

Разбор заданий пригласительного этапа ВсОШ по физике для 9 класса

2021/22 учебный год

Максимальное количество баллов — 30

Задание № 1.1

Общее условие:

Маленький груз подвешен у самого потолка лифта, высота которого составляет 4 метра. В момент времени $t_0 = 0$ с лифт начинает равноускоренное движение вниз (без начальной скорости), и одновременно груз отрывается от потолка. Известно, что до удара о пол лифта груз пролетел 20 метров относительно Земли.

Размеры груза пренебрежимо малы по сравнению с размерами лифта. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Условие:

Если бы лифт стоял на месте, то в какую сторону изменилось бы время падения груза на пол по сравнению с движущимся лифтом?

Варианты ответов:

- В большую
- В меньшую
- Времена падения равны
- Может измениться как в большую, так и в меньшую

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите скорость груза относительно Земли спустя 0.5 с после начала движения. Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

Ответ: 5

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите ускорение лифта. Ответ выразите в м/с^2 , округлите до целых.

Ответ: 8

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Считая, что лифт гораздо массивнее груза, определите модуль скорости груза относительно Земли сразу после абсолютно упругого удара о пол лифта. Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

Ответ: 12**Точное совпадение ответа — 3 балла***Решение.*

- 1) В неподвижном лифте ускорение груза равно g . В движущемся вниз лифте ускорение груза относительно лифта равно $g-a$. Расстояние, пролетаемое грузом относительно лифта, в обоих случаях одно и то же. Время полета:

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a_{\text{отн лифта}}}}$$

Следовательно, время полета в неподвижном лифте будет меньше.

- 2) Ускорение груза относительно Земли равно $g = 10 \text{ м/с}^2$. Следовательно, уравнение движения для скорости груза: $v = v_0 + gt = 0 + 10 \cdot 0,5 = 5,0 \text{ м/с}$

- 3) Расстояние, которое пролетел относительно Земли груз: $S = \frac{gt^2}{2}$.

Следовательно, время полета груза до пола лифта: $t = \sqrt{\frac{2S}{g}} = 2 \text{ с}$.

Расстояние, пройденное лифтом: $L = S - h = 20 - 4 = 16 \text{ м}$.

Его ускорение:

$$a = \frac{2L}{t^2} = \frac{2 \cdot 16}{2^2} = 8 \text{ м/с}^2.$$

- 4) Скорость груза относительно Земли перед ударом о пол лифта:

$$v_1 = v_0 + gt = 0 + 10 \cdot 2 = 20 \text{ м/с}.$$

Скорость лифта относительно Земли в этот момент времени:

$$v_2 = v_0 + at = 0 + 8 \cdot 2 = 16 \text{ м/с}.$$

Скорость груза относительно пола лифта в этот момент времени:

$$v_3 = v_1 - v_2 = 20 - 16 = 4 \text{ м/с}.$$

Удар абсолютно упругий, следовательно, скорость груза относительно пола лифта после удара: $v_4 = v_3 = 4 \text{ м/с}$.

Скорость груза относительно Земли сразу после абсолютно упругого удара о пол лифта:

$$v = v_2 - v_4 = 16 - 4 = 12 \text{ м/с}.$$

Задание № 1.2

Общее условие:

Маленький груз подвешен у самого потолка лифта, высота которого составляет 2 метра. В момент времени $t_0 = 0$ с лифт начинает равноускоренное движение вниз (без начальной скорости), и одновременно груз отрывается от потолка. Известно, что до удара о пол лифта груз пролетел 5 метров относительно Земли.

Размеры груза пренебрежимо малы по сравнению с размерами лифта. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Условие:

Если бы лифт стоял на месте, то в какую сторону изменилось бы время падения груза на пол по сравнению с движущимся лифтом?

Варианты ответов:

- В большую
- В меньшую
- Времена падения равны
- Может измениться как в большую, так и в меньшую

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите скорость груза относительно Земли спустя 0.7 с после начала движения. Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

Ответ: 7

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите ускорение лифта. Ответ выразите в м/с^2 , округлите до целых.

Ответ: 6

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Считая, что лифт гораздо массивнее груза, определите модуль скорости груза относительно Земли сразу после абсолютно упругого удара о пол лифта. Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

Ответ: 2

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение по аналогии с зданием № 1.1.

Задание № 1.3

Общее условие:

Маленький груз подвешен у самого потолка промышленного лифта, высота которого составляет 15.75 метра. В момент времени $t_0 = 0$ с лифт начинает равноускоренное движение вверх (без начальной скорости), и одновременно груз отрывается от потолка. Известно, что до удара о пол лифта груз пролетел 11.25 метра относительно Земли.

Размеры груза пренебрежимо малы по сравнению с размерами лифта. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Условие:

Если бы лифт стоял на месте, то в какую сторону изменилось бы время падения груза на пол по сравнению с движущимся лифтом?

Варианты ответов:

- В большую
- В меньшую
- Времена падения равны
- Может измениться как в большую, так и в меньшую

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите скорость груза относительно Земли спустя 0.2 с после начала движения. Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

Ответ: 2

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите ускорение лифта. Ответ выразите в м/с^2 , округлите до целых.

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Считая, что лифт гораздо массивнее груза, определите модуль скорости груза относительно Земли сразу после абсолютно упругого удара о пол лифта. Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

Ответ: 27

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение по аналогии с зданием № 1.1.

Задание № 1.4

Общее условие:

Маленький груз подвешен у самого потолка лифта, высота которого составляет 1.875 метра. В момент времени $t_0 = 0$ с лифт начинает равноускоренное движение вверх (без начальной скорости), и одновременно груз отрывается от потолка. Известно, что до удара о пол лифта груз пролетел 1.25 метра относительно Земли.

Размеры груза пренебрежимо малы по сравнению с размерами лифта. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Условие:

Если бы лифт стоял на месте, то в какую сторону изменилось бы время падения груза на пол по сравнению с движущимся лифтом?

Варианты ответов:

- В большую
- В меньшую
- Времена падения равны
- Может измениться как в большую, так и в меньшую

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите скорость груза относительно Земли спустя 0.1 с после начала движения. Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

Ответ: 1

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите ускорение лифта. Ответ выразите в м/с^2 , округлите до целых.

Ответ: 5

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Считая, что лифт гораздо массивнее груза, определите модуль скорости груза относительно Земли сразу после абсолютно упругого удара о пол лифта. Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

Ответ: 10

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение по аналогии с зданием № 1.1.

Задание № 2.1

Общее условие:

Зимой при уборке улиц города снег свозят на специальные снегоплавильные комбинаты. Основной агрегат представляет собой теплоизолированный бак кубической формы со стороной, равной $a = 1$ м. Дно этого куба представляет собой металлическую сетку, которая нагревается за счёт пропускания по ней электрического тока. Сопротивление этой сетки равно $R = 0.66$ Ом, а напряжение, которое подаётся на эту сетку, составляет $U = 330$ В. При нагревании снег тает, и получившаяся вода стекает сквозь сетку в накопитель. Бак заполняют доверху, включают нагрев сетки и ждут, пока снег полностью не растает.

Условие:

Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы расплавить полный бак снега, если плотность снега равна 500 кг/м³, а его начальная температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$? Удельная теплота плавления льда равна $\lambda = 330$ кДж/кг. Ответ выразите в мегаджоулях, округлите до целых.

Ответ: 165

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какое количество теплоты выделится на нагревательной сетке за $\tau = 10$ минут работы установки? Ответ выразите в мегаджоулях, округлите до целых.

Ответ: 99

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

С какой скоростью опускается поверхность снега в баке в процессе работы установки? КПД установки примите равным 100%. Ответ выразите в мм/с, округлите до целых.

Ответ: 1

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Во время ремонтных работ нагревательные сетки двух одинаковых баков по ошибке соединили последовательно друг с другом и подали на них общее напряжение U . Во сколько

раз изменилось время плавления снега в одном баке по сравнению с начальными условиями?

Ответ округлите до целых.

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

1) Так как снег находится уже при температуре плавления, то всё необходимое количество теплоты – это теплота пошедшая на плавление снега: $Q = \lambda m$, где m – это масса снега $m = \rho a^3$. Объединим эти две формулы: $Q = \lambda \rho a^3$ (1). Подставив данные величины в формулу (1) получим ответ на вопрос задачи. Ответ: 165 МДж.

2) Количество теплоты, которое выделяется в сетке можно найти по закону Джоуля-Ленца: $Q = I^2 R \tau$, если применить ещё закон Ома для участка цепи: $I = \frac{U}{R}$, то получится расчётная формула: $Q = \frac{U^2}{R} \tau$ (2). Подставив данные величины в формулу (2) получим ответ на вопрос задачи. Ответ: 99 МДж.

3) Если КПД установки 100%, то всё тепло, которое выделилось на сетке при протекании электрического тока, пойдёт на плавление льда. Тогда можно приравнять формулы (1) и (2):

$\lambda \rho a^3 = \frac{U^2}{R} \tau_1$, где τ_1 – время, за которое растает весь снег в баке. Выразим это время:

$\tau_1 = \frac{\lambda \rho a^3 R}{U^2}$ (3). За это время уровень снега опустится на величину, равную высоте куба a .

Теперь можно найти среднюю скорость опускания уровня снега в баке: $v = \frac{a}{\tau_1} = \frac{a U^2}{\lambda \rho a^3 R} = \frac{U^2}{\lambda \rho a^2 R}$

(4). Подставив данные величины в формулу (4) получим ответ на вопрос задачи. Ответ 1 мм/с.

4) Для ответа на этот вопрос нужно помнить, что время τ_1 , которое вычисляется по формуле (3) – это время плавления снега при начальных условиях. Теперь нужно понять, что изменилось при последовательном соединении двух сеток. По закону последовательного соединения $U = U_1 + U_2$ (5), где U_1 – напряжение на первой сетке, а U_2 – напряжение на второй сетке. Так же при последовательном соединении сила тока на всех участках цепи одинаковая, а сопротивление сеток тоже одинаковые, т.к. баки одинаковые. Из этого следует, что $U_1 = U_2$.

Подставим это равенство в (5) и получим: $U_1 = \frac{U}{2}$. Если в (3) уравнение подставим новое

напряжение на сетке, то получим новое время таяния льда: $\tau_2 = \frac{\lambda \rho a^3 R 4}{U^2}$ (6). Теперь найдём

отношение нового времени к начальному: $\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{\lambda \rho a^3 R 4 U^2}{U^2 \lambda \rho a^3 R} = 4$. Таким образом время таяния льда

увеличивается в 4 раза.

Задание № 2.2

Общее условие:

Зимой при уборке улиц города снег свозят на специальные снегоплавильные комбинаты. Основной агрегат представляет собой теплоизолированный бак кубической формы со стороной, равной $a = 2$ м. Дно этого куба представляет собой металлическую сетку, которая нагревается за счёт пропускания по ней электрического тока. Сопротивление этой сетки равно $R = 0.33$ Ом, а напряжение, которое подаётся на эту сетку, составляет $U = 660$ В. При нагревании снег тает, и получившаяся вода стекает сквозь сетку в накопитель. Бак заполняют доверху, включают нагрев сетки и ждут, пока снег полностью не растает.

Условие:

Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы расплавить полный бак снега, если плотность снега равна 500 кг/м³, а его начальная температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$? Удельная теплота плавления льда равна $\lambda = 330$ кДж/кг. Ответ выразите в мегаджоулях, округлите до целых.

Ответ: 1320

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какое количество теплоты выделится на нагревательной сетке за $\tau = 15$ минут работы установки? Ответ выразите в мегаджоулях, округлите до целых.

Ответ: 1188

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

С какой скоростью опускается поверхность снега в баке в процессе работы установки? КПД установки примите равным 100%. Ответ выразите в мм/с, округлите до целых.

Ответ: 2

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Во время ремонтных работ нагревательные сетки двух одинаковых баков по ошибке соединили последовательно друг с другом и подали на них общее напряжение U . Во сколько раз изменилось время плавления снега в одном баке по сравнению с начальными условиями? Ответ округлите до целых.

Ответ: 9

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение по аналогии с заданием № 2.1.

Задание № 2.3

Общее условие:

Зимой при уборке улиц города снег свозят на специальные снегоплавильные комбинаты. Основной агрегат представляет собой теплоизолированный бак кубической формы со стороной, равной $a = 0.5$ м. Дно этого куба представляет собой металлическую сетку, которая нагревается за счёт пропускания по ней электрического тока. Сопротивление этой сетки равно $R = 0.033$ Ом, а напряжение, которое подаётся на эту сетку, составляет $U = 82.5$ В. При нагревании снег тает, и получившаяся вода стекает сквозь сетку в накопитель. Бак заполняют доверху, включают нагрев сетки и ждут, пока снег полностью не растает.

Условие:

Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы расплавить полный бак снега, если плотность снега равна 500 кг/м³, а его начальная температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$? Удельная теплота плавления льда равна $\lambda = 330$ кДж/кг. Ответ выразите в мегаджоулях, округлите до целых.

Ответ: 21

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какое количество теплоты выделится на нагревательной сетке за $\tau = 5$ минут работы установки? Ответ выразите в мегаджоулях, округлите до целых.

Ответ: 62

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

С какой скоростью опускается поверхность снега в баке в процессе работы установки? КПД установки примите равным 100%. Ответ выразите в мм/с, округлите до целых.

Ответ: 5

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Во время ремонтных работ нагревательные сетки двух одинаковых баков по ошибке соединили последовательно друг с другом и подали на них общее напряжение U . Во сколько раз изменилось время плавления снега в одном баке по сравнению с начальными условиями? Ответ округлите до целых.

Ответ: 16

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение по аналогии с заданием № 2.1.

Задание № 2.4

Общее условие:

Зимой при уборке улиц города снег свозят на специальные снегоплавильные комбинаты. Основной агрегат представляет собой теплоизолированный бак кубической формы со стороной, равной $a = 3$ м. Дно этого куба представляет собой металлическую сетку, которая нагревается за счёт пропускания по ней электрического тока. Сопротивление этой сетки равно $R = 0.05$ Ом, а напряжение, которое подаётся на эту сетку, составляет $U = 495$ В. При нагревании снег тает, и получившаяся вода стекает сквозь сетку в накопитель. Бак заполняют доверху, включают нагрев сетки и ждут, пока снег полностью не растает.

Условие:

Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы расплавить полный бак снега, если плотность снега равна 500 кг/м³, а его начальная температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$? Удельная теплота плавления льда равна $\lambda = 330$ кДж/кг. Ответ выразите в мегаджоулях, округлите до целых.

Ответ: 4455

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какое количество теплоты выделится на нагревательной сетке за $\tau = 8$ минут работы установки? Ответ выразите в мегаджоулях, округлите до целых.

Ответ: 2352

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

С какой скоростью опускается поверхность снега в баке в процессе работы установки? КПД установки примите равным 100%. Ответ выразите в мм/с, округлите до целых.

Ответ: 3

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Во время ремонтных работ нагревательные сетки двух одинаковых баков по ошибке соединили последовательно друг с другом и подали на них общее напряжение U . Во сколько раз изменилось время плавления снега в одном баке по сравнению с начальными условиями? Ответ округлите до целых.

Ответ: 25

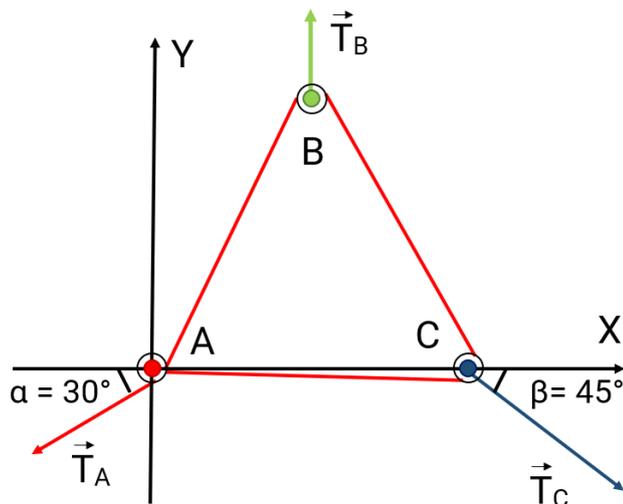
Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение по аналогии с заданием № 2.1.

Задание № 3.1

Общее условие:

Три гладких маленьких шайбы А, В и С лежат на горизонтальной поверхности, образуя равносторонний треугольник со стороной $L = 10$ см. Вокруг шайб пропущена идеальная нить. Один конец нити закреплён на шайбе А, а к другому концу будут прикладывать силу T_A (см. рисунок). Изначально нить слегка натянута (не провисает). На рисунке шайбы увеличены, поэтому треугольник искажён.



К системе прикладывают три силы:

- $T_B = 1.1$ Н, приложена к шайбе, направлена вдоль оси y ;
- $T_A = 2.0$ Н, приложена к нити, направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к оси x ;
- $T_C = 1.5$ Н, приложена к шайбе, направлена под углом $\beta = 45^\circ$ к оси x .

В процессе движения углы α и β не изменяются.

Условие:

Как будут изменяться координаты шайбы А в начале движения?

Варианты ответов:

- x увеличивается; y увеличивается
- x увеличивается; y не меняется
- x увеличивается; y уменьшается
- x уменьшается; y увеличивается
- x уменьшается; y не меняется
- x уменьшается; y уменьшается

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какую минимальную **дополнительную** силу нужно приложить к шайбе В, чтобы удержать её на месте в начальный момент времени? Направление дополнительной силы может НЕ совпадать с T_B . Ответ выразите в ньютонах, округлите до сотых.

Ответ: принимается в интервале от 2.35 до 2.37

Точное совпадение ответа — 2.5 балла

Условие:

Какую минимальную **дополнительную** силу нужно приложить к шайбе С, чтобы удержать её на месте в начальный момент времени? Направление дополнительной силы может НЕ совпадать с T_C . Ответ выразите в ньютонах, округлите до сотых.

Ответ: принимается в интервале от 2.04 до 2.06

Точное совпадение ответа — 2.5 балла

Условие:

Шайбы В и С удерживают неподвижными, прикладывая к ним дополнительные силы. Какое расстояние будет между шайбами А и С, когда система придёт в положение равновесия? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: принимается в интервале от 5.6 до 6

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

1) Силы T_{AB} и T_{AC} , действующие на блок А со стороны нитей, образующих стороны треугольника, одинаковы, поэтому их сумма направлена вдоль биссектрисы угла ВАС. По условию $\alpha = 30^\circ$, поэтому равнодействующая трех сил тоже направлена вдоль биссектрисы и равна $F = T_{AB} \cos(30^\circ) + T_{AC} \cos(30^\circ) - T_A = 2 * 2 * \frac{\sqrt{3}}{2} - 2 = 2 * (\sqrt{3} - 1)$. Т.к. $F > 0$, то для начального этапа движения x – увеличивается; y – увеличивается.

2) Рассмотрим проекции сил, действующих на шайбу В, на оси x и y .

$$F_x = T_{BC} \sin(30) - T_{AB} \sin(30) = 0$$

$$F_y = T_B - T_{AB} \cos(30) - T_{BC} \cos(30) = 1,1 - 2 * \sqrt{3} = -2,36 \text{ Н}$$

Дополнительная сила должна уравнивать равнодействующую $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 2,36 \text{ Н}$

3) Рассмотрим проекции сил, действующих на шайбу С, на оси х и у.

$$F_x = -T_{BC} \cos(60) - T_{AC} + T_C \cos(45) = -2 * \frac{1}{2} - 2 + 1,5 * \frac{1}{\sqrt{2}} = -1,94 \text{ Н}$$

$$F_y = T_{BC} \sin(60) - T_C \sin(45) = 2 * \frac{\sqrt{3}}{2} - 1,5 * \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,67 \text{ Н}$$

Дополнительная сила должна уравнивать равнодействующую $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 2,05 \text{ Н}$

4) Т.к. нити АВ и АС имеют одинаковое натяжение, то сумма сил, с которыми они действуют на шайбу, всегда направлена по биссектрисе угла ВАС. Сила T_A лежит на продолжении биссектрисы, поэтому шайба А будет двигаться вдоль биссектрисы угла ВАС. В положении равновесия сумма сил, действующих на шайбу А должна быть равна нулю, поэтому $T_A = T_{AB} \cos(\gamma) + T_{AC} \cos(\gamma)$, где 2γ – это угол ВАС в положении равновесия. Расстояние АС в положении равновесия находим из соотношения $\sin(\gamma) = \frac{L}{2*AC}$

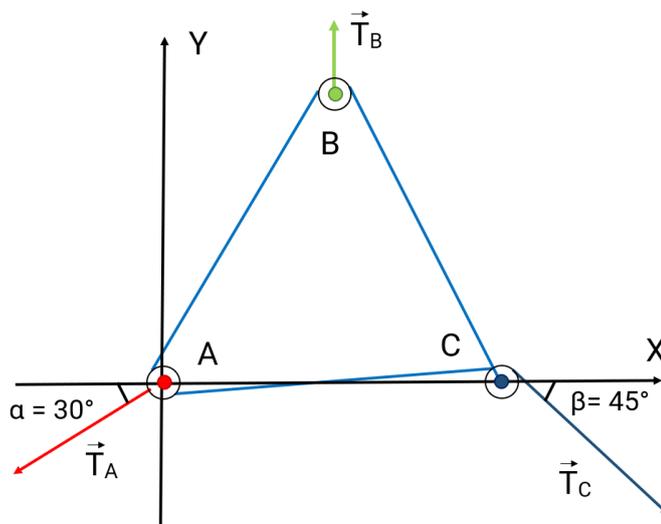
Окончательно получаем:

$$AC = \frac{L}{2 \sin(\gamma)} = \frac{L}{2\sqrt{1-(T_A/2T_{AB})^2}} = \frac{10}{2*\sqrt{3/4}} = 5,8 \text{ см.}$$

Задание № 3.2

Общее условие:

Три гладких маленьких шайбы A, B и C лежат на горизонтальной поверхности, образуя равносторонний треугольник со стороной $L = 10$ см. Вокруг шайб пропущена идеальная нить. Один конец нити закреплён на шайбе C, а к другому концу будут прикладывать силу T_C (см. рисунок). Изначально нить слегка натянута (не провисает). На рисунке шайбы увеличены, поэтому треугольник искажён.



К системе прикладывают три силы:

- $T_B = 1.1$ Н, приложена к шайбе, направлена вдоль оси y ;
- $T_A = 2.0$ Н, приложена к нити, направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к оси x ;
- $T_C = 1.5$ Н, приложена к шайбе, направлена под углом $\beta = 45^\circ$ к оси x .

В процессе движения углы α и β не изменяются.

Условие:

Как будут изменяться координаты шайбы A в начале движения?

Варианты ответов:

- x увеличивается; y увеличивается
- x увеличивается; y не меняется
- x увеличивается; y уменьшается
- x уменьшается; y увеличивается
- x уменьшается; y не меняется
- x уменьшается; y уменьшается

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какую минимальную **дополнительную** силу нужно приложить к шайбе В, чтобы удержать её на месте в начальный момент времени? Направление дополнительной силы может НЕ совпадать с T_B . Ответ выразите в ньютонах, округлите до сотых.

Ответ: принимается в интервале от 1.49 до 1.51

Точное совпадение ответа — 2.5 балла

Условие:

Какую минимальную **дополнительную** силу нужно приложить к шайбе С, чтобы удержать её на месте в начальный момент времени? Направление дополнительной силы может НЕ совпадать с T_C . Ответ выразите в ньютонах, округлите до сотых.

Ответ: принимается в интервале от 1.20 до 1.22

Точное совпадение ответа — 2.5 балла

Условие:

Шайбы В и С удерживают неподвижными, прикладывая к ним дополнительные силы. Какое расстояние будет между шайбами А и С, когда система придёт в положение равновесия? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: принимается в интервале от 6.5 до 6.9

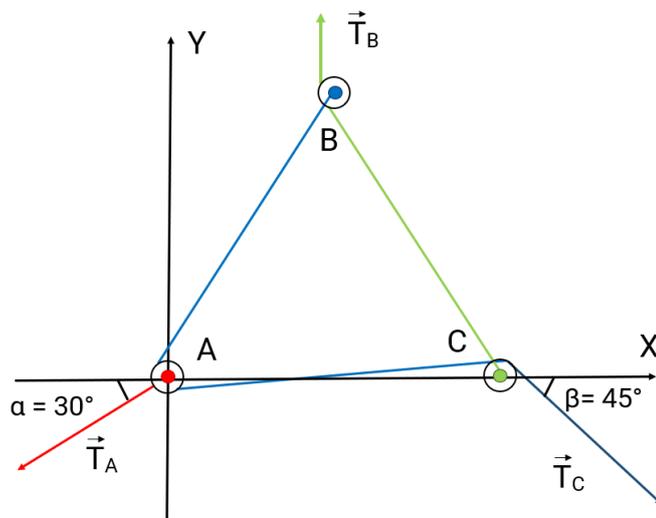
Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение по аналогии с заданием № 3.1.

Задание № 3.3

Общее условие:

Три гладких маленьких шайбы A, B и C лежат на горизонтальной поверхности, образуя равносторонний треугольник со стороной $L = 10$ см. Вокруг шайб пропущены две идеальные нити. Конiec первой нити прикреплён к шайбе C, а конiec второй нити — к шайбе B. Изначально нити слегка натянуты (не провисают). На рисунке шайбы увеличены, поэтому треугольник искажён.



К системе прикладывают три силы:

- $T_B = 1.1$ Н, приложена к шайбе, направлена вдоль оси y ;
- $T_A = 2.0$ Н, приложена к нити, направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к оси x ;
- $T_C = 1.5$ Н, приложена к шайбе, направлена под углом $\beta = 45^\circ$ к оси x .

В процессе движения углы α и β не изменяются.

Условие:

Как будут изменяться координаты шайбы A в начале движения?

Варианты ответов:

- x увеличивается; y увеличивается
- x увеличивается; y не меняется
- x увеличивается; y уменьшается
- x уменьшается; y увеличивается
- x уменьшается; y не меняется
- x уменьшается; y уменьшается

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какую минимальную **дополнительную** силу нужно приложить к шайбе В, чтобы удержать её на месте в начальный момент времени? Направление дополнительной силы может НЕ совпадать с T_B . Ответ выразите в ньютонах, округлите до сотых.

Ответ: принимается в интервале от 1.16 до 1.18

Точное совпадение ответа — 2.5 балла

Условие:

Какую минимальную **дополнительную** силу нужно приложить к шайбе С, чтобы удержать её на месте в начальный момент времени? Направление дополнительной силы может НЕ совпадать с T_C . Ответ выразите в ньютонах, округлите до сотых.

Ответ: принимается в интервале от 0.99 до 1.01

Точное совпадение ответа — 2.5 балла

Условие:

Шайбы В и С удерживают неподвижными, прикладывая к ним дополнительные силы. Какое расстояние будет между шайбами А и С, когда система придёт в положение равновесия? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: принимается в интервале от 6.5 до 6.9

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

1) Силы T_{AB} и T_{AC} , действующие на блок А со стороны нитей, образующих стороны треугольника, одинаковы, поэтому их сумма направлена вдоль биссектрисы угла ВАС. По условию $\alpha = 30^\circ$, поэтому равнодействующая трех сил тоже направлена вдоль биссектрисы и равна $F = T_{AB} \cos(30^\circ) + T_{AC} \cos(30^\circ) - T_A = 2 * 1,5 * \frac{\sqrt{3}}{2} - 2 = 2 * (\sqrt{\frac{27}{16}} - 1)$. Т.к. $F > 0$, то для начального этапа движения x – увеличивается; y – увеличивается.

2) Рассмотрим проекции сил, действующих на шайбу В, на оси x и y .

$$F_x = T_{BC} \sin(30) - T_{AB} \sin(30) = 1,1 * \frac{1}{2} - 1,5 * \frac{1}{2} = -0,2 \text{ Н.}$$

$$F_y = T_B - T_{AB} \cos(30) - T_{BC} \cos(30) = 1,1 - 1,5 * \frac{\sqrt{3}}{2} - 1,1 * \frac{\sqrt{3}}{2} = -1,15 \text{ Н}$$

Дополнительная сила должна уравнивать равнодействующую $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 1,17 \text{ Н}$

3) Рассмотрим проекции сил, действующих на шайбу С, на оси х и у.

$$F_x = -T_{BC} \cos(60) - T_{AC} + T_C \cos(45) = -1,1 * \frac{1}{2} - 1,5 + 1,5 * \frac{1}{\sqrt{2}} = -0,99 \text{ Н}$$

$$F_y = T_{BC} \sin(60) - T_C \sin(45) = 1,1 * \frac{\sqrt{3}}{2} - 1,5 * \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,11 \text{ Н}$$

Дополнительная сила должна уравнивать равнодействующую $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 1,00 \text{ Н}$

4) Т.к. нити АВ и АС имеют одинаковое натяжение, то сумма сил, с которыми они действуют на шайбу, всегда направлена по биссектрисе угла ВАС. Сила T_A лежит на продолжении биссектрисы, поэтому шайба А будет двигаться вдоль биссектрисы угла ВАС. В положении равновесия сумма сил, действующих на шайбу А должна быть равна нулю, поэтому $T_A = T_{AB} \cos(\gamma) + T_{AC} \cos(\gamma)$, где 2γ – это угол ВАС в положении равновесия. Расстояние АС в положении равновесия находим из соотношения $\sin(\gamma) = \frac{L}{2*AC}$

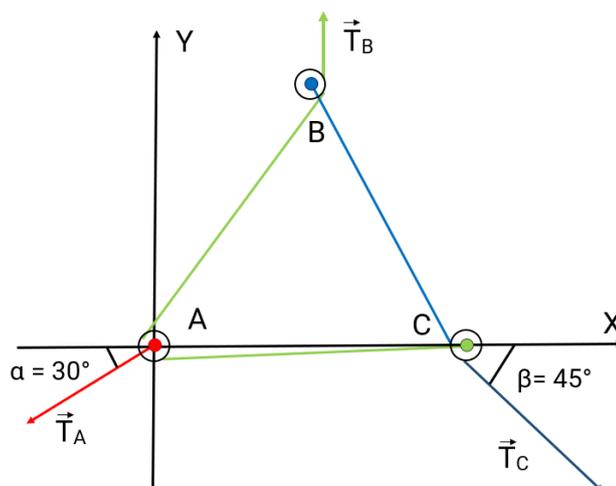
Окончательно получаем:

$$AC = \frac{L}{2 \sin(\gamma)} = \frac{L}{2 \sqrt{1 - (\frac{T_A}{2T_{AB}})^2}} = \frac{10}{2 * \sqrt{1 - (\frac{2}{2*1,5})^2}} = 6,7 \text{ см.}$$

Задание № 3.4

Общее условие:

Три гладких маленьких шайбы A, B и C лежат на горизонтальной поверхности, образуя равносторонний треугольник со стороной $L=10$ см. Вокруг шайб пропущены две идеальные нити. Конiec первой нити прикреплён к шайбе C, а конiec второй нити — к шайбе B. Изначально нити слегка натянуты (не провисают). На рисунке шайбы увеличены, поэтому треугольник искажён.



К системе прикладывают три силы:

- $T_B = 1.1$ Н, приложена к шайбе, направлена вдоль оси y ;
- $T_A = 2.0$ Н, приложена к нити, направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к оси x ;
- $T_C = 1.5$ Н, приложена к шайбе, направлена под углом $\beta = 45^\circ$ к оси x .

В процессе движения углы α и β не изменяются.

Условие:

Как будут изменяться координаты шайбы A в начале движения?

Варианты ответов:

- x увеличивается; y увеличивается
- x увеличивается; y не меняется
- x увеличивается; y уменьшается
- x уменьшается; y увеличивается
- x уменьшается; y не меняется
- x уменьшается; y уменьшается

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какую минимальную **дополнительную** силу нужно приложить к шайбе В, чтобы удержать её на месте в начальный момент времени? Направление дополнительной силы может НЕ совпадать с T_B . Ответ выразите в ньютонах, округлите до сотых.

Ответ: принимается в интервале от 1.16 до 1.18

Точное совпадение ответа — 2.5 балла

Условие:

Какую минимальную **дополнительную** силу нужно приложить к шайбе С, чтобы удержать её на месте в начальный момент времени? Направление дополнительной силы может НЕ совпадать с T_C . Ответ выразите в ньютонах, округлите до сотых.

Ответ: принимается в интервале от 0.81 до 0.83

Точное совпадение ответа — 2.5 балла

Условие:

Шайбы В и С удерживают неподвижными, прикладывая к ним дополнительные силы. Какое расстояние будет между шайбами А и С, когда система придёт в положение равновесия? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до десятых.

Ответ: принимается в интервале от 11.8 до 12.2

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение по аналогии с заданием № 3.3.