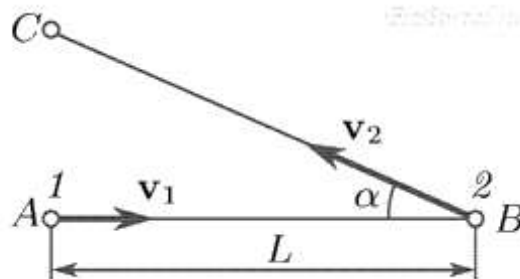


ЗАДАНИЯ
II муниципального (районного) этапа
Всероссийской олимпиады школьников по физике 2024-2025
10 Класс

1. Из точки А по направлению к точке В со скоростью $v_1 = 72$ км/ч движется гироскутер. Одновременно с ним в В по направлению к С со скоростью $v_2 = 20$ м/с движется моторная лодка. Начальное расстояние между ними $L = 200$ м. угол $\alpha = 30^\circ$. В точке А водитель гироскутера бросает второму водителю камушек так, что второй водитель ловит его без изменения траектории и изменения скорости. Позже выяснилось, что 2-ой водитель поймал камушек, когда расстояние между ними было минимальным. Определите с каким модулем скорости относительно воды был запущен камушек.



Решение

Рассмотрим движение лодки в системе отсчета связанной с гироскутером

Его скорость будет равна $\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$

Или в проекциях

$$v_x = v_1 + v_2 \cos(\alpha)$$

$$v_y = v_2 \sin(\alpha)$$

А модуль относительной скорости

$$|v| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

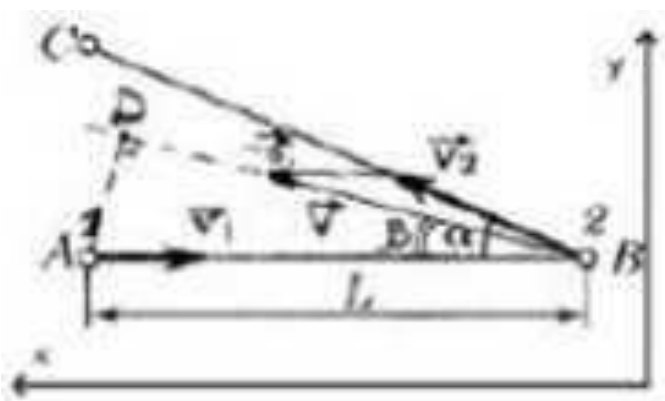
В этой системе отсчета гироскутер покоится, а лодка движется по прямой BD. Минимальное расстояние между мотоциклами будет в момент времени, когда лодка окажется на основании перпендикуляра, проведенного от гироскутера до прямой BD. Именно эта точка обозначена на рисунке буквой D. Время, в течение которого лодка пройдет расстояние BD:

$$t = \frac{|BD|}{v} = \frac{L \cos(\beta)}{v}$$

Где

$$\cos(\beta) = \frac{v_x}{v}$$

Тогда для времени получим



$$t = \frac{L(v_1 + v_2 \cos(\alpha))}{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1 v_2 \cos(\alpha)} = 5c$$

Вернемся в систему отсчета связанную с землей. Камень по горизонтали пролетел расстояние S_k за время t . Лодка за это время прошла расстояние $S_2 = v_2 t = 100\text{м}$.

$$S_k = \sqrt{S_2^2 + L^2 - 2S_2 L \cos(\alpha)} \approx 124\text{м}$$

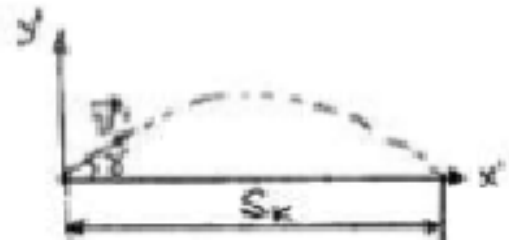
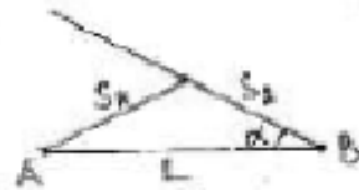
Посмотрим на траекторию камня сбоку и запишем уравнения его движения в проекциях на горизонтальную x' и -вертикальную y' оси.

$$v \cos(\gamma) = \frac{S_k}{t}$$

$$v \sin(\gamma) = \frac{gt}{2}$$

Отсюда получим

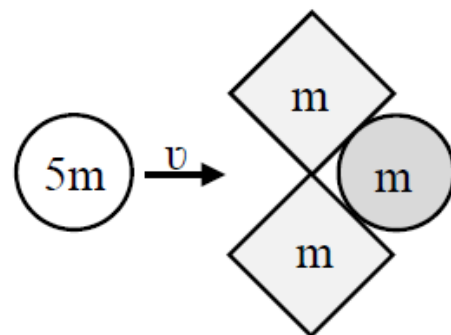
$$v = \sqrt{\left(\frac{S_k}{t}\right)^2 + \left(\frac{gt}{2}\right)^2} \approx 35\text{м/с}$$



Критерии оценивания

- | | |
|--|--------|
| 1. Реализуемая идея определения момента времени, когда расстояние l между лодкам минимально | 3балла |
| 2. определить время полета камня | 2балла |
| 3. Запись полного набора правильных уравнений, позволяющих определить расстояние, пройденное камнем по горизонтали | 2балла |
| 4. Определено расстояние, пройденное камнем по горизонтали | 1 балл |
| 5. Запись уравнений движения камня | 1балл |
| 6. Найдена скорость камня (формула + число) | 1балл |

2. Петя гостил у бабушки на берегу Байкала, где лед был абсолютно гладким, придумал игру разбивать фигуры шайбой массой $5m$ бросая ее со скоростью v на конструкцию, собранную из двух кубиков и одной шайбы поставленные в плотную друг к другу как на рис. Их массы одинаковы и равны m . Диаметр шайб равны длине стороны каждого кубика. Определите скорости шайб и кубиков после абсолютно упругого столкновения. Скорость шайбы направлена точно на точку касания кубиков и центр покоящейся шайбы.



Решение

Удары Возможное решение. Анализ геометрии конструкции указывает, что будет два столкновения. Сначала шайба сталкивается с кубиками, затем с шайбой. Поскольку диаметры шайб равны сторонам кубиков, то стороны кубиков расположены под углом 45° к линии движения шайбы. Когда шайба подъезжает к кубикам, она толкает их перпендикулярно их поверхностям, поэтому кубики разлетаются со скоростями, направленными под углом к 45° к направлению движения шайбы. При этом они не толкают покоящуюся шайбу. (1)

Столкновение шайбы и кубиков абсолютно упругое, поэтому выполняются законы сохранения импульса и механической энергии.

$$5mv = 2mv_k \cos 45^\circ + 5mv_{1x} \quad (2)$$

$$\frac{5mv^2}{2} = 2 \frac{mv_k^2}{2} + \frac{5mv_{1x}^2}{2} \quad (3)$$

$$\text{Совместное решение этих уравнений дает } v_{1x} = \frac{2}{3}v, \quad (4)$$

$$v_k = \frac{5\sqrt{2}}{6}v \quad (5)$$

Далее следует столкновение шайб, оно также абсолютно упругое. Законы сохранения импульса и энергии можно записать в виде

$$5mv_1 = 5mv_{2x} + mv_{ш} \quad (6)$$

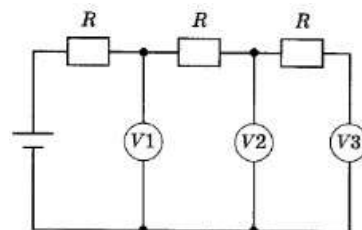
$$\frac{5mv_1^2}{2} = \frac{5mv_{2x}^2}{2} + \frac{mv_{ш}^2}{2} \quad (7)$$

$$\text{Совместное решение этих уравнений дает } v_{2x} = \frac{2}{3}v_1 = \frac{4}{9}v, \quad (8)$$

$$v_{ш} = 5v_1 = \frac{10}{6}v \quad (9)$$

Анализ процесса столкновений (1) -2 балла, за каждый из пунктов (2) – (9) по 1 баллу.

3. Экспериментатор Глюк решил определить показания второго вольтметра V2 в цепи собрана из одинаковых резисторов и одинаковых вольтметров. Если показания вольтметров $V1 = 10 \text{ В}$, $V3 = 8 \text{ В}$.



Решение. Обозначим сопротивление каждого из вольтметров r .

Тогда имеем:

$$U_3 = rI_3, \quad U_2 = rI_2, \quad U_1 = rI_1.$$

$$\text{С другой стороны, } U_2 = U_3 + RI_3 = U_3 + U_3 \frac{R}{r}.$$

$$U_1 = U_2 + R(I_2 + I_3) = U_2 + (U_2 + U_3) \frac{R}{r}.$$

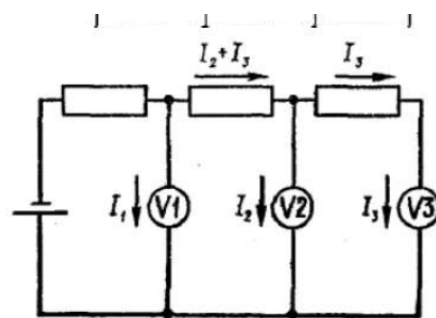
Исключая из полученной системы уравнений отношение $\frac{R}{r}$, получаем:

$$U_2^2 + U_3U_2 - U_1U_3 - U_3^2 = 0.$$

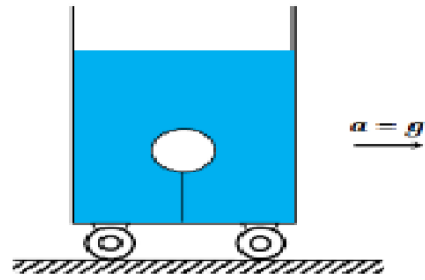
Решая это уравнение, получаем $U_2 \approx 8,6 \text{ В}$.

Критерии оценивания

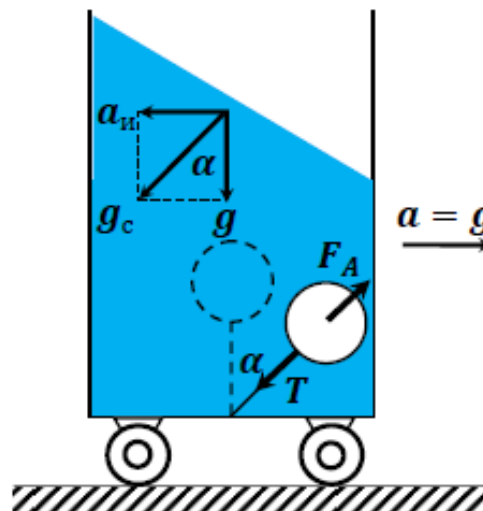
Установлена связь между напряжениями и значениями силы тока через вольтметры	3 балла
Получено уравнение, определяющее искомое значение напряжения	4 балла
Найдено искомое значение напряжения	3 балла



4. Ко дну вагона заполненного водой привязали небольшой воздушный шарик радиуса $R=5\text{см}$. Вагон начинает двигаться в горизонтальном направлении с ускорением, равным ускорению g совпадающему с ускорением свободного движения. Найдите натяжение нити. Плотность воды и ускорение свободного падения считать равными 1000 кг/м^3 и 10 м/с^2 , весом шарика с воздухом пренебречь.



Решение. При движении с горизонтальным ускорением на жидкость, кроме силы тяжести, будет действовать сила инерции, которая будет создавать ускорение (инерции) равное по величине ускорению свободного падения (по условию задачи) и направленное в сторону, противоположную ускорению тележки. Обозначим это ускорение $a_{ин}$ и построим для произвольной точки воды вместе с ускорением



свободного падения и суммарным ускорением g_c . Так как угол $\alpha=45^\circ$, то величина суммарного ускорения равна

$$g_c = \frac{g}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2}g. \quad (1)$$

Сила Архимеда, обозначенная на рисунке как F_A , направлена в сторону противоположную вектору g_c и поэтому шарик отклонится в сторону ускорения тележки под углом $\alpha=45^\circ$.

Из рисунка видно, что сила натяжения нити, которая компенсирует силу Архимеда, вычисляется как

$$T = \rho V g_c = \frac{4\pi\sqrt{2}}{3} \rho R^3 g. \quad (2)$$

Подставляя значения ρ, V, g , получим значение натяжения.

$$T \cong 7.4 \text{ Н}. \quad (3)$$

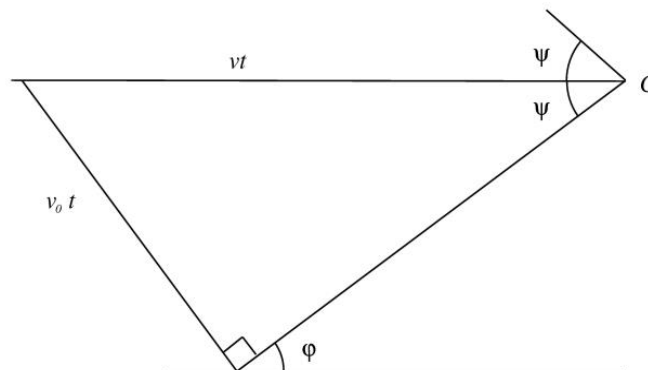
Ответ: Сила натяжения нити равна 7.4 Н.

Критерии оценивания:

1. Сделан вывод о суммарном ускорении "свободного падения" в жидкости	- 2
2. Сделан рисунок с обозначением сил	- 1
3. Определено направление отклонения шарика	- 2
4. Определен угол наклона	- 2
5. Получена формула для вычисления натяжения нити	- 2
6. Выполнены вычисления и записан ответ	- 1
Всего	- 10

5. Десятиклассник Иван любит наблюдать за самолетами. Однажды он увидел бесшумно приближающийся к нему самолет. Когда самолет пролетел Ваню, он услышал звук самолета, когда направление, в котором виден самолет, составляет угол $\phi = 45^\circ$ с землей. Помогите Ване объяснить это физическое явление и найдите скорость самолета, если скорость звука в воздухе $v_0 = 340 \text{ м/с}$.

Решение



Из условия задачи следует, что самолет движется со скоростью, большей скорости звука, поскольку в противном случае наблюдатель слышал бы шум самолета и тогда, когда самолет пролетает над ним, – звук опережал бы самолет.

Известно, что если волновая поверхность, идущая перед источником, движется со скоростью v , большей, чем скорость звука в данной среде, она представляет собой коническую поверхность с углом 2ψ при вершине конуса (см. рис. 3, где точка С соответствует положению самолета).

Поэтому

$$v \sin \psi = v_0. \quad (1)$$

Поскольку $\psi = \varphi$, то скорость самолета

$$v = \frac{v_0}{\sin \varphi} \approx 481 \text{ м/с}. \quad (2)$$

Критерии оценивания

Записано объяснение наблюдаемого явления – 4 балла

Записано выражение (1) – 2 балла

Записано равенство углов $\psi = \varphi$ – 2 балла

Найдена скорость самолета (2) – 2 балла