

**1**

375956

Регистрационный номер

МФТИ

Площадка написания

853

Школа

Фамилия Тютин  
 Имя Григорий  
 Отчество Максимович

(не заполнять)

Подпись

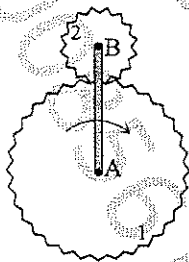
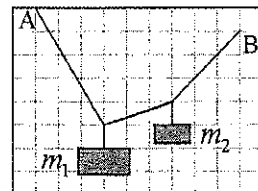
«Утверждаю»  
 Председатель оргкомитета олимпиады

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

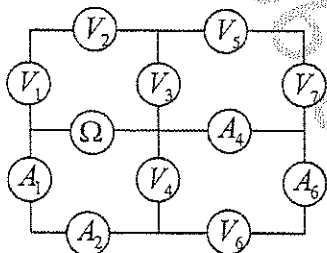
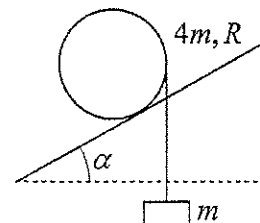
1 вариант

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  $m_1/m_2$ .



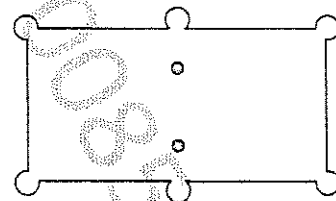
2. В дифференциалах автомобилей и автоматических коробках передач используются системы шестерней, в которых отсутствуют жесткие кинематические связи – планетарные передачи. Рассмотрите модель планетной передачи, в которой кривошип АВ (рычаг, вращающийся вокруг одного из своих концов) вращается вокруг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

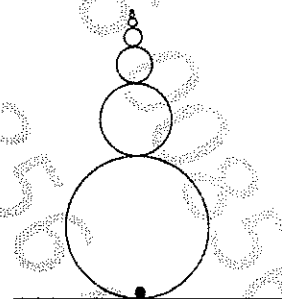


4. Собрана электрическая цепь, схема которой приведена на рисунке. Цепь состоит из шести амперметров, семи вольтметров и одного омметра (прибора для измерения сопротивлений). Известны показания вольтметра  $V_3$ :  $U = 1$  В и амперметра  $A_4$ :  $I = 1$  мкА. Найти сопротивление вольтметра и показания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







НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Инженерная олимпиада школьников  
Работа по физике

Дата 27.02.2022

Вариант № 1

Площадка написания:  
МФТИ

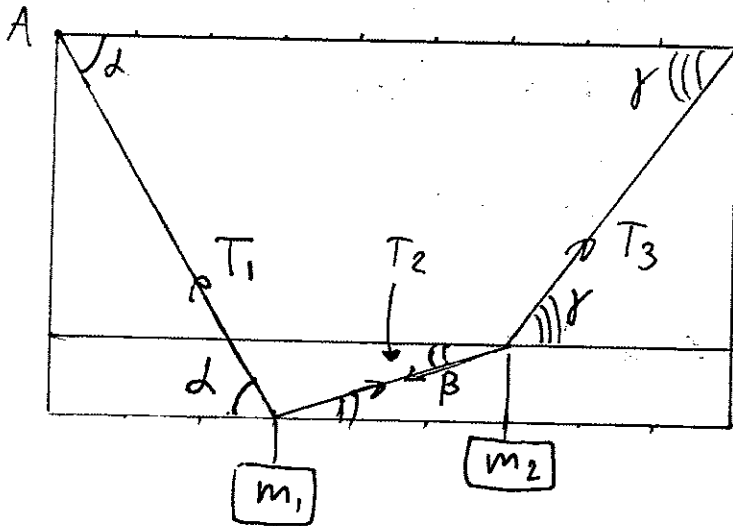
ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**  
(не заполнять)

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

✓ 1 (начало)

$\frac{m_1}{m_2} = ?$  На рисунке по клеточкам считаем тангенсы соответствующих углов. (см. рис.) Находим как отношения сторон (по клеточкам).



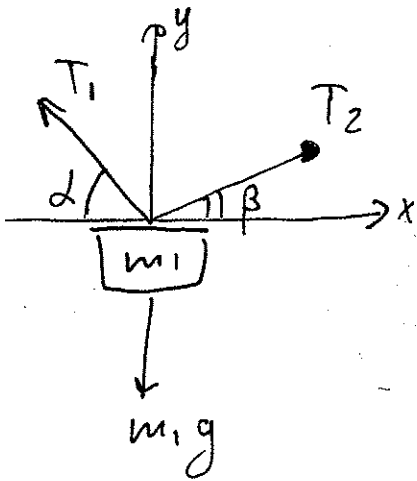
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{5}{3}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{3} \rightarrow \operatorname{ctg} \beta = 3$$

$$\operatorname{tg} \gamma = 1$$

~~Пусть сила натяжения нити равна F. Она постоянна на всей длине нити~~

На каждый груз действуют силы натяжения и сила тяжести.



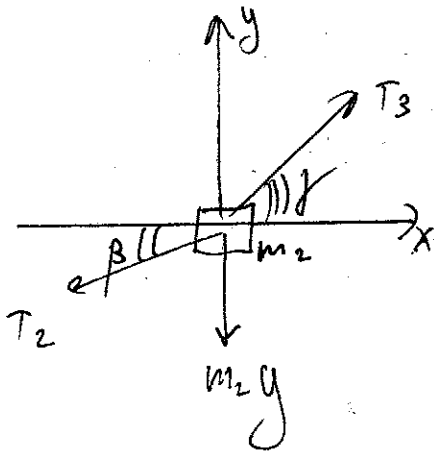
Между точкой А и грузом  $m_1$  сила натяжения нитки равна  $T_1$ .

Между грузами сила натяжения нитки равна  $T_2$ .

Между грузом  $m_2$  и точкой В сила натяжения равна  $T_3$ .

Запишем условия равновесия для брусков.

проекции:



$$\begin{cases} T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \beta = m_1 g & (OY) \\ T_1 \cos \alpha = T_2 \cos \beta & (OX) \\ T_2 \sin \beta + m_2 g = T_3 \sin \gamma & (OY) \\ T_2 \cos \beta = T_3 \cos \gamma & (OX) \end{cases}$$

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

подставляем

$$T_2 \cos \beta \frac{\cos \beta}{\cos \alpha} + T_2 \sin \beta = m_1 g$$

$$T_2 \sin \beta + m_2 g = T_3 \sin \gamma$$

$$T_2 \cos \beta = T_3 \cos \gamma$$

$$\rightarrow T_3 = T_2 \frac{\cos \beta}{\cos \gamma} \text{ подставляем}$$

ШИФР: 222  
(не заполнять)



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

интермерная олимпиада школьников  
Работа по физике

Дата 27.02.2022

Вариант № 1

Площадка написания:  
МФТИ

ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

№ 1 (продолжение)

$$T_2 \cos \beta \operatorname{tg} \alpha + T_2 \sin \beta = m_1 g$$

$$T_2 \sin \beta + m_2 g = T_2 \cos \beta \operatorname{tg} \gamma$$

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

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \sin \beta}{\cos \beta \operatorname{tg} \gamma - \sin \beta} = \frac{\operatorname{ctg} \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha + 1}{\operatorname{ctg} \beta \cdot \operatorname{tg} \gamma - 1}$$

Подставляем значения:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{3 \cdot \frac{5}{3} + 1}{3 \cdot 1 - 1} = \frac{6}{2} = 3$$

Ответ:  $\frac{m_1}{m_2} = 3$

## N 2 (начало)

Если шестерни работают, размеры зубцов должны быть одинаковые, а значит длины окружностей пропорциональны кол-ву зубцов на окружности. Пусть  $R$  - радиус колеса 1  
 $r$  - радиус колеса 2.

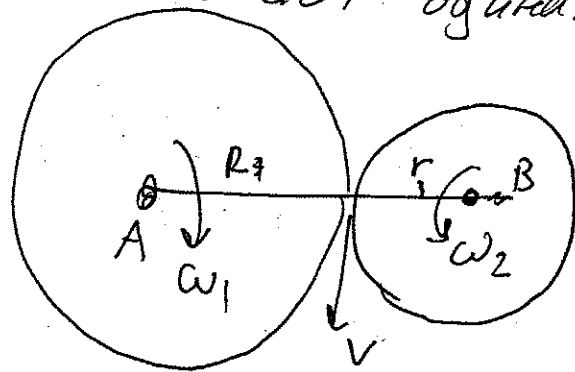
Тогда  $\frac{2\pi R}{2\pi r} = \frac{3N}{N} \Rightarrow \boxed{\frac{R}{r} = 3}$

В со кривошипна колесо 1

вращается с угл. скоростью  $\omega_1$ ,

а колесо 2 с угл. скоростью  $\omega_2$ .

В месте касания они имеют одинаковую скорость  $V$ .



$$V = \omega_1 R$$

$$V = \omega_2 r$$

$$\omega_1 R = \omega_2 r$$

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{R}{r} = 3$$

Тогда в лав. системе отчета колесо 1 не будет двигаться, кривошип будет вращаться с  $\omega_1$  вокруг A., а колесо 2 будет вращаться с  $\omega_2$  вокруг своей оси (точки B)



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Инженерная олимпиада школьников  
Работа по физике

Дата 27.02.2022

Вариант № 1

Площадка написания:

МФТИ

ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

и 2 (продолжение)

1 оборот - это проход угла  $2\pi$ .  
За время  $t$  кривошип совершит  $n$  оборотов,  
а колесо 2  $n_2$  оборотов вокруг своей оси.

$$\begin{cases} 2\pi n = \omega_1 t \\ 2\pi n_2 = \omega_2 t \end{cases}$$

$$\frac{n_2}{n} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \rightarrow n_2 = n \frac{\omega_2}{\omega_1} = 3n$$

Ответ:  $n_2 = 3n$

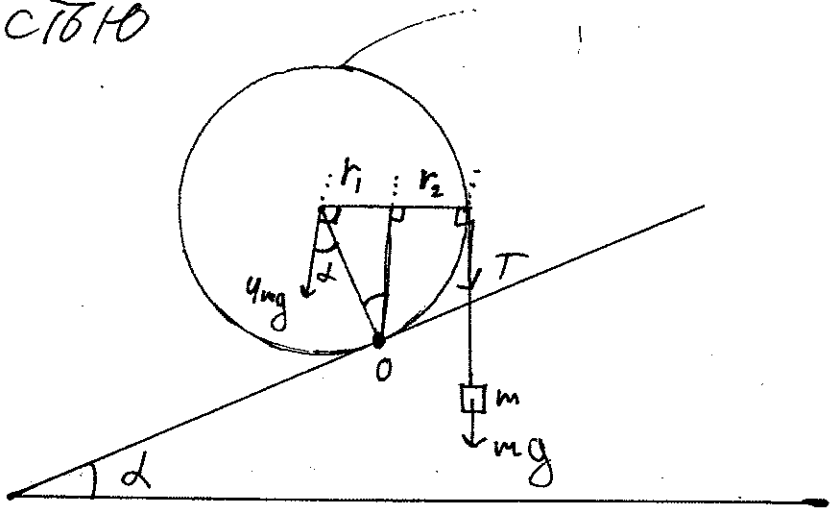
*(Handwritten signature)*

### № 3 (начало)

$\frac{4m}{R}$   
 $\frac{m}{m}$   
 $\alpha$ -?

Т.к. проскальзывания нет, цилиндр будет вращаться относительно точки касания с поверхностью

Нужно рассмотреть моменты сил относительно точки  $O$ .



Сила трения не учитывается, т.к. у нее нулевое плечо.

У силы тяжести цилиндра плечо  $r_1$ .

У силы натяжения нити  $T$  плечо равно  $r_2$ .  
Обе силы направлены вниз.

$$r_1 = R \sin \alpha$$

$$r_2 = R - r_1 = R(1 - \sin \alpha)$$

$M$  - момент (результатирующий) сил для точки  $O$  он направлен по часовой.

$$M = T \cdot r_2 - 4mg \cdot r_1$$

$$T = mg \text{ (в статическом состоянии)}$$





Дата 27.02.2022

Вариант № 1

Площадка написания:

МФТИ

ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

и 3 (продолжение).

Если  $M > 0$ , цилиндр покатится вверх

$$M = T r_2 - 4mg r_1 = mg r_2 - 4mg r_1 = mg(r_2 - 4r_1) =$$

$$= mg(R - R \sin \alpha - 4R \sin \alpha) = mgR(1 - 5 \sin \alpha)$$

$$mgR(1 - 5 \sin \alpha) > 0$$

$$1 - 5 \sin \alpha > 0$$

$$5 \sin \alpha < 1$$

$$\sin \alpha < \frac{1}{5} \Rightarrow$$

$$\alpha < \arcsin \frac{1}{5}$$

$\alpha > 0$ , т.к. ищите  
движение вправо - это  
движение вниз

$$\arcsin \frac{1}{5} \approx 11,5^\circ \approx 0,2 \text{ рад}$$

Ответ:  $\alpha \in (0; \arcsin \frac{1}{5})$

или

$$\alpha \in (0; 11,5^\circ)$$

№ 4 (начало)

$V_3 : U = 1 \text{ В}$

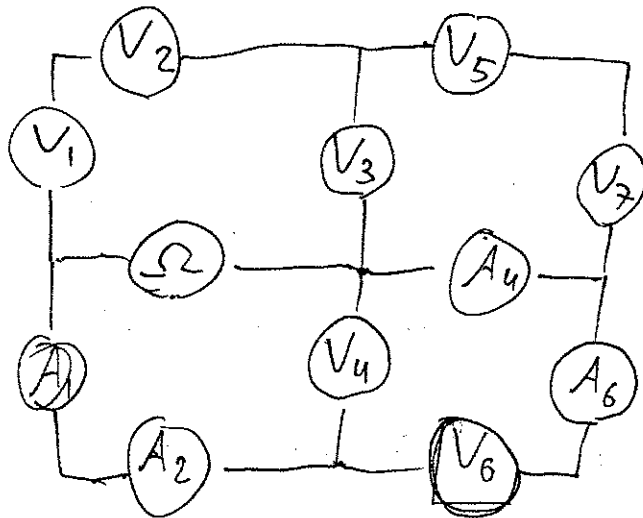
$A_4 : I = 1 \text{ мкА}$

$R = ?$

$r = ?$

Пусть  $R$  — сопротивление  
вольтметра.

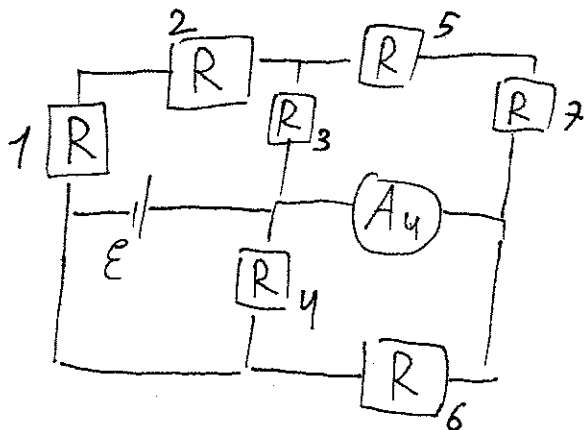
$r$  — показание омметра.



Т.к. сопротивления амперметров малы,  
заменяем их (кроме  $A_4$ ) на провода.

Омметр можно представить как  
источник, который меряет на себе ток.

Также заменим все вольтметры на  
резисторы  $R$  и проинтерпретируем, как вольтметры.



Омметр заменяем на  
источник  $\mathcal{E}$   
(с нулевым  
сопротивлением)





Дата 27.02.2022

Вариант № 1

Площадка написания:

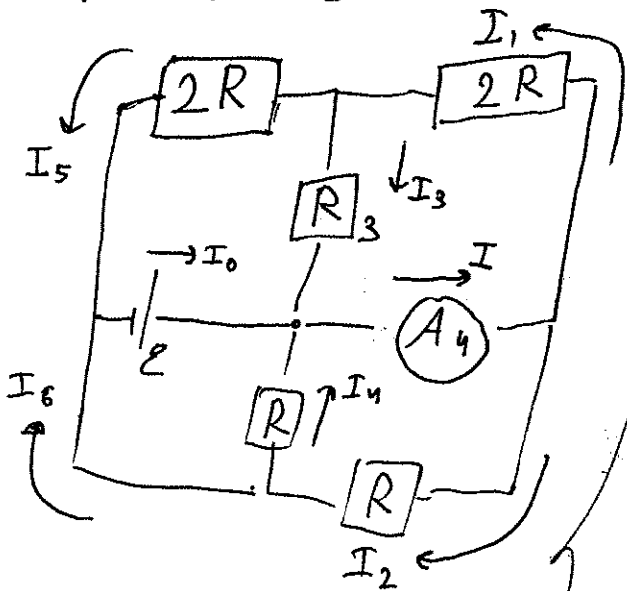
МФТИ

ФИО и рег. номер не  
указывать!

ОЦЕНКА  
(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

и ч (продолжение).  
Преобразуем цепь (оставив  $R_3$ )



Проставим токи  
ток  $I$  известен.

$$I = I_1 + I_2$$

$$I_3 + I_4 + I_0 = I$$

$$I_4 R + I_2 R = 0 \rightarrow I_4 = -I_2$$

$$2R I_1 + I_3 R \rightarrow I_1 = -\frac{1}{2} I_3$$

$$2R I_5 - I_3 R = E$$

$$-I_4 R = E$$

$$I_1 = I_3 + I_5$$

$$I_4 = -\frac{E}{R}$$

$$I_2 = \frac{E}{R}$$

и 4 (продолжение)

$$\begin{cases} 2I_5 - I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R} \\ -\frac{1}{2}I_3 = I_3 + I_5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2I_5 - I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R} \\ 2I_5 = -3I_3 \end{cases} \rightarrow -4I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R}$$
$$I_3 = -\frac{\mathcal{E}}{4R}$$

$$I_5 = -\frac{3}{2}I_3 = \frac{3}{8} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$I_1 = -\frac{1}{2}I_3 = \frac{1}{8} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$I = I_1 + I_2 = \frac{1}{8} \frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{9}{8} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Известно:  $U = |I_3 R| = \frac{1}{4} \mathcal{E}$

$$\mathcal{E} = 4U = 4B$$

$$I = 1 \mu\text{A} \quad I = \frac{9}{8} \frac{\mathcal{E}}{R} \rightarrow R = \frac{9}{8} \frac{\mathcal{E}}{I} = \frac{9}{8} \cdot \frac{4B}{1 \mu\text{A}} = 4,5 \text{ M}\Omega$$

$$\boxed{R = 4,5 \text{ M}\Omega}$$

$$I_0 = I - I_3 - I_4 = \frac{9}{8} \frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{1}{4} \frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{19}{8} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$r = \frac{\mathcal{E}}{I_0} = \frac{8}{19} R = \frac{36}{19} \text{ M}\Omega$$

Ответ:  $R = 4,5 \text{ M}\Omega$ ;  $r = \frac{36}{19} \text{ M}\Omega$

ШИФР: 272  
(не заполнять)



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

интернетная олимпиада школьников

Работа по физике

Дата 27.02.2020

Вариант № 1

Площадка написания:

МФТИ

ФИО и рег. номер не  
указывать!

ОЦЕНКА  
(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

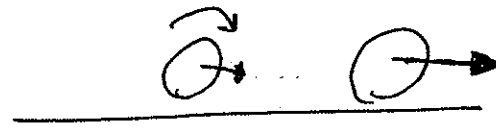
л 5  
Когда игрок бьет по шару, он придает ему поступательную скорость и вращение. При ударе шаров, первый шар передает второму энергию поступательного движения (или ее часть), а вращение остается у первого.

Чтобы удар был как в случае (1), нужно закрутить первый шар по направлению движения. Для этого нужно ударить в его верхнюю часть

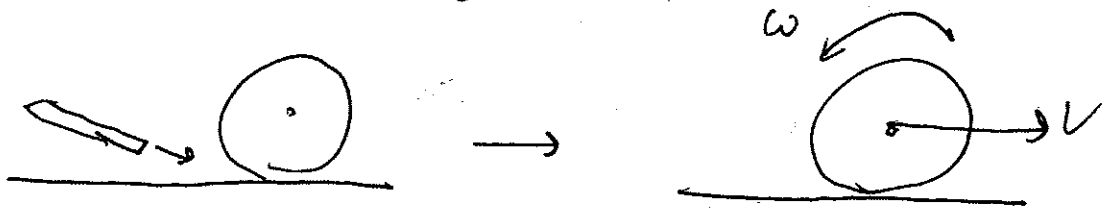


и 5 (продолжение)

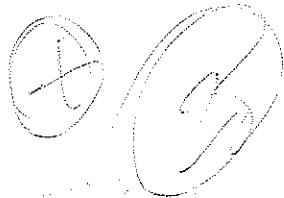
Тогда после столкновения  
первый шар покатится вперед  
из-за вращения



Чтобы воспроизвести второй случай,  
нужно закрутить шар против движения.  
Для этого нужно ударить в нижнюю часть  
шара.



После соударения первый шар  
развернется из-за вращения.  
А второй полетит также вперед.





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

интернет-олимпиада школьников  
Работа по физике

Дата 27.02.2022

Вариант № 1

Площадка написания:

МФТИ

ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**

(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

н.б. (продолж.)

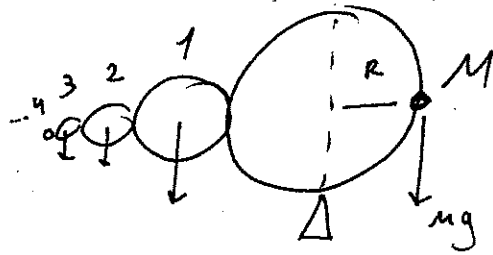
При малом отклонении первого  
"Ваньки-встаньки" были только силы тяжести  
шаров, приложенные к центрам шаров.  
Из-за этого момент сил относительно  
точки касания пола был направлен  
в сторону падения.



Если предположить груз на дно нижнего  
шара, то его момент силы тяжести  
будет компенсировать моменты сил  
тяжести шаров

и б (продолж.)

Положим конструкцию набок.



Промежуем шары, начиная со второго

Тогда масса  $n$ -гого шара равна

$$m_n = \frac{m}{8^n}, \text{ т.к. каждый шар в } 2^3 = 8 \text{ раз легче.}$$

Радиус каждого шара в 2 раза меньше,  
тогда расстояние от центра 1 шара до  
центра  $n$ -ого шара равно

$$x_n = \sum_0^n \left( \frac{R}{2^n} \right) = \sum_0^n \left( R \cdot \left( \frac{1}{2} \right)^n \right) = R \frac{1 - 0,5^{n+1}}{1 - 0,5} = 2R(1 - 0,5^{n+1})$$

Тогда момент  $n$ -ого шара =  $M_n$

$$M_n = m_n g \cdot x_n = mgR \frac{2(1 - 0,5^{n+1})}{8^n} = mgR \left( \frac{2}{8^n} - \frac{2}{16^n} \right) =$$

$$= 2mgR \left( \frac{1}{8^n} - \frac{1}{16^n} \right) \infty$$

Общий момент  $M = \sum_0^\infty 2mgR \left( \frac{1}{8^n} - \frac{1}{16^n} \right) = 2mgR \left( \sum_0^\infty \frac{1}{8^n} - \sum_0^\infty \frac{1}{16^n} \right)$



ШИФР: 222  
(не заполнять)



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

интернетная олимпиада школьников  
Работа по физике

Дата 27.02.2022

Вариант № 1

Площадка написания:

МФТИ

ФИО и рег. номер не  
указывать!

**ОЦЕНКА**  
(не заполнять)

1	2	3	4	5	6	ИТОГО	Подпись

nb (проголт)

$$M = m_0 g R$$

$$2mgR \left( \sum_0^{\infty} \frac{1}{8^n} - \sum_0^{\infty} \frac{1}{16^n} \right) = m_0 g R$$

15

