XVIII физико-математическая олимпиада для учащихся 8 – 10 классов

ФИЗИКА 9 класс 2 тур ВАРИАНТ1 2014-2015 уч. год

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАЧ.

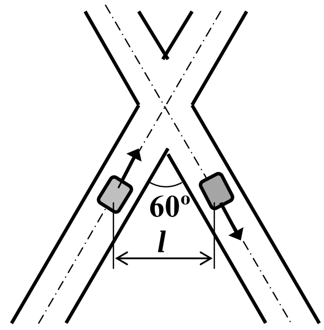
- Максимальный балл за каждую задачу – **MAX**. (указан в условии)
- За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до **MAX**. Если задача отсутствует, то в таблице пишется Х.
- **Если решение задачи содержит разрозненные записи, присутствует рисунок (хоть частично правильный) и одна- две правильные формулы, но решение, как таковое отсутствует или абсолютно неверное, то можно поставить 1-2 балла.**
- **Если решение абсолютно верное, содержит все необходимые формулы и физические законы, имеет понятные пояснения, а также проведены необходимые математические преобразования и получен правильный ответ (ответы) – это MAX.**
- **Верные решения задач могут отличаться от авторских.**
- **За отсутствие пояснений, ответа или единиц физических величин можно снять 1-2 балла.**
- **В случае если задача содержит правильный путь решения, но не доведена до ответа или получен неправильный ответ, при этом присутствуют отдельные правильные элементы решения, то оценивание провести по критериям, приведенным ниже после каждой задачи.**

1

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ.

Вариант 1

1-1. (MAX = 30 баллов) По двум дорогам, пересекающимся под углом 60º, движутся с постоянными скоростями v = 60 км/ч два автомобиля, один – к перекрестку, другой – от него (см. рисунок). В момент времени, когда автомобили оказались на одинаковых расстояниях от перекрестка, расстояние между ними равнялось l = 500 м. Через какое время после этого момента расстояние между автомобилями увеличится вдвое?



Решение.

<u>I способ (*движущаяся система отсчета*)</u>

Свяжем неподвижную систему отсчета с дорогой, а движущуюся с одним из автомобилей, например 1 (см. рисунок). В неподвижной системе отсчета радиус-векторы автомобилей (их координаты) меняются по закону:

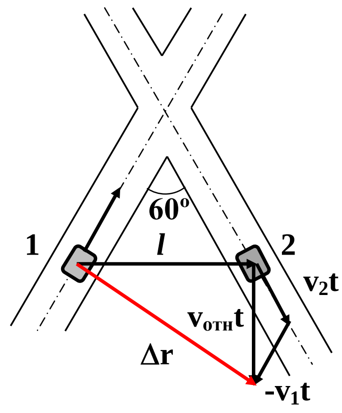
$\vec{r}_1 = \vec{r}_{01} + \vec{v}_1 t$, $\vec{r}_2 = \vec{r}_{02} + \vec{v}_2 t$. **(1-1)**

Вектор относительного расстояния между автомобилями равен

Сост. Белолипецкий С.Н. belols@mail.ru
Буду признателен, если сообщите мне о найденных в этом тексте ошибках или опечатках

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{l} + \vec{v}_{\text{отн}}t\,,$$

где $\vec{l}$ − вектор начального расстояния между автомобилями, $\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$ − вектор относительной скорости автомобилей.



Т.к. в начальный момент автомобили находятся на одинаковых расстояниях от перекрестка, и т.к. $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v$, то $\vec{v}_{\text{отн}} \perp \vec{l}$ и $v_{\text{отн}} = 2v\cos 30^\circ = v\sqrt{3}$. **(1-2)**

Из геометрии рисунка следует $|\Delta\vec{r}|^2 = l^2 + \;v_{\text{отн}}t\;^2$. По условию $|\Delta\vec{r}| = 2l$. Тогда $t = \dfrac{l}{v} = 30\,\text{с}$ = 0,5 мин. **(1-3)**

Ответ. $t = \dfrac{l}{v} = 30\,\text{с}$ = 0,5 мин.

Критерии оценивания задачи 1 (1 способ).

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 30 баллов)**
1	Сделан рисунок к задаче с необходимыми пояснениями	от 1 до 3 баллов
2	Записаны уравнения равномерного движения автомобилей (1-1) (в векторном виде или в проекциях на оси)	от 1 до 3 баллов
3	Получена формула для относительной скорости автомобилей (1-2).	от 1 до 6 баллов
4	Установлено, что $\vec{v}_{\text{отн}} \perp \vec{l}$	от 1 до 6 баллов
5	Получена формула для искомого времени t (1-3)	от 1 до 10 баллов
6	Проведен правильный численный расчет и полученный числовой ответ	От 1 до 2 баллов

II способ (*неподвижная система отсчета*)

Обозначим через l_0 – расстояние до перекрестка в начальный момент, тогда $l_0 = \dfrac{l}{2\sin\left(\dfrac{\alpha}{2}\right)}$, **(1-4)**

где α – угол, между дорогами, по которым движутся автомобили.

Спустя время t автомобили окажутся от перекрестка на расстояниях $l_1 = |l_0 - vt|$ и $l_2 = l_0 + vt$. **(1-5)**

Расстояние между автомобилями s находим с помощью теоремы косинусов: $s = l_1^2 + l_2^2 - 2l_1 l_2 \cos\alpha$. **(1-6)**

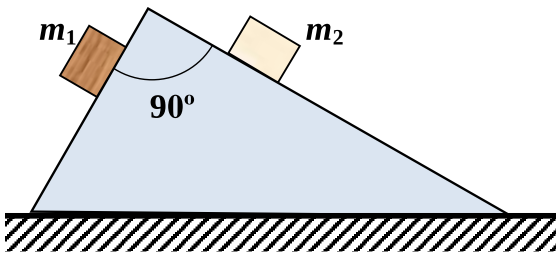
Подставляем выражения для l_0, l_1 и l_2 (1-4) и (1-5) в формулу (1-6). После упрощающих алгебраических преобразований получим

$t = \dfrac{\sqrt{s^2 - l^2}}{2v\cos\dfrac{\alpha}{2}}$. Подставляем $\alpha = 60^\circ$ и $s = 2l$, получим $t = \dfrac{l}{v} = 30$ с.

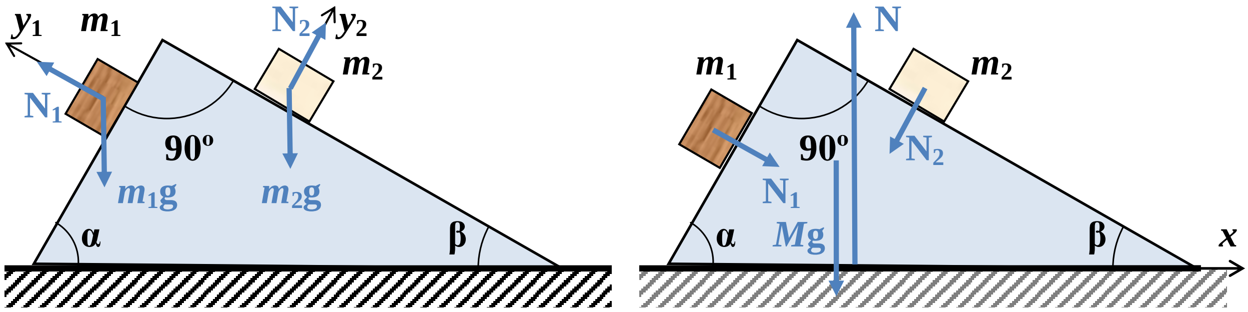
Критерии оценивания задачи 1(2 способ) .

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 30 баллов)**
1	Сделан рисунок к задаче с необходимыми пояснениями	от 1 до 3 баллов
2	Записаны уравнения равномерного движения автомобилей (1-5) для изменения расстояний до перекрестка	от 1 до 3 баллов
3	Получена формула для начального расстояния l_0 (1-4).	от 1 до 6 баллов
4	Получена формула для расстояния s между автомобилями спустя время t (1-6)	от 1 до 6 баллов
5	Получена формула для искомого времени t (1-3)	от 1 до 10 баллов
6	Проведен правильный численный расчет и полученный числовой ответ	От 1 до 2 баллов

2-1. (MAX = 25 баллов) На гладкой горизонтальной поверхности находится гладкий клин, имеющий форму треугольной призмы, в основании которой лежит прямоугольный треугольник. На клин осторожно поставили два гладких тела, массами m_1 и m_2, как показано на рисунке. Определите, при каком отношении масс m_1/m_2 клин будет оставаться неподвижным, если оба тела одновременно начнут скользить по его боковым поверхностям?



Решение



Пусть углы прямоугольного треугольника в основании клина равны α и β. На первом рисунке показаны силы, действующие на оба тела, на втором – силы, действующие на клин. Найдем силы нормальной реакции, действующие на оба тела со стороны клина.

$y_1: N_1 - m_1 g\cos\alpha = 0, \Rightarrow N_1 = m_1 g\cos\alpha$. **(2-1)**

$y_2: N_2 - mg\cos\beta = 0, \Rightarrow N_2 = mg\cos\beta$. **(2-2)**

Силы давления, действующие на клин, по третьему закону Ньютона, равны силам нормальной реакции N_1 и N_2. Запишем уравнение второго закона Ньютона для неподвижного клина в проекции на ось *x* (см. второй рис).

$x: N_1\sin\alpha - N_2\sin\beta = 0$. **(2-3)**

Подставим в (2-3) формулы для N_1 и N_2 из (2-1) и (2-2) и учтем, что $\alpha + \beta = 90^\circ$.

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\sin\beta\cos\beta}{\sin\alpha\cos\alpha} = \frac{\sin 2\beta}{\sin 2\alpha} = \frac{\sin(180^\circ - 2\alpha)}{\sin 2\alpha} = 1. \quad \textbf{(2-4)}$$

Ответ. $\dfrac{m_1}{m_2} = 1$.

Критерии оценивания задачи 2.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 25 баллов)**
1	Сделан рисунок и правильно расставлены все силы, действующие на оба тела и на клин	от 1 до 2 баллов для каждого тела системы (максимум 6 баллов)
2	Записаны уравнения динамики для каждого тела (2-1) и (2-2) или аналогичные при выборе других осей и получены формулы для сил N_1 и N_2.	от 1 до 3 баллов для каждого тела (всего 6 балла)
3	Для нахождения сил давления на клин использован 3 закон Ньютона	2 балла

Сост. Белолипецкий С.Н. belols@mail.ru
Буду признателен, если сообщите мне о найденных в этом тексте ошибках или опечатках

4	Записаны уравнения динамики для клина (2-3) или аналогичные при выборе других осей	от 1 до 3 баллов
5	Сделаны необходимые алгебраические и тригонометрические преобразования и получен ответ	от 1 до 8 баллов

3.1. (MAX = 25 баллов) Легкий шарик опускают в воду на большую глубину. Если его освободить, он начинает всплывать, достигая максимальной скорости *v*. Такой же по размеру, но тяжелый шарик, тонет в воде, достигая максимальной скорости 2*v*. Будет ли тонуть или всплывать система из этих двух шариков, связанных нитью (сверху легкий, снизу тяжелый), если ее опустить в воду, так что нить будет натянутой? Какой максимальной скорости достигнут при этом шарики? Считать, что сила сопротивления пропорциональна скорости.

Решение

1. Легкий шарик массой m_1 всплывает с максимальной скоростью v (при максимальной скорости ускорение равно нулю): $F_A - F_{c1} - m_1 g = 0$, **(3-1)**
где $F_A = \rho_0 g V$ − сила Архимеда, ρ_0 – плотность воды, V – объем шарика, $F_{c1} = kv$ − сила сопротивления, $k = const$.

2. Тяжелый шарик массой m_2 тонет с максимальной скоростью $2v$: $m_2 g - F_A - F_{c2} - = 0$, **(3-2)**
где $F_{c2} = k \cdot 2v$.

3. **Система связанных шариков будет тонуть** с максимальной скоростью v': $m_1 g + m_2 g - 2F_A - 2F_c - = 0$, **(3-3)**
где $F_c = k \cdot v'$.

Решая систему (3-1) – (3-3), получим $v' = \dfrac{v}{2}$. **(3-4)**

Ответ. Система будет тонуть с максимальной скоростью $v' = \dfrac{v}{2}$.

Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 25 баллов)**
1	Установлено, что при движении с максимальной скорость, ускорение равно нулю	2 балла
2	Сделан рисунок, на котором указаны силы, действующие на легкий шарик	от 1 до 2 баллов
3	Записано уравнение движения легкого шарика (3-1)	от 1 до 3 баллов

4	Записана формула для силы Архимеда	1 балл
5	Записана формула для силы сопротивления	1 балл
6	Сделан рисунок, на котором указаны силы, действующие на тяжелый шарик	от 1 до 2 баллов
7	Записано уравнение движения легкого шарика (3-2)	от 1 до 3 баллов
8	Сделан рисунок, на котором указаны силы, действующие на систему связанных шариков в целом или на каждое тело системы в отдельности	от 1 до 2 баллов
9	Указано, что система шариков будет тонуть	2 балла
10	Записано уравнение движения системы (3-3) связанных шариков или уравнения для каждого шарика системы	от 1 до 3 баллов
4	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получен ответ (3-4)	от 1 до 4 баллов

4-1. (MAX = 20 баллов) В калориметре с некоторым количеством воды находится электронагреватель постоянной мощности. Если включить нагреватель в сеть, а в калориметр добавлять воду с температурой 0ºC со скоростью 1 г/с, то установившаяся температура воды в калориметре будет равна 50ºC. Найдите мощность электронагревателя. Какая температура установится в калориметре, если в него вместо воды добавлять лед с температурой 0ºC со скоростью 0,5 г/с? Теплообменом калориметра с окружающей средой пренебречь.

Удельная теплоемкость воды равна 4,2 кДж/(кг·ºC), удельная теплота плавления льда 335 кДж/кг.

Решение

Обозначим: N – мощность электронагревателя, $\Delta\tau$ = 1 сек, $c_в$ – удельная теплоёмкость воды, $\Delta m_в$ – масса воды, Δt = 50ºC. Тогда

$$Q = N\Delta\tau = c_в \Delta m_в \Delta t . \Rightarrow N = c_в \frac{\Delta m_в}{\Delta\tau}\Delta t = 210 \text{ Вт.} \quad \textbf{(1-1)}$$

Во втором случае уравнение теплового баланса имеет вид:

$$Q = N\Delta\tau = \lambda\Delta m_л + c_в \Delta m_л (t' - 0^\circ\text{C}) . \quad \textbf{(1-2)}$$

$$\Rightarrow t' = \frac{N - \lambda \frac{\Delta m_л}{\Delta\tau}}{c_в \frac{\Delta m_л}{\Delta\tau}} = 20^\circ\text{C} . \quad \textbf{(1-3)}$$

Ответ. $t' = \dfrac{N - \lambda \frac{\Delta m_л}{\Delta\tau}}{c_в \frac{\Delta m_л}{\Delta\tau}} = 20^\circ\text{C}$.

Сост. Белолипецкий С.Н. belols@mail.ru
Буду признателен, если сообщите мне о найденных в этом тексте ошибках или опечатках

Критерии оценивания задачи 4.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 20 баллов)**
1	Записано уравнение закона сохранения энергии для первого случая и получена формула для мощности нагревателя(1-1).	от 1 до 8 баллов
2	Проведен численный расчет и получен правильный ответ	от 1 до 2 баллов
3	Записано уравнение закона сохранения энергии для второго случая и получена формула для установившейся температуры t' (1-1).	от 1 до 8 баллов
4	Проведен численный расчет и получен правильный ответ	от 1 до 2 баллов

Сост. Белолипецкий С.Н. belols@mail.ru
Буду признателен, если сообщите мне о найденных в этом тексте ошибках или опечатках

XVIII физико-математическая олимпиада для учащихся 8 – 10 классов

ФИЗИКА 9 класс 2 тур ВАРИАНТ2 2014-2015 уч. год

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАЧ.

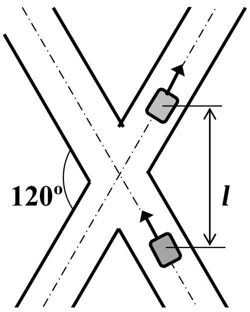
- Максимальный балл за каждую задачу – **MAX**. (указан в условии)
- За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до **MAX**. Если задача отсутствует, то в таблице пишется X.
- **Если решение задачи содержит разрозненные записи, присутствует рисунок (хоть частично правильный) и одна- две правильные формулы, но решение, как таковое отсутствует или абсолютно неверное, то можно поставить 1-2 балла.**
- **Если решение абсолютно верное, содержит все необходимые формулы и физические законы, имеет понятные пояснения, а также проведены необходимые математические преобразования и получен правильный ответ (ответы) – это MAX.**
- **Верные решения задач могут отличаться от авторских.**
- **За отсутствие пояснений, ответа или единиц физических величин можно снять 1-2 балла.**
- **В случае если задача содержит правильный путь решения, но не доведена до ответа или получен неправильный ответ, при этом присутствуют отдельные правильные элементы решения, то оценивание провести по критериям, приведенным ниже после каждой задачи.**

1

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ.

Вариант 2

1-2. По двум дорогам, пересекающимся под углом 120º, движутся с постоянными скоростями v = 60 км/ч два автомобиля, один – к перекрестку, другой – от него (см. рисунок). В момент времени, когда автомобили оказались на одинаковых расстояниях от перекрестка, расстояние между ними равнялось l = 300 м. Через какое время после этого момента расстояние между автомобилями станет равным s = 500 м?



Решение.

<u>I способ (*движущаяся система отсчета*)</u>

Свяжем неподвижную систему отсчета с дорогой, а движущуюся с одним из автомобилей, например 1 (см. рисунок). В неподвижной системе отсчета радиус-векторы автомобилей (их координаты) меняются по закону:

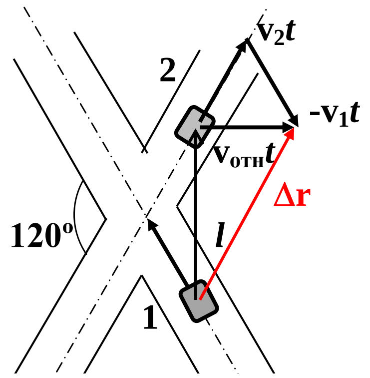
$\vec{r}_1 = \vec{r}_{01} + \vec{v}_1 t$, $\vec{r}_2 = \vec{r}_{02} + \vec{v}_2 t$. **(1-1)**

Вектор относительного расстояния между автомобилями равен

$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{l} + \vec{v}_{\text{отн}} t$,

Сост. Белолипецкий С.Н. belols@mail.ru

где $\vec{l}$ – вектор начального расстояния между автомобилями, $\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$ – вектор относительной скорости автомобилей.



Т.к. в начальный момент автомобили находятся на одинаковых расстояниях от перекрестка, и т.к. $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v$, то $\vec{v}_{\text{отн}} \perp \vec{l}$ и $v_{\text{отн}} = 2v\cos 60^\circ = v$. **(1-2)**

Из геометрии рисунка следует $|\Delta\vec{r}|^2 = l^2 + (v_{\text{отн}}t)^2$. По условию $|\Delta\vec{r}| = s$. Тогда

$$t = \frac{\sqrt{s^2 - l^2}}{v} = 24\,\text{с}. \quad \textbf{(1-3)}$$

Ответ. $t = \dfrac{\sqrt{s^2 - l^2}}{v} = 24\,\text{с}.$

Критерии оценивания задачи 1 (1 способ).

2

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 30 баллов)**
1	Сделан рисунок к задаче с необходимыми пояснениями	от 1 до 3 баллов
2	Записаны уравнения равномерного движения автомобилей (1-1) (в векторном виде или в проекциях на оси)	от 1 до 3 баллов
3	Получена формула для относительной скорости автомобилей (1-2).	от 1 до 6 баллов
4	Установлено, что $\vec{v}_{\text{отн}} \perp \vec{l}$	от 1 до 6 баллов
5	Получена формула для искомого времени t (1-3)	от 1 до 10 баллов
6	Проведен правильный численный расчет и полученный числовой ответ	От 1 до 2 баллов

<u>II способ (*неподвижная система отсчета*)</u>

Обозначим через l_0 – расстояние до перекрестка в начальный момент,

тогда $l_0 = \dfrac{l}{2\sin\left(\dfrac{\alpha}{2}\right)}$, **(1-4)**

где α – угол, между дорогами, по которым движутся автомобили.

Спустя время t автомобили окажутся от перекрестка на расстояниях $l_1 = |l_0 - vt|$ и $l_2 = l_0 + vt$. **(1-5)**

Сост. Белолипецкий С.Н. belols@mail.ru

Расстояние между автомобилями s находим с помощью теоремы косинусов: $s = l_1^2 + l_2^2 - 2l_1 l_2 \cos\alpha$. **(1-6)**

Подставляем выражения для l_0, l_1 и l_2 (1-4) и (1-5) в формулу (1-6). После упрощающих алгебраических преобразований получим

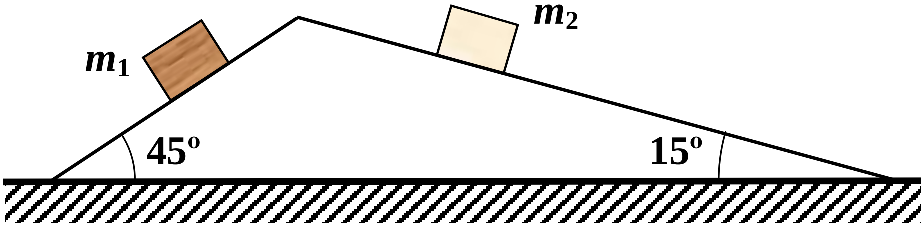
$t = \dfrac{\sqrt{s^2 - l^2}}{2v\cos\dfrac{\alpha}{2}}$. Подставляем $\alpha = 120^\circ$, получим $t = \dfrac{\sqrt{s^2 - l^2}}{v} = 24\,\text{с}$.

Критерии оценивания задачи 1 (2 способ) .

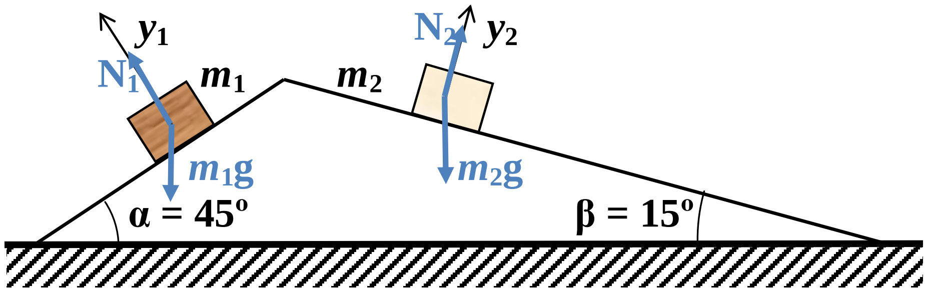
	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 30 баллов)**
1	Сделан рисунок к задаче с необходимыми пояснениями	от 1 до 3 баллов
2	Записаны уравнения равномерного движения автомобилей (1-5) для изменения расстояний до перекрестка	от 1 до 3 баллов
3	Получена формула для начального расстояния l_0 (1-4).	от 1 до 6 баллов
4	Получена формула для расстояния s между автомобилями спустя время t (1-6)	от 1 до 6 баллов
5	Получена формула для искомого времени t (1-3)	от 1 до 10 баллов
6	Проведен правильный численный расчет и полученный числовой ответ	От 1 до 2 баллов

3

2-2. (MAX = 25 баллов) На гладкой горизонтальной поверхности находится гладкий клин, имеющий форму треугольной призмы, в основании которой лежит треугольник, острые углы которого равны 45º и 15º. На клин осторожно поставили два гладких тела, массами m_1 и m_2, как показано на рисунке. Определите, при каком отношении масс m_1/m_2 клин будет оставаться неподвижным, если оба тела одновременно начнут скользить по его боковым поверхностям?



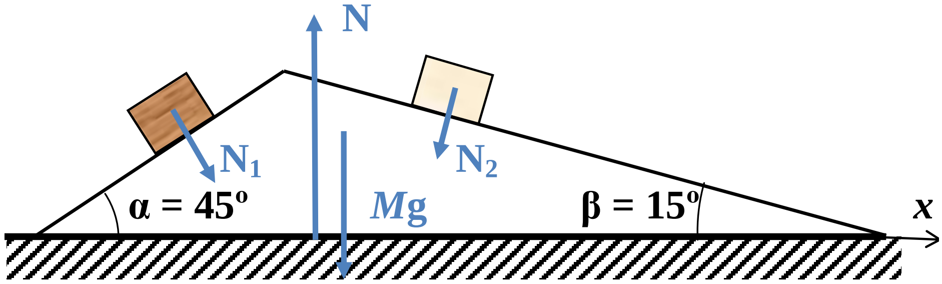
Решение



На рисунке показаны силы, действующие на оба тела. Найдем силы нормальной реакции, действующие на оба тела со стороны клина.

$y_1 : N_1 - m_1 g\cos\alpha = 0,\ \Rightarrow\ N_1 = m_1 g\cos\alpha$. **(2-1)**

$y_2 : N_2 - mg\cos\beta = 0,\ \Rightarrow\ N_2 = mg\cos\beta$. **(2-2)**



На этом рисунке показаны силы, действующие на клин. Силы давления,
4 действующие на клин, по третьему закону Ньютона, равны силам нормальной реакции N_1 и N_2. Запишем уравнение второго закона Ньютона для неподвижного клина в проекции на ось x.

$x : N_1 \sin\alpha - N_2 \sin\beta = 0$. **(2-3)**

Подставим в (2-3) формулы для N_1 и N_2 из (2-1) и (2-2).

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\sin\beta\cos\beta}{\sin\alpha\cos\alpha} = \frac{\sin 2\beta}{\sin 2\alpha} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{2}. \quad \textbf{(2-4)}$$

Ответ. $\dfrac{m_1}{m_2} = \dfrac{1}{2}$.

Критерии оценивания задачи 2.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 25 баллов)**
1	Сделан рисунок и правильно расставлены все силы, действующие на оба тела и на клин	от 1 до 2 баллов для каждого тела системы (максимум 6 баллов)
2	Записаны уравнения динамики для каждого тела (2-1) и (2-2) или аналогичные при выборе других осей и получены формулы для сил N_1 и N_2.	от 1 до 3 баллов для каждого тела (всего 6 балла)

Сост. Белолипецкий С.Н. belols@mail.ru
Буду признателен, если сообщите мне о найденных в этом тексте ошибках или опечатках

3	Для нахождения сил давления на клин использован 3 закон Ньютона	2 балла
4	Записаны уравнения динамики для клина (2-3) или аналогичные при выборе других осей	от 1 до 3 баллов
5	Сделаны необходимые алгебраические и тригонометрические преобразования и получен ответ	от 1 до 8 баллов

3.2. (MAX = 25 баллов) Тяжелый шарик опускают в воду. Он начинает тонуть, достигая максимальной скорости v. Если такой же по размеру, но легкий, шарик опустить в воду на большую глубину, то он начинает всплывать, достигая максимальной скорости $2v$. Будет ли тонуть или всплывать система из этих двух шариков, связанных нитью (сверху легкий, снизу тяжелый), если ее опустить в воду, так что нить будет натянутой? Какой максимальной скорости достигнут при этом шарики? Считать, что сила сопротивления пропорциональна скорости.

Решение

1. Тяжелый шарик массой m_1 тонет с максимальной скоростью v (при максимальной скорости ускорение равно нулю): $m_1 g - F_A - F_{c1} - = 0$, **(3-1)**

5

где $F_A = \rho_0 g V$ – сила Архимеда, ρ_0 – плотность воды, V – объем шарика, $F_{c1} = kv$ – сила сопротивления, $k = const$.

2. Легкий шарик массой m_2 всплывает с максимальной скоростью $2v$: $m_2 g - F_A + F_{c2} = 0$, **(3-2)**

где $F_{c2} = k \cdot 2v$.

3. **Система связанных шариков будет всплывать** с максимальной скоростью v': $m_1 g + m_2 g - 2F_A + 2F_c = 0$, **(3-3)**

где $F_c = k \cdot v'$.

Решая систему (3-1) – (3-3), получим $v' = \frac{v}{2}$. **(3-4)**

Ответ. Система будет всплывать с максимальной скоростью $v' = \frac{v}{2}$.

Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 25 баллов)**
1	Установлено, что при движении с максимальной скорость, ускорение равно нулю	2 балла
2	Сделан рисунок, на котором указаны силы, действующие на тяжелый шарик	от 1 до 2 баллов

3	Записано уравнение движения тяжелого шарика (3-1)	от 1 до 3 баллов
4	Записана формула для силы Архимеда	1 балл
5	Записана формула для силы сопротивления	1 балл
6	Сделан рисунок, на котором указаны силы, действующие на легкий шарик	от 1 до 2 баллов
7	Записано уравнение движения легкого шарика (3-2)	от 1 до 3 баллов
8	Сделан рисунок, на котором указаны силы, действующие на систему связанных шариков в целом или на каждое тело системы в отдельности	от 1 до 2 баллов
9	Указано, что система шариков будет всплывать	2 балла
10	Записано уравнение движения системы (3-3) связанных шариков или уравнения для каждого шарика системы	от 1 до 3 баллов
4	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получен ответ (3-4)	от 1 до 4 баллов

6 **4-1. (MAX = 20 баллов)** В калориметре с некоторым количеством льда находится электронагреватель постоянной мощности. Если включить нагреватель в сеть, а в калориметр добавлять лед с температурой 0ºС со скоростью 1 г/с, то установившаяся температура в калориметре будет равна 20ºС. Найдите мощность электронагревателя. Какая температура установится в калориметре, если в него вместо льда добавлять воду с температурой 0ºС со скоростью 2 г/с? Теплообменом калориметра с окружающей средой пренебречь.

Удельная теплоемкость воды равна 4,2 кДж/(кг·ºС), удельная теплота плавления льда 335 кДж/кг.

Решение

Обозначим: N – мощность электронагревателя, $\Delta\tau$ = 1 сек, $c_в$ – удельная теплоёмкость воды, $\Delta m_л$ – масса льда, Δt = 20ºС. Тогда

$$Q = N\Delta\tau = \lambda\Delta m_л + c_в\Delta m_л\Delta t\,. \Rightarrow\ N = (\lambda + c_в\Delta t)\frac{\Delta m_л}{\Delta\tau} = 419\ \text{Вт}. \quad \textbf{(1-1)}$$

Во втором случае уравнение теплового баланса имеет вид:

$$Q = N\Delta\tau = c_в\Delta m_в(t' - 0^\circ\text{C})\,. \quad \textbf{(1-2)}$$

$$\Rightarrow\ t' = \frac{N}{c_в\dfrac{\Delta m_в}{\Delta\tau}} = 50^\circ\text{C}\,. \ \textbf{(1-3)}$$

Ответ. $t' = \dfrac{N}{c_в\dfrac{\Delta m_в}{\Delta\tau}} = 50^\circ\text{C}$.

Критерии оценивания задачи 4.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 20 баллов)**
1	Записано уравнение закона сохранения энергии для первого случая и получена формула для мощности нагревателя(1-1).	от 1 до 8 баллов
2	Проведен численный расчет и получен правильный ответ	от 1 до 2 баллов
3	Записано уравнение закона сохранения энергии для второго случая и получена формула для установившейся температуры t' (1-1).	от 1 до 8 баллов
4	Проведен численный расчет и получен правильный ответ	от 1 до 2 баллов

7