

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.
2025-26 учебный год. 9 класс. Максимальный балл – 50.**

Задача №1

При подготовке к соревнованиям по велоспорту, Анатолий практиковал чередование быстрой и медленной езды на велосипеде на различных дистанциях. На рис. представлен график зависимости скорости велосипедиста Анатолия v от пройденного им пути s в один из дней тренировок.

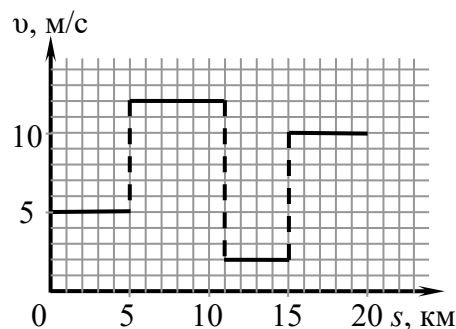
Используя построенный график, определите:

Вопрос №1: время движения велосипедиста Анатолия на всем пути;

Вопрос №2: максимальное значение средней путевой скорости;

Вопрос №3: минимальное значение средней путевой скорости.

Средняя путевая скорость – отношение всего пройденного пути ко всему времени движения (включая остановки).



Автор: Сорокин Антон Петрович

Возможное решение.

Вопрос №1:

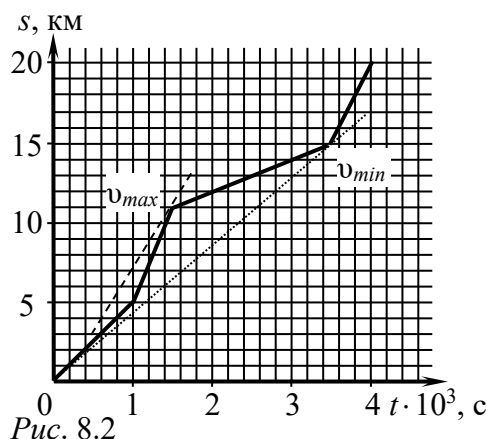
Время на каждом из интервалов движения велосипедиста может быть найдено по формуле $t_n = s_n/v_n$, где n – один из 4 интервалов движения с постоянной скоростью.

Время движения велосипедиста Анатолия на всем пути $t = \frac{5000 \text{ м}}{5 \text{ м/с}} + \frac{6000 \text{ м}}{12 \text{ м/с}} + \frac{4000 \text{ м}}{2 \text{ м/с}} + \frac{5000 \text{ м}}{10 \text{ м/с}} = 4000 \text{ с}$.

Вопросы №2-3:

Построим график зависимости пройденного велосипедистом Анатолием пути s от времени t (рис. 8.2).

По графику определим максимальную и минимальную средние путевые скорости: $v_{\max} \approx 7,33 \text{ м/с}$, $v_{\min} \approx 4,29 \text{ м/с}$.

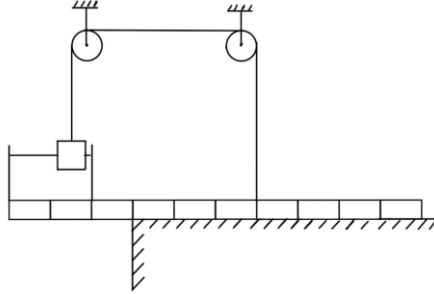


Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
Вопрос №1		
1	Найдено время на каждом из интервалов движения	$0,5 \times 4$
2	Вычислено время движения на всем пути	2
Вопрос №2		
3	Построен график зависимости s от t или приведены аргументированные рассуждения в какие моменты времени средняя скорость достигает максимума и минимума	2
4	Определена максимальная средняя путевая скорость	2
5	Определена минимальная средняя путевая скорость	2
	Итого	10

Задача №2

На горизонтальном столе лежит однородная балка массой $M = 10$ кг, на ее краю стоит сосуд с водой, масса сосуда $M_c = 0,5$ кг, масса воды в сосуде $M_0 = 2$ кг. Через систему блоков подвешен груз неизвестной массы так, что при натянутой нити он погружен в воду на половину своего объема и не касается дна. Объем груза $V = 1,5$ л. Вода из сосуда не вытекает. Ускорение свободного падения $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, плотность воды $\rho_{\text{воды}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.



Вопрос №1:

Найдите зависимость силы давления воды на дно сосуда в зависимости от массы неизвестного груза.

Вопрос №2:

В каком диапазоне может лежать масса груза, чтобы система находилась в равновесии?

Автор: Мешалкин Александр Владимирович

Возможное решение.

Вопрос №1:

В случае, если груз погружен ровно на половину своего объема, сила Архимеда, действующая со стороны воды на груз будет равна $F_A = \rho_{\text{воды}} g \cdot \frac{1}{2} V$. Тогда такая же сила будет действовать и на воду со стороны груза, и тогда сила давления на дно: $F_{\text{давления}} = M_0 g + \frac{1}{2} \rho_{\text{воды}} g V = 27,5$ Н. Если же массы груза недостаточно, чтобы он был погружен наполовину, тогда нить не натянута и груз свободно плавает в воде. Тогда он давит на воду силой своей тяжести, и $F_{\text{давления}} = M_0 g + M_{\text{груза}} g$. В этом случае масса груза должна удовлетворять условию $M_{\text{груза}} \leq \frac{1}{2} \rho_{\text{воды}} V = 0,75$ кг.

Вопрос №2:

Для начала определим, в какой точке прикладывается сила реакции на балку со стороны сосуда. Вне зависимости от местоположения плавания груза, давление жидкости во всех точках на дне сосуда будет одинаковым. А значит, сила давления будет приложена ровно посередине, и значит, сила реакции опоры будет тоже ровно посередине.

Теперь проверим, будет ли опрокидываться балка при значении массы груза $M_{\text{груза}} = \frac{1}{2} \rho_{\text{воды}} V$ (максимальная, чтобы нить была не натянута). Сила реакции опоры, действующая со стороны сосуда на балку $N = (M_c + M_0 + M_{\text{груза}})g$. Нить не натянута. Тогда моменты сил (относительно края стола): $M_+ = 2Mgl = 200 \text{ Н} \cdot l$ – момент по часовой стрелке, $M_- = N \cdot 2l = 65 \text{ Н} \cdot l$ (l – длина одного деления балки). Видно, что балка будет пытаться повернуться по часовой стрелке, а там стол. Значит, рычаг будет в равновесии.

Значит, сила натяжения нити ненулевая. Тогда $N = F_{\text{давления}} + M_c g = 32,5$ Н ($F_{\text{давления}}$ из первого вопроса). Тогда сила натяжения нити $T = M_{\text{груза}} g - \frac{1}{2} \rho_{\text{воды}} g V$. Получаем условие начала опрокидывания ($M_+ = M_-$):

$$2Mgl = 2Nl + 3Tl$$

Сокращая на l , получаем:

$$2Mg = 2N + 3M_{\text{груза}}g - \frac{3}{2}\rho_{\text{воды}}gV$$

Получаем $M_{\text{груза}} = \frac{2}{3}M - \frac{2N}{3g} + \frac{1}{2}\rho_{\text{воды}}V = 5,25 \text{ кг.}$

Значит, подходящая масса груза $M_{\text{груза}} \in [0; 5,25] \text{ кг.}$

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
Вопрос №1		
1	Найдена сила давления на дно сосуда, если груз погружен наполовину $F_{\text{давления}} = M_0g + \frac{1}{2}\rho_{\text{воды}}gV = 27,5 \text{ Н}$	1,5
2	Найдена сила давления на дно сосуда, если сосуд погружен меньше, чем наполовину $F_{\text{давления}} = M_0g + M_{\text{груза}}g$	1,5
3	Указано, что такая сила давления при $M_{\text{груза}} \leq \frac{1}{2}\rho_{\text{воды}}V = 0,75 \text{ кг}$	1
Вопрос №2		
4	Указано и обосновано, что точка приложения силы реакции опоры будет находиться посередине сосуда	1+1
5	Выражена сила натяжения нити $T = M_{\text{груза}}g - \frac{1}{2}\rho_{\text{воды}}gV$	1
6	Записано уравнение моментов $2Mgl = 2Nl + 3Tl$ или аналогичное	2
7	Правильно численно посчитан диапазон массы груза $M_{\text{груза}} \in [0; 5,25] \text{ кг}$	1

Задача №3

Для приготовления антисептика готовят водно-спиртовые растворы, для которых требуется точное соблюдение концентрации. Известно, что растворение спирта в воде происходит с выделением тепла.

В первом опыте смешали 94% (по массе) раствор спирта массой 1,02 кг, взятый при температуре $t_1=26^\circ\text{C}$ с водой, при температуре 26°C , получив 75% раствор спирта при температуре 34°C .

Во втором опыте вместо воды в 94%-ый спирт массой 1,02 кг решили добавить лед при температуре -1°C в таком количестве, чтобы опять получить 75% раствор спирта.

Теплоемкость раствора можно считать равной сумме теплоемкостей, входящих в него воды и спирта. Удельные теплоемкости составляющих: $C_{\text{сп}}=2400 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$, $C_{\text{в}}=4200 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$, $C_{\text{л}}=2100 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда $\lambda=334 \text{ кДж/кг}$. Потерями тепла пренебречь.

Вопрос №1: Сколько тепла выделилось при растворении спирта в первом опыте?

Вопрос №2: В каком агрегатном состоянии будет система при установлении теплового равновесия во втором опыте?

Вопрос №3: Найти конечную температуру раствора во втором опыте.

Составитель: Тукова Надежда Борисовна

Возможное решение:**Вопрос №1:**

$$\omega_1 = 94\%, \quad \omega_2 = 75\%$$

Определение составляющих растворов.

Исходный раствор: где ω_1 – это % содержания, m_{p1} – это масса исходного раствора,

m_{B1} – масса воды в исходном растворе

$$m_{\text{сп}} = m_{p1} \cdot \omega_1 \quad m_{\text{сп}} = 1,02 \text{ кг} \cdot 0,94 = 0,9588 \text{ кг}$$

$$m_{B1} = m_{p1} - m_{\text{сп}} \quad m_{B1} = 0,0612 \text{ кг}$$

Конечный раствор:

$$m_{p2} = \frac{m_{\text{сп}}}{\omega_2} \quad m_{p2} = \frac{0,9588 \text{ кг}}{0,75} = 1,2784 \text{ кг}$$

Масса добавленной воды:

$$m_{B2} = m_{p2} - m_{p1} \quad m_{B2} = 0,2584 \text{ кг}$$

$$\text{Общая масса воды: } m_B = m_{B1} + m_{B2} = 0,3196 \text{ кг}$$

Тогда теплота, выделяющаяся при растворении:

$$Q_p = Q_B + Q_{\text{сп}} = m_{\text{сп}} c_{\text{сп}} (t_2 - t_1) + m_B c_B (t_2 - t_1) = 29,15 \text{ кДж}$$

Вопрос №3:

Для получения 75%-го раствора спирта во втором опыте потребуется взять льда столько же (по массе), сколько воды в первом опыте. Тогда все массы совпадут с массами из первого опыта. Предположим, что весь лед растает, тогда энергия, выделяющаяся при смешивании воды и спирта, пойдет на нагрев спирта, нагрев льда, плавление льда и нагрев воды.

$$Q_p = c_L \cdot m_L (0 - t_L) + m_L \cdot \lambda_L + c_B \cdot m_L (\theta - 0) + c_B \cdot m_{B1} (\theta - t_1) + c_{\text{сп}} \cdot m_{\text{сп}} (\theta - t_1), \text{ где}$$

$$m_L = m_{B2}.$$

$$\theta = \frac{Q_p + c_L m_L t_L - m_L \cdot \lambda_L + c_B m_{B1} t_1 + c_{\text{сп}} m_{\text{сп}} t_1}{c_B \cdot m_L + c_B \cdot m_{B1} + c_{\text{сп}} \cdot m_{\text{сп}}} = 2,4^\circ\text{C}$$

Вопрос №2:

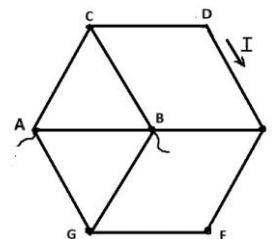
$\theta > 0$, значит система находится в жидком состоянии (весь лед растаял).

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
Вопрос №1		
1	Найдены массы компонентов начального раствора	0,5+0,5
2	Найдены массы компонентов конечного раствора	0,5+0,5
3	Выражено и рассчитано количество теплоты, выделяющееся при растворении	2
Вопрос №3		
4	Указано, что масса добавляемого льда, должна быть равна массе добавленной в первом опыте воды	1
5	Указано, что во втором опыте при растворении спирта выделится столько же тепла, что и в первом.	1
6	Верно записано уравнение теплового баланса для системы со льдом	2
7	Выражена и рассчитана, установившаяся температура в системе со льдом	1
Вопрос №2		
8	Верно определено и обосновано состояние системы	1

Задача №4

Проволочная сетка представляет собой фигуру, изображенную на рисунке. Сопротивление каждого проводника в сетке от узла до узла одинаково и равно $R=3,8$ Ом. Сетка подключена к внешней цепи в точках А и В. Известно, что на участке DE сила тока $I_{DE}=I=1$ А.



Вопрос №1: Определите силу тока на участке АВ (по ребру АВ) I_{AB} .

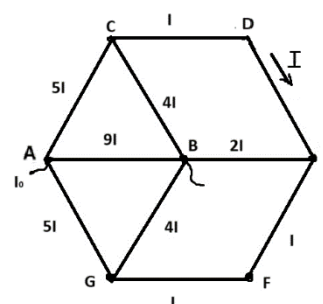
Вопрос №2: Определите общее сопротивление цепи R_0 между точками А и В.

Автор: Стерхова Марина Анатольевна

Возможное решение:

Вопрос №1

Схема симметрична относительно оси АЕ, что приводит к тому, что токи $CD=DE=EF=GF=I$, в узле Е токи участков DE и EF складываются (см. рисунок) $I_{BE}=2I$. По правилу равенства напряжений на параллельных участках цепи СВ и CDEB следует, что $I \cdot R + I \cdot R + 2I \cdot R = I_{CB} \cdot R$. Следовательно, $I_{CB}=4I$. В силу симметрии $I_{CB}=I_{GB}$.



В узле С: $I_{AC}=I_{CB}+I_{CD}=I+4I=5I$. В силу симметрии $I_{AC}=I_{AG}=5I$.

По правилу равенства напряжений на параллельных участках цепи АВ и АСВ следует, что $5I \cdot R + 4I \cdot R = I_{AB} \cdot R$. Следовательно, $I_{AB}=9I$.

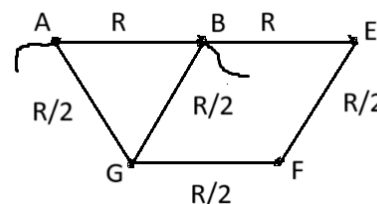
Вопрос №2

1 вариант решения:

Найдем общее сопротивление цепи: $R_0 = \frac{U_{AB}}{I_0}$, где I_0 – общий ток.

Для узла А: $I_0 = I_{AC} + I_{AB} + I_{AG} = 5I + 5I + 9I = 19I$. $U_{AB} = I_{AB} \cdot R = 9I \cdot R$.

Подставляя в формулу: $R_0 = \frac{U_{AB}}{I_0} = \frac{9I \cdot R}{19I} = \frac{9 \cdot R}{19} = \frac{9 \cdot 3,8}{19} = 1,8$ Ом.



2 вариант решения:

В силу симметрии схемы возможно по оси симметрии свернуть цепь, при этом сопротивления участков EF, FG, BG, GA уменьшатся в два раза (см. рис.). В результате получаем, что участки BE, EF, FG последовательны друг другу, а участок BG параллелен им.

Общее сопротивление участка BEFG равно $\frac{2R \cdot \frac{1}{2}R}{2R + \frac{1}{2}R} = 0,4 R$. Этот участок последовательно соединен с участком AG и их общее сопротивление $0,9 R$, вместе они параллельны участку АВ. Таким образом, получаем, что $R_0 = \frac{0,9R \cdot R}{0,9R + R} = \frac{9 \cdot R}{19} = 1,8$ Ом.

Критерии оценивания

№	Критерии	Кол-во баллов
Вопрос №1		
1	Определено, что в силу симметрии цепи и последовательных соединений участков CD, DE и EF, GF токи на участках $CD=DE=EF=GF=I$	1
2	Указано, что $I_{BE}=2I$	1
3	Определено, что $I_{CB}=I_{GB}=4I$	1
4	Определено, что $I_{AC}=I_{AG}=5I$	1
5	Определено, что $I_{AB}=I_{AG}=9I=9A$	1
Вопрос №2		
6	Найдено выражение для общего тока $I_0=I_{AC}+I_{AB}+I_{AG}=19I$	1
7	Указано, что общее сопротивление цепи $R_0=\frac{U_{AB}}{I_0}$	1
8	Определено выражение для U_{AB}	1
9	Правильно получено выражение для общего сопротивления цепи $R_0=\frac{9 \cdot R}{19}$	1
10	Получен численный ответ: $R_0=1,8 \text{ Ом}$.	1

Примечание: решение вопроса №2 вариантом 2 или, если была правильно построена эквивалентная цепь для данной, изменяет критерии решения вопроса №2 данной задачи (см. далее)

№	Критерии	Кол-во баллов
Вопрос №2		
6	Построена правильная эквивалентная цепь	2
7	Получено выражение для общего сопротивления $R_0=\frac{9 \cdot R}{19}$	2
8	Получен численный ответ: $R_0=1,8 \text{ Ом}$.	1

Задача №5

Оборудование: лист бумаги с напечатанными трапецией и линейкой, кусок нити, большая гайка, маленькая гайка, ножницы (выдаются по требованию).

ВАЖНО!!! Можно использовать только указанное в задаче оборудование. Своей линейкой и другим оборудование пользоваться нельзя.

В этой задаче вам предстоит сравнить массы различных тел с помощью неоднородного рычага. Первое, что вам потребуется – изготовить его. Для этого аккуратно вырежьте трапецию, напечатанную на отдельном листе и линейку. Затем сверите получившуюся трапецию несколько раз вдоль тонких, параллельных линий, как «гармошку». Чтобы получившаяся «гармошка» не распалась перетяните ее в нескольких местах небольшими кусочками нити. У вас должна получиться своеобразная бумажная палочка, в которой все изначально параллельны друг другу тонкие линии остались параллельными.

ВАЖНО!!! Во всех последующих опытах вам разрешается использовать рычаг только так, чтобы его центр (точка, расположенная посередине от его концов) был осью вращения.

Вопрос 1. Определите отношение масс выданных вам гаек.

Автор: Карманова Максим Леонидович

Возможное решение

Согнем рычаг, как написано в инструкции. Если тщательно прогладить все сгибы, то можно не обвязывать его дополнительно ниточками.



Так как выданная линейка короткая, то для удобства измерения длины рычага поставим на нем отметку на расстоянии 12 см от легкого края.

Измерим длину всего рычага $L_0 = 12,0 + 10,8 = 22,8$ см и отметим его середину на расстоянии 11,4 см от одного из концов.

Пусть масса большой гайки M , масса маленькой – m

Первый опыт: подвесим большую гайку на расстоянии L_1 от оси рычага, а маленькую на таком расстоянии L_2 от оси рычага, чтобы рычаг оказался в равновесии.

Условие равновесия с учётом момента силы тяжести рычага $m_r g x_0$

$$M g L_1 - m g L_2 = m_r g x_0 \quad (1)$$

Поменяем гайки местами, не переворачивая рычаг, и вновь добьемся его равновесия. Расстояние от маленькой гайки до оси – L_1' слева, большая на L_2' справа.

Условие равновесия:

$$m g L_1' - M g L_2' = m_r g x_0 \quad (2)$$

Приравниваем (1) и (2):

$$M L_1 - m L_2 = m L_1' - M L_2'$$

$$\frac{M}{m} = \frac{L_1' + L_2}{L_1 + L_2'}$$

Таким образом необходимо измерить 4 плеча и можно будет вычислить отношение масс гаек. В данном решении не приводятся результаты измерений и итоговые значения, так как оборудование на местах могло отличаться. Членам жюри необходимо самостоятельно проделать опыт и определить эталонные значения.

Критерии оценивания.

№	Критерии	Кол-во баллов
1	Предложен и описан рабочий метод определения отношения масс гаек, не противоречащий условию задачи и не использующий дополнительное оборудование	3
2	Измерены плечи в первом опыте	1
3	Измерены плечи во втором опыте	1
4	Записано условие равновесия в первом опыте	1
5	Записано условие равновесия во втором опыте	1
6	Получена расчетная формула для отношения масс	1
7	Отношение масс отличается от эталонного не более, чем на 10% ИЛИ не более, чем на 20%	2 1
	ИТОГО	10

Этот лист является частью условия задачи №5 для 9 классов. Он печатается на лист формата А4 и выдается участникам.

