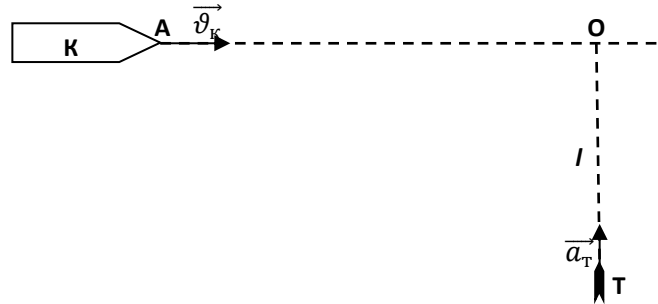


**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.
2018-19 учебный год. 9 класс. Максимальный балл – 50.**

Задача №1.

Военный корабль – крейсер (K) движется прямолинейно вдоль прямой AO с постоянной скоростью $v_k = 25,2$ км/ч. На расстоянии $l = 400$ м от точки O его поджидает подводная лодка (см. рисунок), которая выпускает торпеду в момент времени, когда расстояние от носа корабля до точки O равно S . Торпеда стартует с нулевой скоростью и движется с постоянным ускорением $a_t = 0,5$ м/с² в сторону точки O . Длина крейсера $L = 150$ м.

Вопрос №1: Чему равно расстояние S , если в случае продолжения движения корабля с прежней скоростью торпеда попадет точно в центр его борта?



К счастью, капитан крейсера заметил движущуюся торпеду, когда расстояние от носа корабля до точки O было равно $X = 100$ м. Корабль может либо разогнаться с ускорением $a_1 = 0,5$ м/с², либо тормозить с ускорением $a_2 = 0,23$ м/с².

Вопрос №2: Какую команду должен отдать капитан (разогнаться или тормозить), чтобы избежать столкновения с торпедой?

Автор: Порошин Олег Владимирович.

Возможное решение

Условием попадания торпеды в цель будет равенство времени, за которое торпеда пройдет расстояние l , а корабль расстояние $S + \frac{L}{2}$.

$$t_T = \sqrt{\frac{2l}{a_t}} \quad \text{и} \quad t_K = \frac{S + \frac{L}{2}}{v_k}. \quad \text{Приравняв полученные выражения можно получить формулу для}$$

$$\text{вычисления искомого расстояния } S = v_k \sqrt{\frac{2l}{a_t}} - \frac{L}{2} = 205 \text{ м}$$

Для ответа на второй вопрос сперва рассмотрим случай, когда крейсер будет ускоряться. Для избежания столкновения с торпедой он должен пройти дистанцию $X + L$ за время t_1 , которое должно быть меньше, чем время $t_{\text{встр}} = t_T - \Delta t$ – время за которое торпеда достигнет места встречи (точка O на чертеже), при этом t_T – время движения торпеды с момента старта до точки встречи (формула для вычисления дана выше), Δt – время которое прошло с момента старта торпеды до момента её обнаружения $\Delta t = \frac{S-X}{v_k}$. Подставив все данные, получаем, что $t_{\text{встр}} = 25$ с.

Для нахождения времени t_1 составляем уравнение движения крейсера: $X + L = v_k t_1 + \frac{a_1 t_1^2}{2}$

Решая получившееся квадратное уравнение и отбрасывая отрицательный корень, получаем $t_1 = \frac{\sqrt{v_k^2 + 2(L+X)a_1} - v_k}{a_1} \cong 20,6$ с

Сравнивая t_1 с $t_{\text{встр}}$ делаем вывод, что корабль успеет проскочить перед торпедой.

Проверим теперь случай торможения крейсера. В этом случае время прохождения дистанции X равно t_2 должно быть больше $t_{\text{встр}}$.

Для нахождения времени t_2 составляем новое уравнение движения крейсера: $X = v_k t_2 - \frac{a_2 t_2^2}{2}$

Решая получившееся квадратное уравнение и отбрасывая больший корень (этот корень соответствует случаю возврата корабля в точку с координатой X после полной остановки), получаем: $t_2 = \frac{v_k - \sqrt{v_k^2 - 2\chi a_2}}{a_2} \cong 23 \text{ с}$

Сравнивая t_2 с $t_{\text{встр}}$ делаем вывод, что корабль приплывёт в точку встречи с торпедой на 2 с раньше, значит встреча с торпедой состоится.

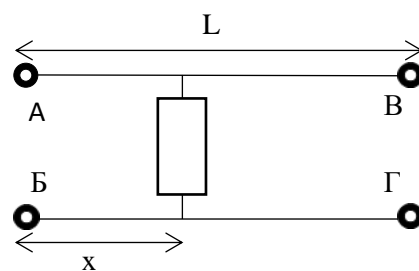
Окончательный ответ на второй вопрос: нужно ускоряться.

Критерии оценивания

1.	Выражение времени движения торпеды в первом случае $t_T = \sqrt{\frac{2l}{a_T}}$	1 балл
2.	Выражение времени движения корабля в первом случае $t_K = \frac{s + \frac{L}{2}}{v_K}$	1 балл
3.	Ответ на первый вопрос $S = v_K \sqrt{\frac{2l}{a_T}} - \frac{L}{2} = 205 \text{ м}$	1 балл
4.	Выражение для времени встречи $t_{\text{встр}} = t_T - \frac{s - X}{v_K}$	1 балл
5.	Правильно найден путь корабля для случая разгона $X + L$	1 балл
6.	Составлено верное уравнение движения корабля для случая разгона $X + L = v_K t_1 + \frac{a_1 t_1^2}{2}$	1 балл
7.	Сделан правильный вывод для случая разгона – корабль избежит встречи с торпедой.	1 балл
8.	Правильно найден путь корабля для случая торможения X	1 балл
9.	Составлено верное уравнение движения корабля для случая торможения $X = v_K t_2 - \frac{a_2 t_2^2}{2}$	1 балл
10.	Сделан правильный вывод для случая торможения – корабль будет подбит.	1 балл

Задача №2

Пенсионер Иван Петрович сам решил сделать электрическую проводку в своем дачном домике. Он проложил двухпроводную линию длиной $L = 4 \text{ м}$ от автоматического выключателя до светильника, но из-за плохого зрения некачественно прикрепил провод к стене в результате чего на некотором неизвестном расстоянии x от начала линии он пробил изоляцию. В месте пробоя изоляции между проводами появилось некоторое конечное сопротивление (см. рис).



Для поиска места пробоя он провел три измерения:

- сопротивление между концами А и Б $R_1 = 0,40 \text{ Ом}$ при разомкнутых концах В и Г;
- сопротивление между концами А и Б $R_2 = 0,36 \text{ Ом}$ при коротко замкнутых концах В и Г;

- сопротивление между концами В и Г $R_3 = 1,00 \text{ Ом}$ при разомкнутых концах А и Б.

1) Найдите это некоторое сопротивление R_0 в точке пробоя линии;

2) На каком расстоянии x от начала линии находится точка пробоя изоляции?

Автор: Баланов Василий Юрьевич

Возможное решение

1) Пусть α – сопротивление единицы длины провода, тогда

$$\begin{cases} R_1 = 2\alpha x + R_0 \\ R_2 = 2\alpha x + \frac{2\alpha(L-x)R_0}{R_0 + 2\alpha(L-x)} \\ R_3 = 2\alpha(L-x) + R_0 \end{cases}$$

Решим полученную систему уравнений.

$$\begin{cases} 2\alpha x = R_1 - R_0 \\ 2\alpha(L-x) = R_3 - R_0 \\ R_2 = 2\alpha x + \frac{2\alpha(L-x)R_0}{R_3} \end{cases}$$

$$R_2 R_3 = (R_1 - R_0)R_3 + (R_3 - R_0)R_0$$

$$R_0 = \sqrt{R_3(R_1 - R_2)} = 0,2 \text{ Ом}$$

Теперь найдем x

$$\frac{R_3 - R_0}{R_1 - R_0} = \frac{2\alpha(L-x)}{2\alpha x}$$

$$x = \frac{L(R_1 - R_0)}{R_1 + R_3 - 2R_0} = 0,8 \text{ м}$$

Критерии оценивания

1.	Понимание пропорциональности сопротивления длине провода	1 балл
2.	Выражение $R_1 = 2\alpha x + R_0$	1 балл
3.	Выражение $R_2 = 2\alpha x + \frac{2\alpha(L-x)R_0}{R_0 + 2\alpha(L-x)}$	2 балла
4.	Выражение $R_3 = 2\alpha(L-x) + R_0$	1 балл
5.	Получено значение $R_0 = \sqrt{R_3(R_1 - R_2)} = 0,2 \text{ Ом}$ (формула +ответ)	2+1 балл
6.	Получено значение $x = \frac{L(R_1 - R_0)}{R_1 + R_3 - 2R_0} = 0,8 \text{ м}$ (формула +ответ)	1+1 балл

Задача №3

В озеро Тургойк впадают 2 реки – Бобровка и Пугачевка. Вода в Бобровке течет при температуре $t_1 = 18^\circ\text{C}$, а в Пугачевке при температуре $t_2 = 8^\circ\text{C}$. При температуре окружающей среды равной $t_{01} = 22^\circ\text{C}$, температура в озере постоянна и равна $t_3 = 16^\circ\text{C}$, а при температуре окружающей среды $t_{02} = 24^\circ\text{C}$, температура в озере равна $t_4 = 17^\circ\text{C}$. Количество воды, поступающей из рек в озеро постоянно.

Определите, во сколько раз масса воды, вливаемой в озеро в минуту из реки Пугачевка больше массы воды, вливаемой из реки Бобровка?

Теория: Количество тепла, отдаваемое окружающей средой воде в озере, равно $Q = \beta \cdot \Delta T \cdot \tau$, где β – постоянный коэффициент, ΔT – разница температур между окружающей средой и озером, τ – время теплообмена.

Автор: Дульцев Михаил Дмитриевич.

Возможное решение

Т.к. температура в озере постоянна, то количество теплоты, которое уходит на нагрев холодной воды, втекающей в озеро из реки Пугачевка, компенсируются количеством теплоты, поступающей от теплой воды из реки Бобровка и количеством теплоты, поступающим от теплообмена с окружающей средой.

Составим уравнение теплового баланса:

$$Q_{\text{хол}} = Q_{\text{теп}} + Q_{\text{теплопередачи}}$$

Распишем для первого случая:

$$C_{\text{в}} m_{\text{хол}} (t_3 - t_2) = C_{\text{в}} m_{\text{теп}} (t_1 - t_3) + \beta (t_{01} - t_3) \tau$$

И для второго случая:

$$C_{\text{в}} m_{\text{хол}} (t_4 - t_2) = C_{\text{в}} m_{\text{теп}} (t_1 - t_4) + \beta (t_{02} - t_4) \tau$$

Выразим теплопередачу с окружающей средой и разделим одно уравнение на другое:

$$\frac{\beta(t_{01} - t_3)\tau}{\beta(t_{02} - t_4)\tau} = \frac{C_B m_{\text{хол}}(t_3 - t_2) - C_B m_{\text{теп}}(t_1 - t_3)}{C_B m_{\text{хол}}(t_4 - t_2) - C_B m_{\text{теп}}(t_1 - t_4)}$$

$$\frac{(t_{01} - t_3)}{(t_{02} - t_4)} = \frac{m_{\text{хол}}(t_3 - t_2) - m_{\text{теп}}(t_1 - t_3)}{m_{\text{хол}}(t_4 - t_2) - m_{\text{теп}}(t_1 - t_4)}$$

$$\frac{6}{7} = \frac{8m_{\text{хол}} - 2m_{\text{теп}}}{9m_{\text{хол}} - m_{\text{теп}}}$$

$$54m_{\text{хол}} - 6m_{\text{теп}} = 56m_{\text{хол}} - 14m_{\text{теп}}$$

$$2m_{\text{хол}} = 8m_{\text{теп}}$$

$$\frac{m_{\text{хол}}}{m_{\text{теп}}} = 4$$

$$m_{\text{теп}}$$

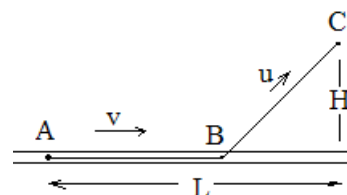
Критерии оценивания

1.	Продемонстрировано правильное понимание потоков тепла	2 балла
2.	Правильно записано уравнение теплового баланса $Q_{\text{хол}} = Q_{\text{теп}} + Q_{\text{теплопередачи}}$	1 балл
3.	Правильное выражение для $Q_{\text{хол}}$ и $Q_{\text{теп}}$	1 балл
4.	Правильное выражение для $Q_{\text{теплопередачи}}$	1 балл
5.	Верно записано УТБ для первого случая $C_B m_{\text{хол}}(t_3 - t_2) = C_B m_{\text{теп}}(t_1 - t_3) + \beta(t_{01} - t_3)\tau$	1,5 балл
6.	Верно записано УТБ для второго случая $C_B m_{\text{хол}}(t_4 - t_2) = C_B m_{\text{теп}}(t_1 - t_4) + \beta(t_{02} - t_4)\tau$	1,5 балл
7.	Найдено отношение масс $\frac{m_{\text{хол}}}{m_{\text{теп}}} = 4$	2 балла

Задача №4

Известно, что свет всегда «спешит», т.е. выбирает такую траекторию, на прохождения которой требуется минимальное время (принцип Ферма). Из-за этого при переходе из одной среды (где его скорость v_1) в другую (где скорость v_2) лучи «преломляются» по закону $\frac{\sin\alpha}{v_1} = \frac{\sin\beta}{v_2}$, где α и β – углы падения и преломления луча.

Вы находитесь на дороге (в точке А на рисунке) по которой вы можете передвигаться со скоростью v . А попасть вам надо в точку С, которая находится в поле на расстоянии H от дороги и на расстоянии L вдоль дороги. По полю вы можете двигаться со скоростью u ($u < v$). И вы спешите! То есть хотите оказаться в точке С как можно быстрее. Какое расстояние (АВ) нужно пройти по дороге до места, где нужно сойти с дороги и далее двигаться по полю?



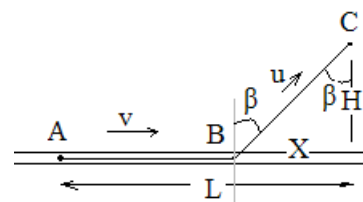
Автор: Рогальский Юрий Константинович

Возможное решение

Поскольку перед нами стоит такая же задача, как и у света, то для ее решения можно воспользоваться законом преломления: $\frac{\sin 90^\circ}{v} = \frac{\sin\beta}{u}$, где «угол падения» равен 90° , а угол преломления – β . Из этого уравнения получим $\sin\beta = \frac{u}{v}$.

Зная угол β и расстояние (H) от точки C до дороги мы можем определить положение точки (B) в которой надо «преломить» траекторию (см. рис.)

$$X = H \cdot \operatorname{tg} \beta = H \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}} = H \frac{u}{\sqrt{v^2 - u^2}}$$



В случае, если первоначально мы находимся на расстоянии $L > X$, то сначала нужно пройти по дороге расстояние $AB = L - X = L - H \frac{u}{\sqrt{v^2 - u^2}}$.

В случае, если $L \leq X$, то сворачивать с дороги надо сразу.

Критерии оценивания

1.	Идея использования закона преломления	2 балла
2.	Правильная запись закона преломления $\frac{\sin 90^\circ}{v} = \frac{\sin \beta}{u}$	2 балла
3.	Из геометрии получено положение точки B ($X = H \frac{u}{\sqrt{v^2 - u^2}}$ или аналогичное)	3 балла
4.	Найдено расстояние AB $L - H \frac{u}{\sqrt{v^2 - u^2}}$	1 балл
5.	Проведен анализ, что если $L < X$, то сворачивать нужно сразу	2 балла

Задача №5

С помощью предложенного оборудования определите плотность выданной жидкости.

Оборудование: сосуд с жидкостью; миллиметровка (размер клеточки на ней ровно 1 мм x 1 мм); набор из нескольких грузиков известной массы (массу грузика вам сообщит организатор в аудитории); пластмассовая капсула; салфетки для поддержания рабочего места в чистоте.

Автор: Гусев Андрей Владиславович

Возможное решение

- 1) С помощью миллиметровки определяем площадь основания S сосуда с раствором
- 2) Капсулу пускаем плавать в ёмкость и измеряем высоту h_1 жидкости
- 3) Условие плавания в этом случае: $\rho g V_{\text{погр}} = \rho g S (h_1 - h_0) = m_{\text{капс}} g$, где h_0 – начальный уровень жидкости (его можно не измерять).
- 4) Теперь в капсулу добавляем монеты. Фиксируем новую высоту h_2 жидкости в сосуде и суммарную массу монет, которые были добавлены $m_{\text{мон}}$.
- 5) Условие плавания в этом случае: $\rho g V'_{\text{погр}} = \rho g S (h_2 - h_0) = m_{\text{капс}} g + m_{\text{мон}} g$
- 6) Из двух условий плавания, получаем искомую величину: $\rho = \frac{m_{\text{мон}}}{S(h_2 - h_1)}$
- 7) Для повышения точности проведем опыт несколько раз с разным числом монет и усредним полученные плотности.
- 8) Оценим погрешность расчетов $\varepsilon \rho = \varepsilon S + \varepsilon (h_2 - h_1) = \frac{\Delta S}{S} + \frac{2\Delta h}{h_2 - h_1} \approx \frac{2\Delta h}{h_2 - h_1} = \frac{2\text{мм}}{9\text{мм}} = 22\%$

Критерии оценивания

1.	Предложен разумный и реализуемый метод определения плотности раствора	2 балла
2.	Метод качественно описан	1 балл
3.	Выведены необходимые формулы	2 балла
4.	Определена плотность раствора отклонением от настоящей не более чем на 10% (не более, чем на 20%)	2 балла (1 балл)
5.	Выполнена серия не менее чем из трех измерений с последующим усреднением результатов	2 балла

б.	Оценена погрешность	1 балл
----	---------------------	--------

Требования к организаторам.

Каждому участник нужно выдать:

1. Пластиковая капсула. Идеально подходит киндер-сюрприз. Капсула должна плавать в воде и позволять участникам нагружать в нее грузы оставаясь при этом на плаву.
2. Набор из 4-8 одинаковых грузов. Грузы должны быть металлические и компактные, чтобы они все могли поместиться в пластиковую капсулу. Общая масса грузов должна обеспечивать почти полное погружение капсулы в соленую воду. Массу одного груза необходимо измерить с точностью не ниже 0,1 г и сообщить ее участникам.
3. Прозрачный цилиндрический стакан с соленой водой. Площадь дна сосуда должна быть как можно меньше, но в сосуд должна влезать пластмассовая капсула и плавать в нем не касаясь стенок. Соленый раствор должен обладать как можно большей плотностью, при это готовить его нужно в одной большей емкости, чтобы у всех участников параметры раствора были одинаковые. Объем раствора должен быть достаточным для того, чтобы в нем могла плавать капсула, полностью загруженная грузиками. При помещении в стакан капсулы со всеми грузиками уровень воды в стакане должен изменяться не менее, чем на 1 см от начального. На стенках стакана не должно быть шкалы. Если она есть, то ее нужно заклеить или сообщить участникам, что использование шкалы запрещено. Можно взять стакан из столовой или обрезать пластиковую бутылку объемом 0,5 литра.
4. Лист миллиметровки формата А5.
5. Две бумажные салфетки для поддержания чистоты на рабочем месте.