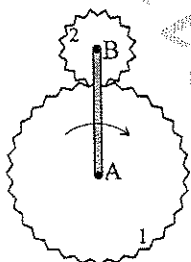
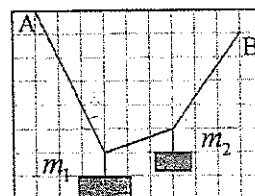
169  
(не заполнять)

Подпись

«Утверждаю»  
Председатель оргкомитета олимпиады

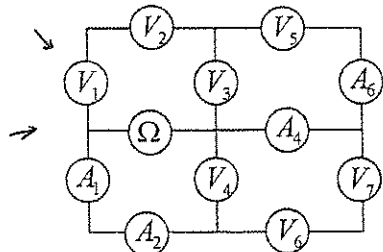
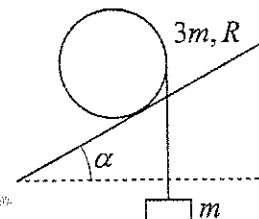
НИЯУ МИФИ, РУТ (МИИТ), НГТУ, Самарский университет, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», БГТУ им. В.Г. Шухова, ВлГУ  
«Инженерная олимпиада школьников», Заключительный тур, 11 класс  
2 вариант

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  $m_1/m_2$ .



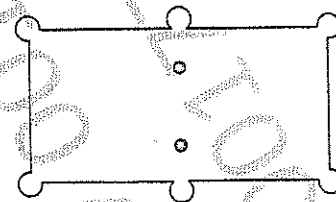
2. В дифференциалах автомобилей и автоматических коробках передач используются системы шестерней, в которых отсутствуют жесткие кинематические связи – планетарные передачи. Рассмотрите модель планетной передачи, в которой кривошип АВ (рычаг, вращающийся вокруг одного из своих концов) вращается вокруг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

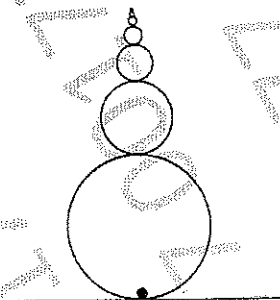


4. Собрана электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке. Цепь состоит из шести амперметров, семи вольтметров и одного омметра (прибора для измерения сопротивлений). Известны показания вольтметра  $V_1$ :  $U = 1$  В и амперметра  $A_1$ :  $I = 1$  мА. Найти сопротивление вольтметра и показания омметра  $\Omega$ . 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  $m$ .





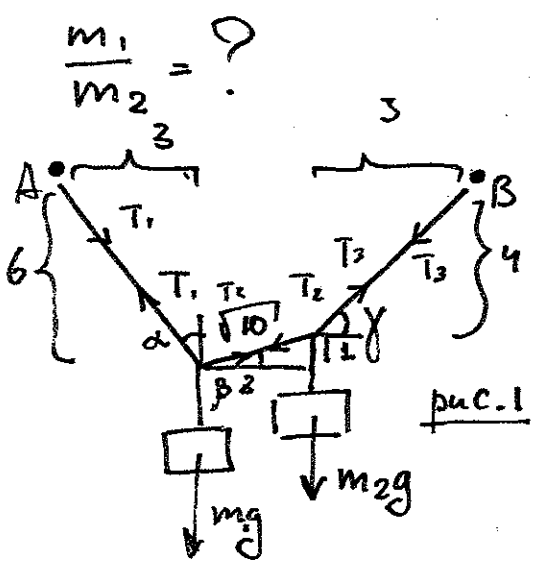


Дата 27.02.2022  
Вариант № 2  
Площадка написания:  
КИДУ МИФИ  
ФИО и рег. номер не

ОЦЕНКА  
(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись
2	0,5	2	2	2	2	10,5	

№ 1 "4" указывать!  
в варианте, но там была пометка 4.  
Дано:



Система находится в равновесии

II 3-х Ньютона (рис. 2, 3)

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

$$T_1 = \frac{T_2 \cos \beta}{\sin \alpha}$$

$$T_3 = \frac{T_2 \cos \beta}{\cos \gamma}$$

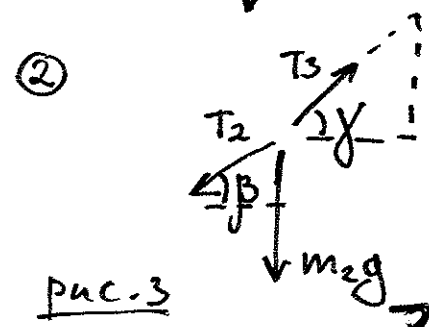
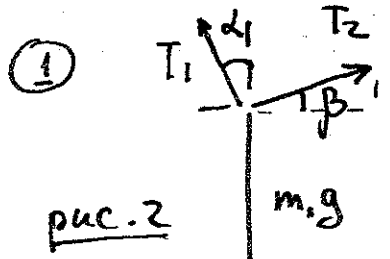
$$\Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{m_1 g}{m_2 g} = \frac{T_2 \cos \beta \cos \alpha + T_2 \sin \beta}{T_2 \frac{\cos \beta}{\cos \gamma} \sin \gamma - T_2 \sin \beta}$$

$$= \frac{\cos \beta \cos \alpha + \sin \beta \sin \alpha}{\cos \beta \sin \gamma - \sin \beta \cos \gamma} \frac{\cos \gamma}{\sin \alpha}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{3}{5} & \cos \beta &= \frac{4}{5} \\ \cos \alpha &= \frac{4}{5} & \sin \gamma &= \frac{4}{5} \\ \sin \beta &= \frac{1}{\sqrt{10}} & \cos \gamma &= \frac{3}{5} \end{aligned}$$

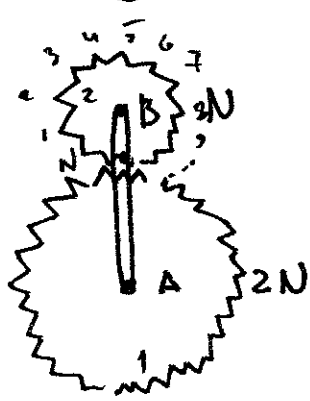
$$\Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{\frac{3}{5\sqrt{2}}}{\frac{3}{5\sqrt{10}}} \cdot \frac{3}{\frac{1}{\sqrt{5}}} = \frac{7 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot \sqrt{2}}{5 \cdot 5 \cdot 9 \cdot \sqrt{2}} = \frac{7}{3}$$

Лист 1 из 4  
Ответ: 7/3



N<sup>o</sup> ②

Дано: 0,5



AB - n оборотов  
вокруг оси A

~~Пусть в изн. момент времени t<sub>0</sub>  
Точка соприкосновения зубьев 2 и 1 - C.~~

За один оборот вокруг первого колеса второе колесо совершит 1 оборот: Пусть зубец 1 второго колеса в момент t<sub>0</sub> находится в точке C<sub>1</sub> первого колеса. Тогда, т.к.  $\frac{2N}{N} = 2$ , в следующий раз зубец 1 соприкоснется с колесом 1 в точке C<sub>2</sub>, диаметрально противоположной C<sub>1</sub>, => колесо 2 сделает по обороту. Подобный рез-т получится при любой нумерации зубьев 2 колеса.  
=> если колесо 1 сделает n оборотов, колесо 2 также совершит n оборотов.

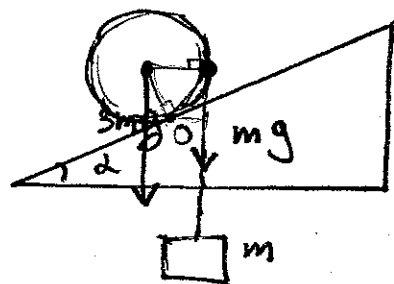


при

Ответ: n

③ Дано:

3m, R



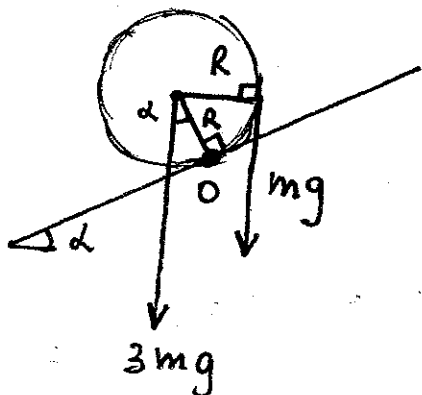
Вращение происходит вокруг точки O соприкосновения венца с наклонной плоскостью. 3-й момент сил:

~~$$R \sin \alpha \cdot 3mg < mg \cdot R \sqrt{(1 - \sin^2 \alpha)^2}$$~~

$$R \sin \alpha \cdot 3mg < mg \cdot (R - R \sin \alpha)$$

$$3 \sin \alpha < 1 - \sin \alpha$$

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



Ответ:  $\sin \alpha < \frac{1}{4}$



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по физике

Дата 27.02.2022

Вариант № 2

Площадка написания:  
МОСКВА (МИФИ)

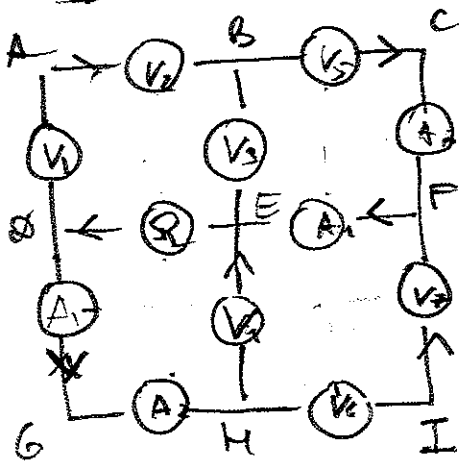
ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

(4)



$I_{A1} = I_{A2}$

Обозначим буквами соединенные узлы и введём предположительное направление тока (если оно ошибочно, в ответе будет  $-|I_i|$ );  $V_A \ll \Rightarrow$  считала уберём амперметры и посмотрим на ток и сопротивление



$\Rightarrow R_{\Omega} = \frac{\frac{2}{3}R \cdot \frac{5}{2}R}{\frac{4+15}{6}R} = \frac{10}{19}R$

$R_{DB} = 2R_v, R_{MF} = 2R_v, R_{OH} \ll$

пар.3:  $I_1 + I_3 + I_4 = I_8 = I_7 + I_6$

$I_6 = I_3 + I_2$

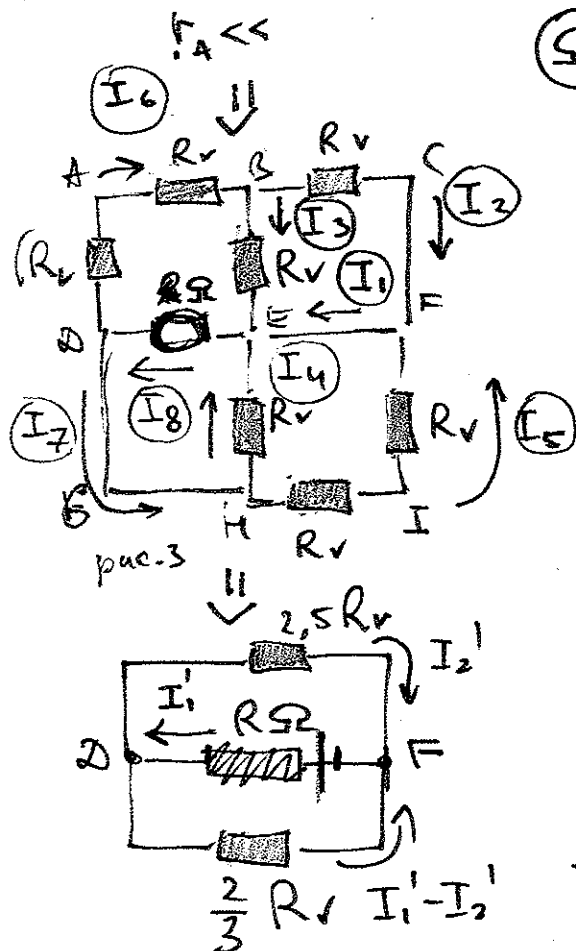
$I_7 = I_4 + I_5$

$I_1 = I_2 + I_5$

$I_3 \cdot R_v = I_2 R_v \Rightarrow I_3 = I_2, I_6 = 2I_3$

Лист 2 из 4

$I_4 \cdot R_v = 2R_v \cdot I_5 \Rightarrow I_4 = 2I_5$   
 $\Rightarrow I_7 = 3I_5$



$$2I_3 + \frac{3}{2}I_4 = I_1 + I_3 + I_4 = I_8 \Rightarrow I_3 + \frac{I_4}{2} = I_1$$

$$I_7 \cdot \frac{2}{8} = I_6 \cdot \frac{5}{2} \Rightarrow I_7 = \frac{15}{4}I_6$$


$$U = 10 = R_V \cdot I_3, \quad I = 10^{-6} \text{ A} = I_1$$

$$\frac{3}{2}I_4 = \frac{15}{4} \cdot 2I_3 \Rightarrow I_4 = \frac{15}{8}I_3 = 5I_3$$

$$\Rightarrow I_3 + \frac{5}{2}I_3 = I_1 = \frac{7}{2}I_3$$

$$\Rightarrow I_3 = \frac{2}{7}I_1 = \frac{2}{7} \cdot 10^{-6} \text{ A} \Rightarrow R_V = 3,5 \text{ MO}\Omega$$

$$R_\Omega = \frac{10}{19} \cdot \frac{7}{2} \text{ MO}\Omega = \frac{35}{19} \text{ MO}\Omega$$

Answer:  $3,5 \text{ MO}\Omega, \frac{35}{19} \text{ MO}\Omega$  

---

$$I_8 = I_7 + I_6 = \frac{3}{2}I_4 + 2I_3 = \frac{3}{2} \cdot 5I_3 + 2I_3 = 9,5I_3$$

$$U = I_6 \cdot 2,5 R_V = 2I_3 \cdot 2,5 R_V = 5I_3 R_V$$

$$\Rightarrow R_\Omega = \frac{5R \cdot 2}{19} = \frac{10}{19} R$$



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по физике

Дата 27.02.2022

Вариант № 2

Площадка написания:  
МИФИ

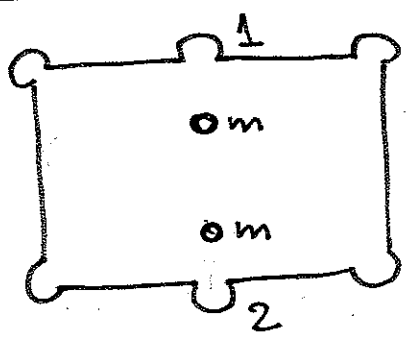
ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

№5 Дано:



Луза расположена в направлении удара => это лузы 1 и 2.

При пробном ударе центральном столкновении:

$$mV = mV_1 + mV_2, \quad V = V_1 + V_2$$

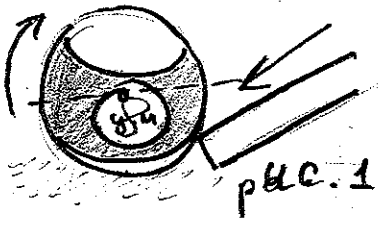
$$V^2 = V_1^2 + V_2^2 = V_1^2 + V_2^2 + 2V_1V_2$$

$$\Rightarrow V_1 = 0 \text{ or } \underline{V_2 = 0} \Rightarrow \text{этот вариант}$$

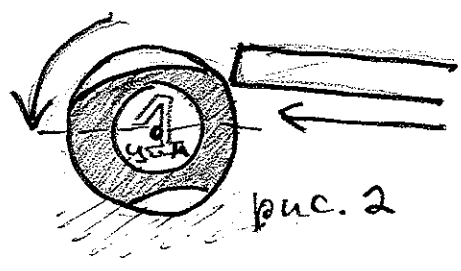
не подходит. Соударение шаров центральное, т.к.

иначе они бы сошли с оси "1-2"

=> удар кия не центральный.



Ударом шару придается скорость и вращение. Если шар крутится



против направление движения (рис. 1), после столкновения со

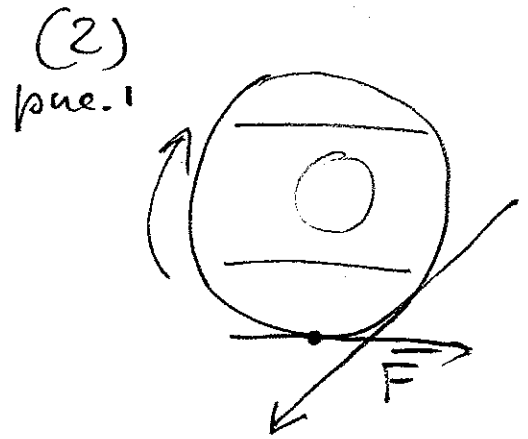
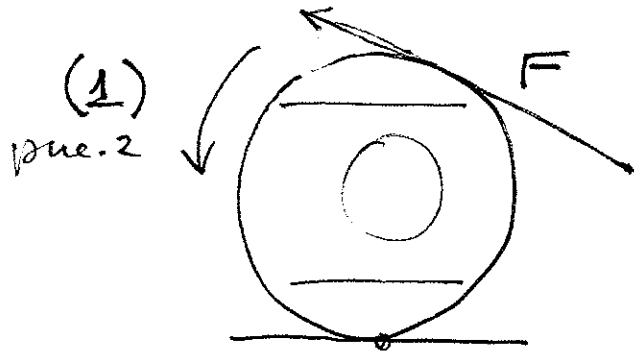
вторым шаром он покатится в

обратную сторону, а если по направлению

движения (рис. 2), то даже

после столкновения он не потеряет вращ. импульс и продолжит двигаться вперед (при условии не

абсолютного трения => есть и скольжение, и качение)



6

Дано:

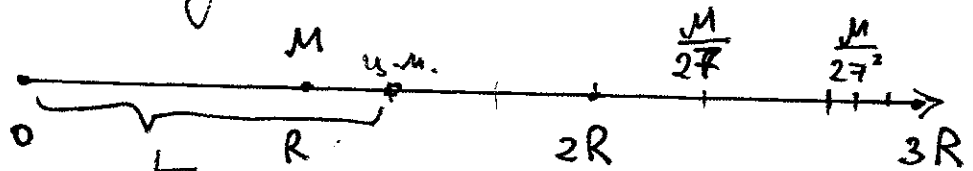
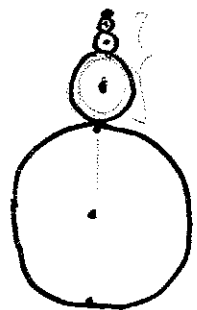
$$R_{i+1} = \frac{R_i}{3} \quad \left| \quad m = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \Rightarrow m_{i+1} = \frac{m_i}{27} \right.$$

$\rho = \text{const}$  | Все центры масс находятся на одной вертикальной линии => квазустойчивое равновесие.

$$D + \frac{D}{3} + \frac{D}{3^2} + \frac{D}{3^3} + \dots = D \left( 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3^2} + \dots \right) = D \cdot \frac{\frac{1}{3^0} - 1}{\frac{1}{3} - 1}, n \rightarrow \infty$$

$$= D \frac{-1}{-\frac{2}{3}} = \frac{3}{2} D \leftarrow \text{Высота всей конструкции}$$

Найдем ц.м. конструкции



$$\left( M \cdot R + \frac{M}{27} \cdot \left( 2R + \frac{R}{3} \right) + \frac{M}{27^2} \left( 2R + \frac{2R}{3} + \frac{R}{3} \right) + \frac{M}{27^3} \left( 2R + \frac{2R}{3} + \frac{2R}{3^2} + \frac{R}{3^3} \right) + \dots \right) =$$

$$= \left( MR \left( 1 + \frac{1}{3 \cdot 27} + \frac{1}{(3 \cdot 27)^2} + \dots \right) + \right.$$

$$\left. + 2MR \left( \frac{1}{27} + \frac{1}{27^2} + \frac{1}{27^2 \cdot 3} + \frac{1}{27^3} + \frac{1}{27^3 \cdot 3} + \frac{1}{27^3 \cdot 3^2} + \dots \right) \right) =$$

$$= \left( MR \cdot \frac{81}{80} + 2MR \left( \frac{1}{26} + \frac{1}{26 \cdot 3 \cdot 27} + \frac{1}{26 \cdot 3^2 \cdot 27^2} + \dots \right) \right)$$



$$= (2R-L) \frac{M}{26} + \frac{MR}{80} + \frac{2MR}{3 \cdot 27 \cdot 26} \cdot \left( \frac{81}{80} \right) = \quad (\text{6 стр. 3})$$

$$= (2R-L) \frac{M}{26} + \frac{MR}{80} + \frac{2MR}{26 \cdot 80}$$

$$ML + \frac{ML}{26} = \frac{2MR}{26} + MR + \frac{MR}{80} + \frac{2MR}{26 \cdot 80}$$

$$\frac{27L}{26} = \frac{2R + 26R}{26} + \frac{26R + 2R}{80 \cdot 26} = \frac{28R}{26} \left( 1 + \frac{1}{80} \right) =$$

$$= \frac{28R}{26} \cdot \frac{81}{80} \Rightarrow \cancel{27} \cdot \cancel{80} L = \cancel{28} \cdot \cancel{81} R$$

$$L = \frac{21}{20} R$$

$$M_{\text{сумм}} = M + \frac{M}{27} + \frac{M}{27^2} + \dots = M \cdot 1 \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{27}} = \frac{27}{26} M$$

$\Rightarrow$  иск.  $m$  груза:

$$\frac{1}{20} R \cdot M_{\text{сумм}} = R \cdot m_{\text{гр.}}$$

$$m_{\text{гр.}} = \frac{M_{\text{сумм}}}{20} = \frac{\frac{27}{26} M}{20} = \frac{27}{520} M$$

$\Rightarrow$  им больше!

$$\text{Ответ: } m_{\text{гр.}} \geq \frac{27}{520} m$$



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по физике

Дата 27.02.2022

Вариант № 2

Площадка написания:  
МИФИ

ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

(№ стр. 2) +  
система  
=> ц.м. находится внутри самого большого шара,  
но выше его собственного центра массы и,  
соответственно, центра шара (шары однородны) =>  
=> при небольшом отклонении ц.м. системы  
~~отклоняется~~ переходит в поупрощенное отклонение  
отн. оси и приводит к падению "вагоны-вагоны")  
=> ц.м. системы должен быть в центре  
большого шара или ниже его => путь в  
касается точки большого шара должен  
компенсировать все ост. шары.

$$\begin{aligned}
 M \cdot (L-R) &= (2R-L + \frac{R}{3}) \frac{M}{27} + \frac{M}{27^2} (2R-L + \frac{2R}{3} + \frac{R}{9}) + \\
 &+ \frac{M}{27^3} (2R-L + \frac{2R}{3} + \frac{2R}{9^2} + \frac{R}{3^2}) + \dots = \\
 &= (2R-L) M \cdot \frac{1}{26} + \left( \frac{MR}{81} + \frac{MR}{81^2} + \dots \right) + \frac{2MR}{3} \left( \frac{1}{27^2} + \frac{1}{27^3} + \dots \right) + \\
 &+ \frac{2MR}{3^2} \left( \frac{1}{27^3} + \frac{1}{27^4} + \dots \right) + \dots = (2R-L) \frac{M}{26} + \frac{MR}{80} + \\
 &+ \frac{2MR}{3} \left( \frac{1}{27 \cdot 26} + \frac{1}{27^2 \cdot 26 \cdot 3} + \dots \right) =
 \end{aligned}$$





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Работа по физике

Дата 27.02.2022

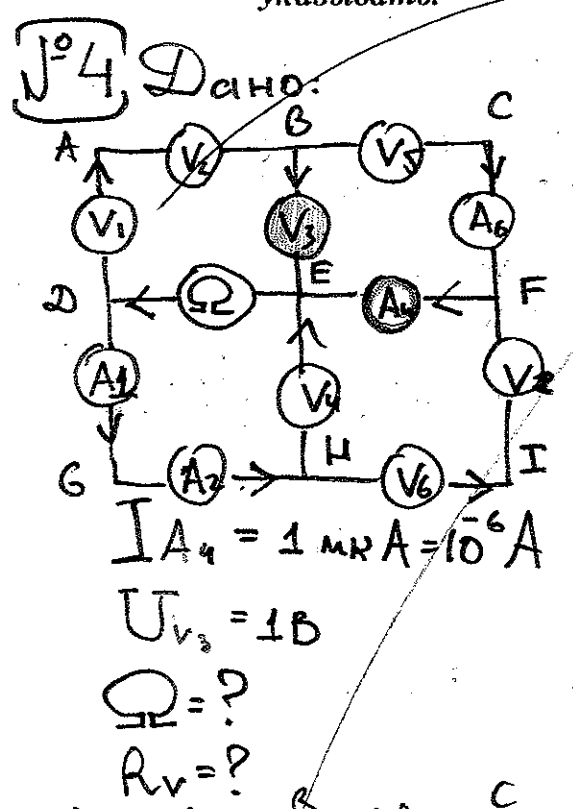
Вариант № 2

Площадка написания:  
МИФИ

ФИО и рег. номер не  
указывать!

ОЦЕНКА  
(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись



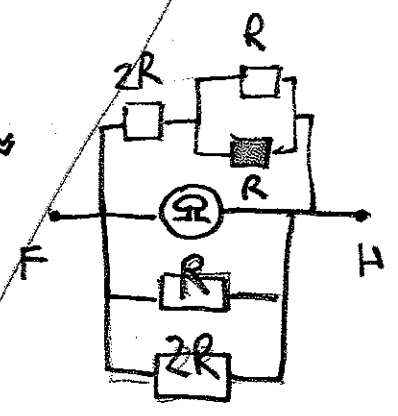
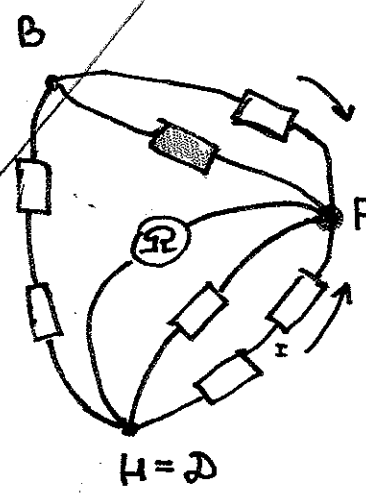
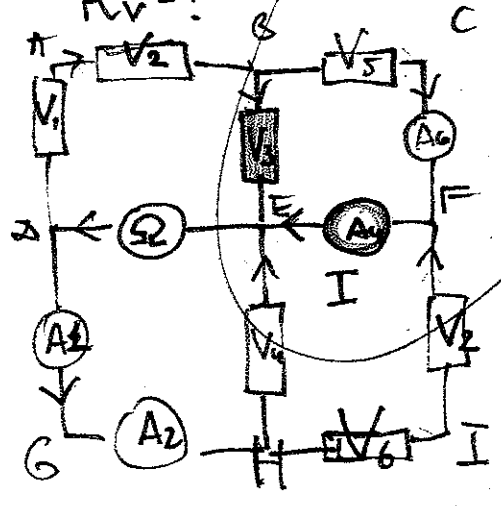
**ЦЕРНОВИК**

Обозначим буквами соединенные узлы и введем предположительное направление тока (если оно ошибочно, в ответе для этого тока будет  $-I$ )

$R_{DB} = 2R_V, R_{HF} = 2R_V, R_{DH} \ll$   
(т.к.  $R_A \ll$ )  $\Rightarrow$  Из т. D ток течёт через  $\Omega$

$$I_{FE} = 10^{-6} \text{ А} = I_{BF} + I_{HF} = I_{A_6} + I_{HF}$$

$$\rightarrow I_{EB} + I_{EH} + I_{ED}$$



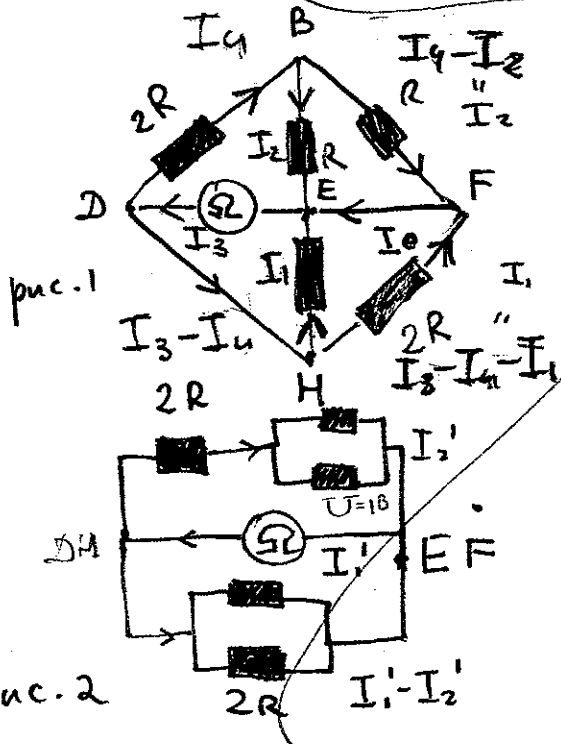
Задача 4 стр. 27

• пуч. 1

ЧЕРХОБУК

$$I_0 = I_3 - I_2 - I_1 = I_{A4}$$

$$U_2 = I_2 R$$



$$\left. \begin{aligned} I_1 &= I_3 - I_4 - I_1 \\ I_2 &= I_4 - I_2 \end{aligned} \right\} I_0 = 1I_1 + 2I_2 \quad \textcircled{1}$$

$$I_3 = 2(I_1 + I_2), \quad U_{\Omega} = R_{\Omega} \cdot 2(I_1 + I_2) = 2,5R \cdot 2I_2 = \frac{2}{3}R \cdot 2I_1$$

$$\Rightarrow 15I_2 = 4I_1, \quad I_0 = \frac{19}{4}I_1 = \frac{19}{15}I_2$$

• пуч. 2  $R_{\Omega} \cdot I_1' = 2,5R I_2' =$

$$= \frac{2}{3}R I_1' - \frac{2}{3}R I_2'$$

$$\frac{15+4}{6} I_2' = \frac{2}{3} I_1' = \frac{19}{6} I_2'$$

$$4I_1' = 19I_2'$$

$$\Rightarrow R_{\Omega} = 2,5R \cdot \frac{4}{19} = \frac{10}{19}R$$

$$U_{\Omega} = U$$

$R_A \ll \dots$

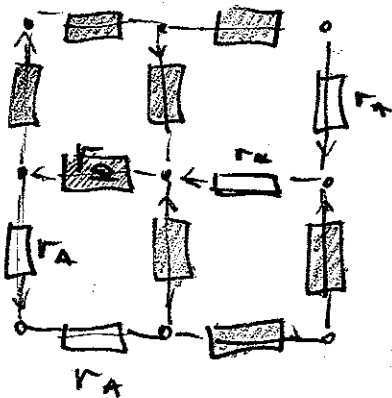
$$\Rightarrow I_2 = \frac{15}{19} I_0 = \frac{15}{19} \cdot 10^{-6} \text{ A}$$

$$\Rightarrow R = \frac{U_{BE}}{I_2} = \frac{18 \cdot 19}{15 \cdot 10^{-6}} \text{ Ohm} =$$

$$= \frac{19}{15} \cdot 10^6 \text{ Ohm}$$

$$R_{\Omega} = \frac{10}{19} \cdot \frac{19}{15} \cdot 10^6 \text{ Ohm} =$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 10^6 \text{ Ohm}$$



Отвеч:  $R_{\Omega} = \frac{19}{15} \text{ МОМ}$

$$R_{\Omega} = \frac{2}{3} \cdot \text{МОМ}$$