Республиканская физическая олимпиада 2025 год

(III этап)

Теоретический тур

Решения задач
9 класс
(для жюри)

Уважаемые члены жюри!

Задачи, предложенные школьникам для решения на олимпиаде, не стандартные и достаточно сложные. Предложенные здесь варианты их решений, конечно же, не являются единственно возможными. Участники олимпиады могут предложить свои способы решения. Если эти способы физически обоснованы и приводят к правильным ответам, то задача (или ее отдельные пункты) должны оцениваться максимальными баллами.

Каждое задание сопровождается Листами ответов, в которые участники олимпиады должны занести окончательные результаты.

Если окончательный результат не занесен в Лист ответов, но содержится в основном решении, то этот результат также необходимо оценивать.

Не забывайте, что Вы должны оценивать не только конечные ответы, но и отдельные правильные шаги в ходе решения!

Уважаемые коллеги! Не жалейте баллов (если, конечно, есть за что!) для наших талантливых школьников!

Задание 9-1. «Разминка»

1. «Посмотри и объясни» На Рис. 1 изображен известный физический опыт. Проанализируйте Рис. 1, кратко опишите суть опыта и «принцип его действия». Справедливость какого физического закона он демонстрирует? Сформулируйте данный закон.

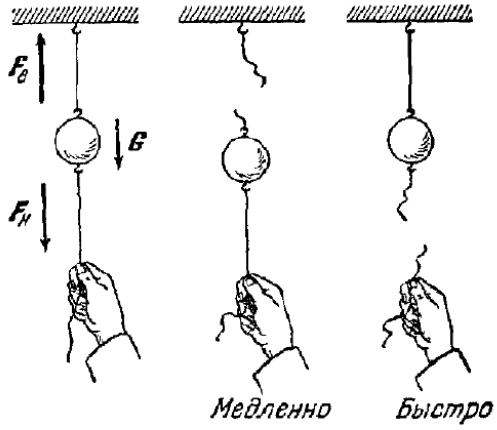


Рис. 1

2. «Тока сила тока» Определите направление и значение I_2 силы тока через ветвь AB проволочной цепи, изображенной на Рис. 2, если направление и сила тока I_1 через ветвь CD схемы известны. Сопротивление каждой ветви цепи равно r (независимо от её длины).

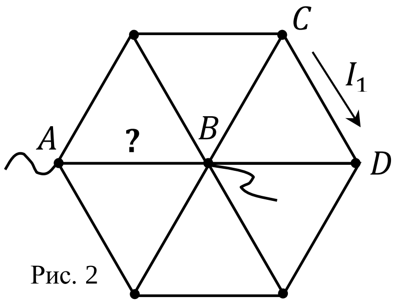


Рис. 2

3. «Кривоватое равновесие» Концы легкой веревки $ABCD$ закреплены в точках A и D (Рис. 3). К веревке в точках B и C привязаны грузы массами m_1 и m_2, соответственно (см. Рис. 3). В положении равновесия грузы заняли положения, изображённые на Рис. 3. Используя квадратную масштабную сетку на Рис. 3, найдите отношение $\eta = m_1/m_2$ масс грузов. Известно, что масштабная сетка на Рис. 3 квадратная, размер ячейки ($a \times a$).

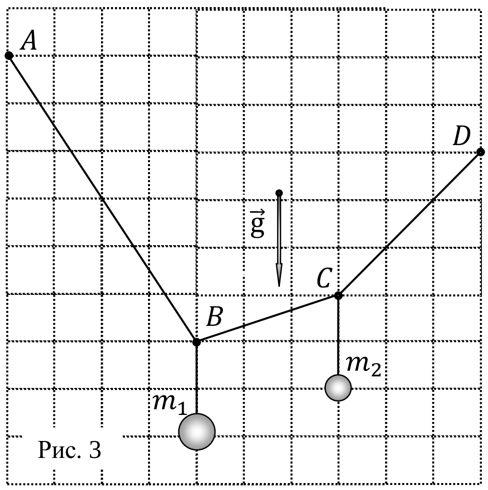


Рис. 3

Возможные решения:

Задание 9-1. «Разминка»

1. «Посмотри и объясни» На Рис. 1 изображен известный опыт, демонстрирующий явление *инерции*. Суть опыта: при *медленном* увеличении рукой силы натяжения нижней нити разрывается *верхняя* нить, поскольку её сила натяжения больше силы натяжения нижней нити на силу тяжести $\vec{G}$ подвешенного груза.

При *быстром* рывке нити, наоборот, разрывается *нижняя* нить, поскольку тяжелый груз из-за инертности «не успевает» сдвинуться с места за время рывка (деформируется только нижняя нить).

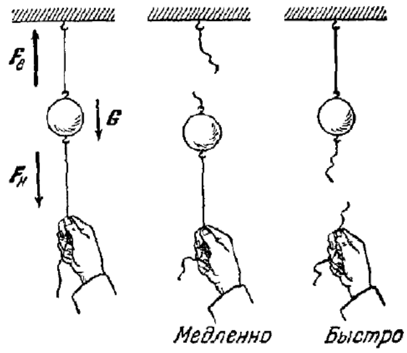


Рис. 1

Таким образом, данный опыт демонстрирует справедливость *закона инерции или первого закона Ньютона*.

В учебнике «Физика-9» читаем (стр. 69) первый закон Ньютона или закон инерции: «*всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока на него не подействуют силы*».

Заметим, что в современной редакции формулировка первого закона Ньютона (закона инерции) «несколько шире» формулировки самого Исаака Ньютона в его знаменитой книге «Математические начала натуральной философии» (1687 г.).

Так в учебнике «Физика-9» читаем (стр. 70) «*Существуют системы отсчета, относительно которых любое тело движется равномерно прямолинейно, если на него не действуют силы или действие сил скомпенсировано*».

2. «Тока сила тока» Ветвь BD цепи можно представить как два параллельно соединенные резистора сопротивлением $2r$ каждый и после этого «разорвать» симметричные ветви в точке D (Рис. 2).

Поскольку по маленькой перемычке ток не будет идти (точки равного потенциала), то общее сопротивление цепи при этом не изменится.

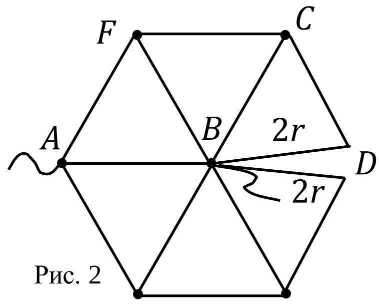


Рис. 2

Тогда цепь эквивалентная исходной примет вид, изображенный на Рис. 3.

Поэтапно находим сопротивление участков цепи по правилам последовательного и параллельного соединений.

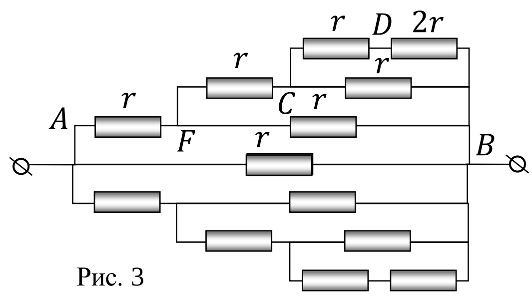


Рис. 3

Получим

$$R_{CB} = \frac{3r \cdot r}{3r + r} = \frac{3r}{4}, \qquad (1)$$

$$R_{FB} = \frac{\frac{7}{4} \cdot r}{\frac{7r}{4} + r} = \frac{7r}{11}. \qquad (2)$$

Сопротивление R_{AB} верхней части схемы на Рис. 3 найдем как

$$R_{AB} = \frac{7r}{11} + R = \frac{18r}{11}\ . \qquad (3)$$

Далее для всей цепи можем записать

$$\frac{1}{R} = \frac{11}{18r} + \frac{1}{r} + \frac{11}{18r} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{9}{20}r\ . \qquad (4)$$

Таким образом, согласно закону Ома, сила полного ток I в цепи будет равна

$$I = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{20}{9}\frac{U_{AB}}{r}\ . \qquad (5)$$

Соответственно, искомое значение силы тока через ветвь AB цепи

$$I_2 = \frac{U_{AB}}{r}\,. \qquad (6)$$

Рассматривая цепь в «обратном порядке» из (1)-(4) найдем, что сила тока через «верхнюю» (и «нижнюю») ветвь цепи равна

$$I_{AF} = \frac{11}{18}\frac{U_{AB}}{r}\,. \qquad (7)$$

Далее ток вновь делится так, что его сила

$$I_{FC} = \frac{4}{18}\frac{U_{AB}}{r}\,. \qquad (8)$$

После последнего деления тока получим

$$I_1 = \frac{1}{18}\frac{U_{AB}}{r}\,. \qquad (9)$$

Сравнивая (9) и (6), находим окончательный ответ

$$I_2 = 18I_1\ . \qquad (10)$$

Таким образом, ток через ветвь AB направлен слева направо (от A к B) и равен

$$I_2 = 18I_1\ .$$

Результирующее распределение токов по всей цепи изображено на Рис. 4.

Заметим, что сопротивление r каждого звена звена цепи не вошло в окончательный ответ, однако потребовалось нам при промежуточных расчетах задачи.

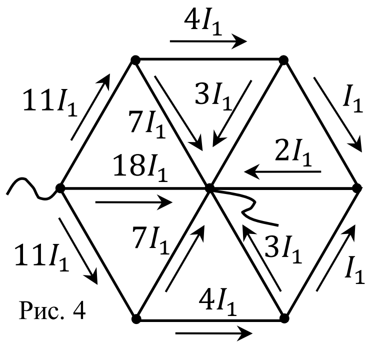


Рис. 4

3. «Кривоватое равновесие» Изобразим силы, действующие в системе, и обозначим углы так, как на Рис. 5.

Поскольку грузы находятся в равновесии ($\vec{a} = \vec{0}$), то векторная сумма сил, действующих на каждый из них, должна быть равна нулю.

Запишем это условие для точки B веревки, где подвешен груз m_1, по вертикали (см. Рис. 5)

$$T_1 \cos\alpha + T_2 \cos\beta = m_1 g\,, \qquad (1)$$

и по горизонтали

$$T_1 \sin\alpha = T_2 \sin\beta\ . \qquad (2)$$

Аналогично запишем подобные уравнения для точки точки C веревки, где подвешен груз m_2, по вертикали (см. Рис. 4)

$$T_3 \cos\gamma = m_2 g + T_2 \cos\beta\ , \qquad (3)$$

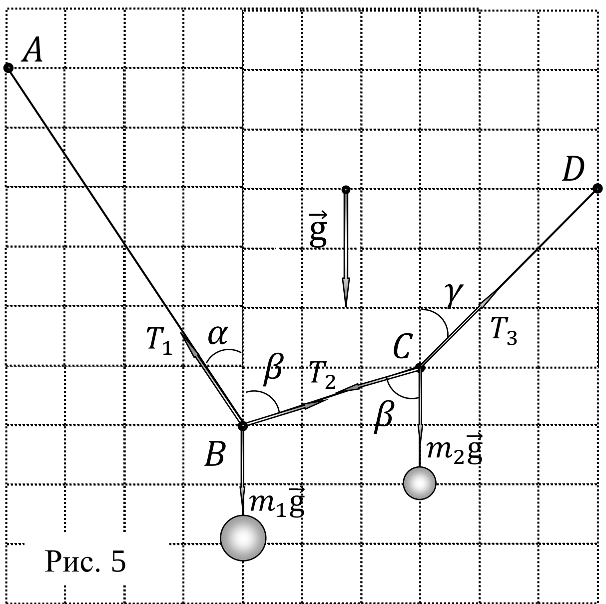


Рис. 5

и по горизонтали

$$T_3 \sin\gamma = T_2 \sin\beta \ . \qquad (4)$$

Выражая из (2) и (4) соответственно, T_2 и T_3, получим

$$T_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} T_1 \ , \qquad (5)$$

$$T_3 = \frac{\sin\beta}{\sin\gamma} T_2 \ . \qquad (6)$$

Подставляя (5) и (6) в (1) и (3), придем к равенствам

$$m_1 \mathrm{g} = T_1 \cos\alpha + \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} T_1 \cos\beta \ , \qquad (7)$$

$$m_2 \mathrm{g} = \frac{\sin\beta}{\sin\gamma}\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} T_1 \cos\gamma - \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} T_1 \cos\beta \ . \qquad (8)$$

Из (7) и (8) получаем выражение для искомого отношения $\eta = \frac{m_1}{m_2}$ масс грузов

$$\eta = \frac{m_1}{m_2} = \frac{T_1 \cos\alpha + \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} T_1 \cos\beta}{\frac{\sin\beta \sin\alpha}{\sin\gamma \sin\beta} T_1 \cos\gamma - \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} T_1 \cos\beta} = \frac{\cos\alpha + \sin\alpha \,\mathrm{ctg}\beta}{\sin\alpha \,\mathrm{ctg}\gamma - \sin\alpha \,\mathrm{ctg}\beta} \ . \qquad (9)$$

Из чертежа находим необходимые значения

$$\sin\alpha = \frac{2a}{\sqrt{13}a} \ , \ \cos\alpha = \frac{3a}{\sqrt{13}a} \ ; \qquad (10)$$

$$\mathrm{ctg}\beta = \frac{1a}{3a} \ , \ \mathrm{ctg}\gamma = \frac{a}{a} = 1 \ . \qquad (11)$$

Тогда ответ принимает вид

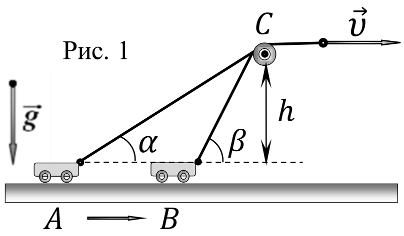
$$\eta = \frac{m_1}{m_2} = \frac{\frac{3}{\sqrt{13}} + \frac{2}{\sqrt{13}} \cdot \frac{1}{3}}{\frac{2}{\sqrt{13}} \cdot 1 - \frac{2}{\sqrt{13}} \cdot \frac{1}{3}} = \frac{11}{4} = 2{,}75 \ . \qquad (12)$$

Заметим, что даже интуитивно понятно (судя по провисанию грузов на веревках), что груз m_1 должен тяжелым, а груз m_2 – легким. Это и подтверждается точным расчетом (12) «по клеточкам» на представленном в условии рисунке.

Задание 9-2. «Среднее ускорение»

1. Небольшую тележку подтягивают нитью по горизонтальной поверхности из положения A в положение B (Рис. 1) к неподвижному блоку C. Легкую нерастяжимую нить AC при этом вытягивают с постоянной скоростью $\upsilon = 1{,}5 \ \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Углы, образуемые нитью с горизонтом, в начальном A и конечном B положениях тележки, равны, $\alpha = 35°$ и $\beta = 65°$, соответственно (см. Рис. 1). Блок расположен на высоте $h = 1{,}0$ м от горизонтальной поверхности.

Рис. 1



Найдите среднюю путевую скорость $\upsilon_{\text{ср}}$ тележки на участке AB. Известно, что при движении тележка не отрывается от горизонтальной поверхности.

2. Найдите модуль среднего ускорения $a_{\text{ср}}$ тележки на участке AB.

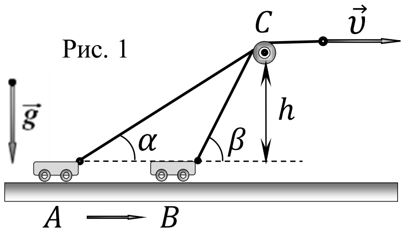
3. Вычислите модуль мгновенного ускорения a_A тележки в точке A с точностью до двух знаков после запятой.

Решение:

9-2. «Среднее ускорение»

1. Пусть высота блока над горизонтальной плоскостью равна h (Рис. 1). Допустим, что тележка переместилась из положения A в положение B (Рис. 1) за некоторый промежуток времени Δt. По мере приближения тележки к блоку, ее скорость возрастает (в этом можно убедиться экспериментально), следовательно, данное движение не является равномерным.

Рис. 1



Можно также показать, что движение тележки на рассматриваемом участке не является и равноускоренным (равнопеременным), поскольку её ускорение меняется от точки к точке (от школьников не требуется).

Таким образом, рассматриваемое движение «не проходили» в школе, т.е. ему самое место на олимпиаде. ☺

Длина нити AC в начальном положении A тележки (см. Рис. 1) равна длине гипотенузы AC прямоугольного треугольника

$$AC = \frac{h}{\sin\alpha}. \tag{1}$$

В конечном положении B тележки длина нити BC уменьшится и, соответственно, станет равной

$$BC = \frac{h}{\sin\beta}. \tag{2}$$

Следовательно, изменение Δl длины нити за время движения тележки можно найти как

$$\Delta l = AC - BC = \frac{h}{\sin\alpha} - \frac{h}{\sin\beta}. \tag{3}$$

С другой стороны, нить вытягивают с постоянной скоростью v, следовательно, за некоторый промежуток времени Δt «вытянется» её участок длиной Δl

$$\Delta l = v\Delta t = \frac{h}{\sin\alpha} - \frac{h}{\sin\beta}. \tag{4}$$

Из (4) находим промежуток времени Δt, за который тележка переместится из положения A в положение B

$$\Delta t = \frac{h}{v}\left(\frac{1}{\sin\alpha} - \frac{1}{\sin\beta}\right). \tag{5}$$

Расстояние AB, пройденное тележкой за рассматриваемый промежуток времени Δt, найдем как разность длин соответствующих катетов

$$AB = \frac{h}{\tan\alpha} - \frac{h}{\tan\beta} = h\left(\frac{1}{\tan\alpha} - \frac{1}{\tan\beta}\right). \tag{6}$$

По определению, средняя скорость $v_{\text{ср}}$ (средняя скорость пути) движения тележки на данном этапе

$$v_{\text{ср}} = \langle v \rangle = \frac{\text{весь путь}}{\text{все время}} = \frac{AB}{\Delta t} = \frac{h\left(\frac{1}{\tan\alpha} - \frac{1}{\tan\beta}\right)}{\frac{h}{v}\left(\frac{1}{\sin\alpha} - \frac{1}{\sin\beta}\right)} = \frac{\left(\frac{1}{\tan\alpha} - \frac{1}{\tan\beta}\right)}{\left(\frac{1}{\sin\alpha} - \frac{1}{\sin\beta}\right)} v. \tag{7}$$

Расчет по приведенным данным даёт

$$v_{\text{ср}} = \frac{\left(\frac{1}{\tan 35°} - \frac{1}{\tan 65°}\right)}{\left(\frac{1}{\sin 35°} - \frac{1}{\sin 65°}\right)} \cdot 1{,}5\ \text{м/с} = \{2{,}254070734\}^{1} = 2{,}3\ \text{м/с}. \tag{8}$$

В соответствии с правилами округления (см. данные условия) окончательный ответ приводим с точностью до двух значащих цифр.

2. Для нахождения среднего ускорения тележки используем формулу

$$a_{\text{ср}} = \langle a \rangle = \frac{\text{все изменение скорости}}{\text{все время}} = \frac{v_B - v_A}{\Delta t}. \tag{9}$$

Для нахождения мгновенной скорости тележки v_1 в начальном положении C используем метод малых перемещений.

Пусть за малый промежуток времени Δt тележка сместится вправо по горизонтали на расстояние $v_1 \Delta t$. При этом длина нити уменьшится на величину $v\Delta t$. Из соответствующего прямоугольного треугольника получаем (см. Рис 1.)

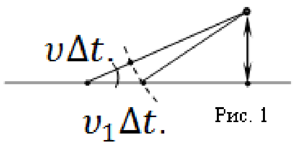


Рис. 1

$$v\Delta t = v_1 \Delta t \cos\alpha\ . \tag{10}$$

Из (2) находим искомую зависимость

$$v_1(\alpha) = \frac{v}{\cos\alpha}\ . \tag{11}$$

Тогда среднее ускорение тележки будет равно

$$a_{\text{ср}} = \frac{v_B - v_A}{\Delta t} = \frac{\frac{v}{\cos\beta} - \frac{v}{\cos\alpha}}{\frac{h}{v}\left(\frac{1}{\sin\alpha} - \frac{1}{\sin\beta}\right)} = \frac{\frac{1}{\cos\beta} - \frac{1}{\cos\alpha}}{\left(\frac{1}{\sin\alpha} - \frac{1}{\sin\beta}\right)} \cdot \frac{v^2}{h}. \tag{12}$$

Расчет по формуле (12) дает следующее значение

$$a_{\text{ср}} = \frac{\frac{1}{\cos\beta} - \frac{1}{\cos\alpha}}{\left(\frac{1}{\sin\alpha} - \frac{1}{\sin\beta}\right)} \cdot \frac{v^2}{h} = \{4{,}026458451\} = 4{,}0\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \tag{13}$$

3. Для вычисления мгновенного ускорения тележки в точке A можно использовать формулу (13) для среднего ускорения, только нужно догадаться сделать углы α и β очень близким (чем «ближе», тем лучше). Иными словами, при малом промежутке времени Δt средняя скорость «превращается» в мгновенную.

Например, подставим в (13) в качестве первого шага углы β и α с разность в $1°$, затем с разностью $0{,}5°$ и т.д. до тех пор, пока нас не устроит нужное количество «правильных» цифр, которые перестанут меняться при дальнейших вычислениях.

В качестве первого приближения мгновенного ускорения возьмем $\alpha = 35°$, а $\beta = 36°$, тогда из (13) получим

$$a_A = \frac{\frac{1}{\cos 36°} - \frac{1}{\cos 35°}}{\left(\frac{1}{\sin 35°} - \frac{1}{\sin 36°}\right)} \cdot \frac{1{,}5^2}{1{,}0}\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right) = \{0{,}8164664511\} = 0{,}816\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \tag{14}$$

Второе приближение ($\alpha = 35°$, а $\beta = 35{,}5°$)

$$a_A = \frac{\frac{1}{\cos 35{,}5°} - \frac{1}{\cos 35°}}{\left(\frac{1}{\sin 35°} - \frac{1}{\sin 35{,}5°}\right)} \cdot \frac{1{,}5^2}{1{,}0}\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right) = \{0{,}794201876\} = 0{,}794\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \tag{15}$$

Третье приближение ($\alpha = 35°$, а $\beta = 35{,}1°$)

[1] – здесь и далее: в фигурных скобках представлены (без размерности) показания инженерного калькулятора (например, CASIO fx-991EX (CLASSWIZ)) при правильном расчёте.

$$a_A = \frac{\frac{1}{\cos 35{,}1°} - \frac{1}{\cos 35°}}{\left(\frac{1}{\sin 35°} - \frac{1}{\sin 35{,}1°}\right)} \cdot \frac{1{,}5^2}{1{,}0}\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right) = \{0{,}7767504005\} = \ 0{,}777\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \quad (16)$$

Четвертое приближение ($\alpha = 35°$, а $\beta = 35{,}05°$)

$$a_A = \frac{\frac{1}{\cos 35{,}05°} - \frac{1}{\cos 35°}}{\left(\frac{1}{\sin 35°} - \frac{1}{\sin 35{,}05°}\right)} \cdot \frac{1{,}5^2}{1{,}0}\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right) = \{0{,}7745910834\} = \ 0{,}775\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \quad (17)$$

Пятое приближение ($\alpha = 35°$, а $\beta = 35{,}01°$)

$$a_A = \frac{\frac{1}{\cos 35{,}01°} - \frac{1}{\cos 35°}}{\left(\frac{1}{\sin 35°} - \frac{1}{\sin 35{,}01°}\right)} \cdot \frac{1{,}5^2}{1{,}0}\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right) = \{0{,}7728671367\} = \ 0{,}773\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \quad (18)$$

Шестое приближение ($\alpha = 35°$, а $\beta = 35{,}005°$)

$$a_A = \frac{\frac{1}{\cos 35{,}005°} - \frac{1}{\cos 35°}}{\left(\frac{1}{\sin 35°} - \frac{1}{\sin 35{,}005°}\right)} \cdot \frac{1{,}5^2}{1{,}0}\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right) = \{0{,}7726518621\} = \ 0{,}773\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \quad (19)$$

Как видим, уже на четвертом шаге первые две значащие цифры (0,77) перестали меняться. Дальнейший расчет лишь уточняет следующие значащие цифры, но не меняет эти две цифры после запятой.

Следовательно, искомый ответ

$$a_A = \ 0{,}77\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \quad (20)$$

Как показывает расчет (см. Задание 11-2), немного «выходящий» за рамки программы 9 класса, точное значение ускорения a_A равно

$$a_A = (\tan\alpha)^3 \cdot \frac{v^2}{h} = \{0{,}7724366362\} = \ 0{,}77\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \quad (21)$$

и отличается от (19) «всего лишь» на 0,02 % процента. Иногда просто полезно (и приятно!) уметь хорошо считать! ☺

Задание 9-3. «Подвижный блок»

Справочные данные и параметры рассматриваемых систем: ускорение свободного падения $g = 9{,}81\ \text{м/с}^2$; трением и сопротивлением воздуха в данном задании пренебречь.

1. Грузы массами m_1 и m_2 ($m_2 > m_1$), связанные лёгкой нерастяжимой нитью, находятся на гладком блоке A, ось которого поднимается вертикально вверх с постоянной скоростью v (Рис. 1). В начальный момент времени ($t = 0$) грузы отпускают. Найдите ускорения грузов, соответственно, $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_2$ относительно блока. Найдите ускорения грузов соответственно, $\vec{a}_3$ и $\vec{a}_4$ относительно земли. Ускорение свободного падения g.

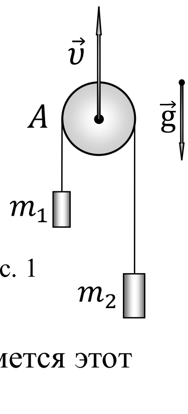


Рис. 1

2. В определенный момент времени t_1 один из грузов будет неподвижен относительно земли. О каком грузе (m_1 или m_2) идет речь? Ответ обоснуйте. Чему равно t_1?

3. На какую максимальную высоту h_{max} относительно начального положения поднимется этот груз в процессе движения?

4. Найдите скорость v_1 второго груза в момент времени t_1.

5. Вычислите по полученным формулам численные значения t_1 и h_{max} , если $m_1 = 100$ г, $m_2 = 200$ г, $v = 5{,}53$ м/с.

Решение:

Задание 9-3. «Подвижный блок»

1. Поскольку блок движется равномерно и прямолинейно, то система отсчета, связанная с ним, является инерциальной (ИСО). Ускорения грузов во всех инерциальных системах отсчета будут одинаковы, т.к. они определяются действующими на грузы силами и не зависят от скорости движения ИСО.

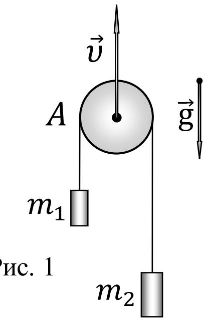


Рис. 1

Следовательно, ускорения каждого из грузов будут одинаковы как относительно земли, так и относительно блока ($\vec{a}_1 = \vec{a}_3$, $\vec{a}_2 = \vec{a}_4$). Т. к. разницы нет, то будем искать ускорения грузов $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_2$ в традиционной системе отсчета «относительно земли». Иными словами, можно считать, что блок «покоится».

Поскольку груз m_2 тяжелее груза m_1 ($m_2 > m_1$), то он будет опускаться относительно блока, а груз m_1 – подниматься относительно блока. Следовательно, ускорение $\vec{a}_1$ будет направлено вверх, а ускорение $\vec{a}_2$ – вниз.

Заметим, что нить легкая т.е. её силы натяжения с обеих сторон блока будут одинаковы ($T_1 = T_2 = T$), а поскольку она нерастяжимая, то и модули ускорений грузов относительно земли также будут одинаковыми, т.е. $a_1 = a_2 = a$.

Запишем второй закон Ньютона для движения каждого из грузов с учетом всех вышеизложенных замечаний

$$m_1 a = T - m_1 g \quad , \tag{1}$$

$$m_2 a = m_2 g - T \quad . \tag{2}$$

Из (1) – (2) получим выражения для модулей ускорений грузов и модуля силы натяжения нити, связывающей их

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g \quad , \tag{3}$$

$$T = \frac{2 m_1 m_2}{m_1 + m_2} g \quad . \tag{4}$$

Таким образом, после освобождения ускорения грузов относительно блока и относительно земли будут следующие:

груз m_1 $\quad a_1 = a_3 = a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g$, направлено вверх (5)

груз m_2 $\quad a_2 = a_4 = a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g$, направлено вниз . (6)

2. Поскольку грузы двигались вместе с блоком, то в начальный момент времени (сразу после освобождения) их скорости относительно блока будут равны нулю, а относительно земли будут равны скорости блока v и направлены вверх.

Как следует из решения п.1 задачи, с течением времени скорость груза m_1 относительно земли будет возрастать по модулю (ускорение вверх), тогда как у груза m_2 она будет уменьшаться по модулю (ускорение вниз).

Следовательно, стать неподвижным относительно земли в некоторый момент времени может только груз m_2. В этот момент его скорость движения вниз относительно блока станет равной по модулю скорости блока v, направленной вверх, т.е. по закону сложения скоростей относительно земли он «на секундочку» остановится. Далее груз m_2 будет уже двигаться вниз относительно земли.

Для нахождения t_1 запишем уравнение

$$0 = v - at_1 \quad \Longrightarrow \quad t_1 = \frac{v}{a} = \frac{v}{\frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}\mathrm{g}} = \frac{m_2 + m_1}{m_2 - m_1}\frac{v}{\mathrm{g}} \quad . \qquad (7)$$

3. Из решения п.2 задачи следует, что максимальная высота груза m_2 будет достигаться в момент времени t_1 (верхняя точка траектории) и будет равна

$$h_{max} = vt_1 - \frac{at_1^2}{2} = \frac{v^2}{2a} = \frac{m_2 + m_1}{m_2 - m_1}\frac{v^2}{2\mathrm{g}} \quad . \qquad (8)$$

4. Поскольку в момент времени t_1 груз m_2 покоится относительно земли, то его скорость вниз по блоку равна скорости v блока. Нить нерастяжима, т.е. скорость груза m_1 в данный момент вверх по блоку также равна скорости v блока .

Это значит, что мгновенная скорость второго груза относительно земли

$$v_1 = v + v = 2v. \qquad (9)$$

5. Расчеты по полученным формулам дают:

$$t_1 = \frac{m_2 + m_1}{m_2 - m_1}\frac{v}{\mathrm{g}} = \frac{200+100}{200-100} \cdot \frac{5{,}53}{9{,}81} \text{ (с)} = \{1{,}691131498\}^2 = 1{,}69 \text{ с} \ . \qquad (10)$$

$$h_{max} = \frac{m_2 + m_1}{m_2 - m_1}\frac{v^2}{2\mathrm{g}} = \frac{200+100}{200-100} \cdot \frac{5{,}53^2}{9{,}81} = \{9{,}351957187\} = 9{,}35 \text{ м} \quad . \qquad (11)$$

По правилам округления в окончательном ответе три значащие цифры.

[2] — здесь и далее: в фигурных скобках представлены (без указания размерности) показания инженерного калькулятора (например, CASIO fx-991EX (CLASSWIZ)) при правильном расчёте.