

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.
2025/26 учебный год. 11 класс. Максимальный балл – 50.**

Задача №1

Мальчик Саша очень любит кататься на велосипеде. При езде на велосипеде силу прикладывают к педали (точка В на фото), в результате чего приводится в движение шестерня радиусом $R_{AC} = 8,0$ см и цепь, охватывающая её по окружности. Расстояние $R_{AB} = 18,0$ см, сила давления на педаль всегда перпендикулярна отрезку АВ.

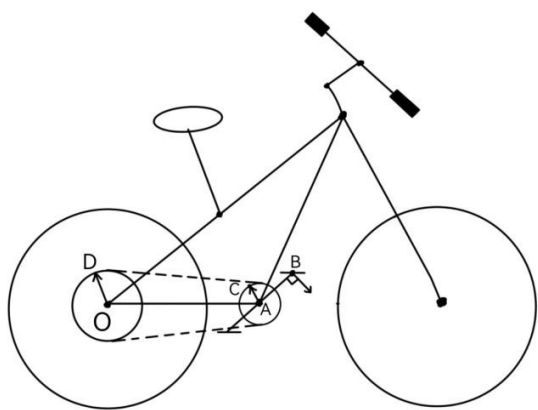
Механизм передач состоит из десяти шестерён разного радиуса (см фото), радиусы которых представлены в таблице.

№ передачи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R, см	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,0

Радиус колеса велосипеда $R_K = 36,0$ см, масса Саша $m_A = 65$ кг, масса велосипеда $m_B = 15$ кг.

Считайте, что сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости велосипедиста относительно воздуха. Ускорение свободного падения во всех пунктах задачи $g = 10$ м/с².

Массой цепи, толщиной цепи и трением в шарнирах пренебречь. Колесо по асфальту не проскальзывает, велосипед не переворачивается.



Вопрос 1

Саша сел на неподвижный велосипед и переключил его на первую передачу и начал давить на неё с силой $F_0 = 200$ Н. С каким ускорением он начнет двигаться?

Вопрос 2

Когда Саша крутит педаль с комфортной для себя силой $F = 80$ Н, велосипед едет с постоянной скоростью $v_1 = 14,4$ км/ч. На велосипеде при этом стоит десятая передача. С какой установившейся скоростью поедет Саша, если будет давить с такой же комфортной силой, но переключится на шестую передачу?

Вопрос 3

Саша съезжает по склону, наклоненному под углом к горизонту $\alpha = 3^\circ$ и не крутит при этом педали. С какой скоростью v_2 он при этом будет двигаться?

Вопрос 4

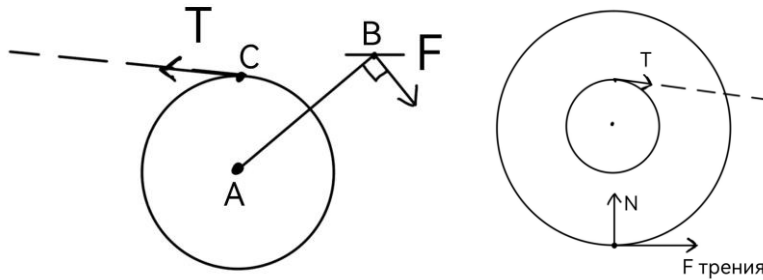
Съезжая по склону так же, как и в предыдущем пункте, Саша понял, что опаздывает на электричку и рассчитал, ему надо ехать со скоростью $v_3 = 32$ км/ч. Какую передачу ему надо включить, чтобы сила давления на педаль была как можно ближе к комфортной?

Возможное решение.

Вопрос №1

Выразим силу натяжения цепи T через силу давления на педаль F . Так как масса всего механизма передач мала, то моменты сил, действующие на систему “Педаль + диск AC” относительно точки A уравновешены (рисунок слева):

$$\begin{aligned} -T \cdot R_{AC} + F \cdot R_{AB} &= 0 \\ T &= \frac{R_{AB}}{R_{AC}} F = 2,25F \end{aligned}$$



Теперь сделаем аналогичное рассуждение для заднего колеса (рисунок справа):

$$\begin{aligned} T \cdot R_{OD} - F_{\text{тр}} \cdot R_K &= 0 \\ F_{\text{тр}} &= \frac{R_{OD}}{R_K} T = 2,25 \frac{R_{OD}}{R_K} F \end{aligned}$$

Примечание. Заметим основное отличие цепи от привычной нерастяжимой нити – цепь натянута только сверху, а снизу она чуть провисает (иначе она не сможет перекидываться на диски больших радиусов).

Эту формулу будем использовать впоследствии и для остальных пунктов задачи. Для первого пункта получаем $F_{\text{тр}} = 100$ Н. Так как колеса не проскальзывают, то эта сила – единственная, имеющая горизонтальную составляющую. А значит, ускорение $a = \frac{F_{\text{тр}}}{m_A + m_B} = 1,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Вопрос №2

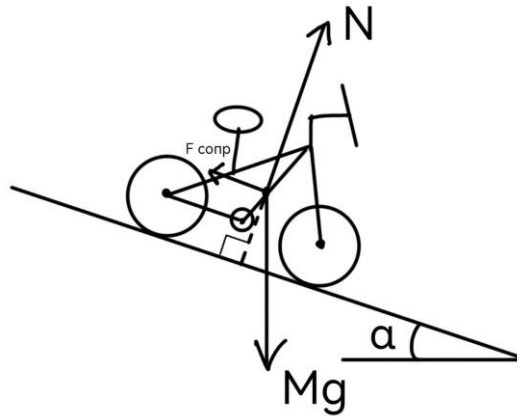
Так как велосипед едет с постоянной скоростью, сумма сил, действующих на велосипед по горизонтали, равна нулю. Отсюда получаем $F_{\text{тр}} = F_{\text{сопр}}$, и так как сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости, получаем $F_{\text{тр}1} = kv_1^2$. Для искомой скорости v_{1x} получаем $F_{\text{тр}1x} = kv_{1x}^2$. Из этих двух уравнений получаем $\left(\frac{v_{1x}}{v_1}\right)^2 = \frac{F_{\text{тр}1x}}{F_{\text{тр}1}} = \frac{R_6}{R_{10}}$ (из уравнения для $F_{\text{тр}}$). Получаем $v_{1x} = v_1 \sqrt{\frac{R_6}{R_{10}}} = 19,5 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

Вопрос №3

Сначала найдём коэффициент k , используя второй пункт задачи:

$$\begin{aligned} kv_1^2 &= 2,25 \frac{R_{10}}{R_K} F \\ k &= \frac{2,25 R_{10} F}{R_K v_1^2} = 0,9375 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2} \end{aligned}$$

Велосипед также едет с постоянной скоростью, значит, сумма сил равна нулю:



Записываю сумму сил в проекции на ось, параллельную земле, получаем (здесь $M = m_A + m_B = 80 \text{ кг}$):

$$F_{\text{сопр}2} = kv_2^2 = Mg \sin \alpha$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{Mg \sin \alpha}{k}} = 6,68 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 24 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Вопрос №4

В последнем пункте уравнение суммы сил будет немного отличаться от предыдущего:

$$kv_3^2 = Mg \sin \alpha + F_{\text{тр}3}$$

$$F_{\text{тр}3} = kv_3^2 - Mg \sin \alpha = 32,2 \text{ Н}$$

Из формулы из первого вопроса $F_{\text{тр}} = 2,25 \frac{R_{OD}}{R_K} F$ найдём радиус наиболее подходящего диска:

$$R_{OD} = \frac{F_{\text{тр}3} R_K}{2,25 F} = 6,44 \text{ см.}$$

Это значение наиболее близко к 4 передаче, а значит, нужно включить 4 передачу.

Так же можно сравнить силу давления на педаль на 4 и 5 передачах:

$$F = \frac{F_{\text{тр}} R_K}{2,25 R_{OD}}$$

$$F_4 = \frac{F_{\text{тр}3} R_K}{2,25 R_4} = 79,3 \text{ Н}$$

$$F_5 = \frac{F_{\text{тр}3} R_K}{2,25 R_5} = 85,9 \text{ Н}$$

Видно, что наиболее близкое значение соответствует 4 передаче.

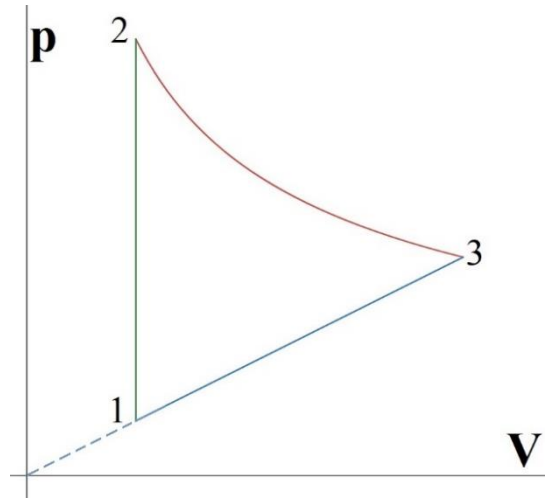
Критерии оценивания

№	Критерий	Кол-во баллов
	Вопрос 1	
1	Получена связь между силой натяжения цепи и силой давления на педаль $T = R_{AB}/R_{AC} F$	1
2	Получена связь между силой трения колеса об асфальт и силой давления на педаль $F_{\text{тр}} = R_{OD}/R_K T$	1

3	Получено ускорение $a = 1,25 \text{ м/с}^2$	1
	Вопрос 2	
4	Записаны уравнения $F_{\text{тр1}} = kv_1^2$ и $F_{\text{тр1x}} = kv_{1x}^2$	0,5 + 0,5
5	Получена искомая скорость $v_{1x} = 19,5 \text{ км/ч}$	1
	Вопрос 3	
6	Найден коэффициент $k = 0,99 \text{ Н с}^2/\text{м}^2$	0,5
7	Записано уравнение $F_{\text{сопр2}} = kv_2^2 = Mg \sin(\alpha)$ или подобное	0,5
8	Найдена скорость $v_2 = 6,68 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 24 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$	1
	Вопрос 4	
9	Записан закон Ньютона в проекции на ось параллельную поверхности	1
10	Найден радиус наиболее подходящего диска	1
11	Указано, что 4 передача является наиболее подходящей	1
	Итого	10

Задача № 2

Термодинамический цикл, показанный на рисунке справа, проводится с постоянным количеством идеального одноатомного газа. Каждая ветвь цикла соответствует процессу с постоянной теплоёмкостью. Участок 1–2 совпадает с изохорой, участок 3–1 является отрезком, продолжение которого проходит через начало pV - координат. На участке 2–3 молярная теплоёмкость газа $C_{23} = 7R/2$. Известно, что $p_2 = 2p_3 = 8p_1$.



Вопрос №1

Выразите V_2 и V_3 через V_1 .

Вопрос №2

Выразите T_2 и T_3 через T_1 .

Вопрос №3

Определите молярные теплоёмкости газа C_{12} и C_{31} на участках 1–2 и 3–1.

Вопрос №4

Найдите КПД цикла η .

Возможное решение.

Вопрос №1

Точки 1 и 2 соединены изохорой, поэтому $V_2 = V_1$.

Точки 1 и 3 лежат на прямой, заданной уравнением $p = kV$, поэтому

$$V_3 = \frac{p_3}{p_1} \cdot V_1 = 4V_1$$

Вопрос №2

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$.

Для постоянного количества газа в цикле $pV \sim T$.

Тогда

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} \cdot T_1 = 8T_1$$
$$T_3 = \frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} \cdot T_1 = 16T_1$$

Вопрос №3

Выразим молярную теплоёмкость, используя определение и первое начало термодинамики:

$$C = \frac{\delta Q}{\nu dT} = \frac{dU + \delta A}{\nu dT} = \frac{3}{2}R + \frac{pdV}{\nu dT} = \frac{3}{2}R + R \frac{pdV}{\nu R dT} = \frac{3}{2}R + R \frac{pdV}{pdV + Vdp}$$

На изохоре 1–2 объём газа постоянен ($dV = 0$), поэтому $C_{12} = \frac{3}{2}R$.

На участке цикла 3–1: $pdV = Vdp = kVdV$

Используя это равенство и выражение для теплоёмкости, получаем $C_{31} = 2R$.

Вопрос №4

Воспользуемся формальным определением:

$$\eta = \frac{A_{\text{цикл}}}{Q_{\text{н}}} = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$$\eta = \frac{C_{12}(T_2 - T_1) + C_{23}(T_3 - T_2) + C_{31}(T_1 - T_3)}{C_{12}(T_2 - T_1) + C_{23}(T_3 - T_2)}$$

$$\eta = \frac{3R/2 \cdot 7T_1 + 7R/2 \cdot 8T_1 + 2R \cdot (-15T_1)}{3R/2 \cdot 7T_1 + 7R/2 \cdot 8T_1}$$

$$\eta = \frac{17}{77}$$

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
	Вопрос 1	
1	$V_2 = V_1$	0,5
2	$V_3 = 4V_1$	0,5
	Вопрос 2	
3	$T_2 = 8T_1$	1
4	$T_3 = 16T_1$	1
	Вопрос 3	
5	Значение молярной теплоемкости для $V = \text{const}$ - $C_{12} = \frac{3}{2}R$	1
6	Записано первое начало термодинамики	0,5
7	Записано определение теплоемкости	0,5
8	Указано, что для линейной зависимости $pdV = Vdp = 1/2RdT$	1
9	Значение молярной теплоемкости $C_{31} = 2R$	1
	Вопрос 4	
10	Указано, что тепло подводится в процессах 1-2 и 2-3	1
11	Записаны выражения для теплоты нагревателя и холодильника через известные теплоемкости и изменение температуры	1
12	Ответ $\eta = \frac{17}{77}$	1
	Итого	10

Задача № 3

Система состоит из двух маленьких шариков с одинаковой массой m , которые могут без трения скользить по тонкому непроводящему стержню. Стержень вращается с угловой скоростью ω относительно длинной неподвижной оси перпендикулярной ему (см. рис.). Шарики привязаны легкими пружинками жесткости k и начальной длиной l_0 к оси вращения, как показано на рисунке. Пружины считайте идеальными, т.е. способными неограниченно сжиматься и растягиваться, при этом остается справедливым закон Гука.

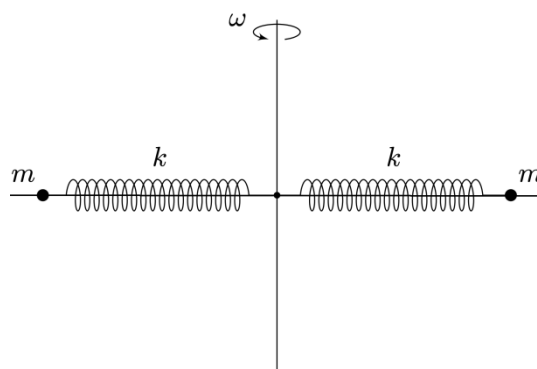


рис.1

Вопрос №1

Определите, на каком расстоянии r от оси стержня будут находиться шарики в положении равновесия.

Вопрос №2

При каких значениях угловой скорости ω такое равновесие возможно?

Что произойдет при невыполнении этого условия?

Шарикам сообщили заряды $+q$ и $+q$, а ось вращения равномерно зарядили с линейной плотностью заряда λ . Длинная заряженная ось на расстоянии r создает поле, напряженность которого находится по формуле $E_\lambda = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$. При решении задачи считайте, что $|q| \ll |\lambda r|$.

Вопрос №3

Считая, что условие из пункта 2 выполняется, определите расстояния r от оси вращения стержня, при которых будет наблюдаться равновесие в этот раз.

Вопрос №4

При каких значениях λ каждое из равновесий возможно? Что произойдет при невыполнении этих условий?

Возможное решение

Вопрос №1

Запишем второй закон Ньютона в проекции на радиальное направление:

$$ma_n = m\omega^2 r = T = k(r - l_0).$$

$$\text{Откуда } r = \frac{kl_0}{k - m\omega^2}.$$

Вопрос №2

Как видно из ответа, при приближении ω к критическому значению $\sqrt{k/m}$ расстояние от оси, при котором наблюдается равновесие, безгранично растёт, следовательно при превышении этого значения положения равновесия просто не будет существовать и шарики разлетятся в бесконечность. Поэтому равновесие возможно при $\omega < \sqrt{k/m}$.

Вопрос №3

По теореме Гаусса, напряжённость поля стержня в радиальном направлении на расстоянии r от него равна $E_\lambda = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$.

Тогда аналогично п.1 запишем II закон Ньютона:

$m\omega^2 r = T + qE_\lambda = k(r - l_0) - \frac{q\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$ (так как $q \ll \lambda r$, то силой взаимодействия зарядов друг с другом можно пренебречь).

Получаем квадратное уравнение относительно r :

$$(k - m\omega^2)r^2 - kl_0 r - \frac{q\lambda}{2\pi\epsilon_0} = 0, \text{ откуда } r_{1,2} = \frac{kl_0 \pm \sqrt{(kl_0)^2 + 2(k - m\omega^2) \cdot q\lambda/\pi\epsilon_0}}{2(k - m\omega^2)}.$$

Вопрос №4

В случае, когда дискриминант $D < 0 \Rightarrow \lambda < \lambda_{min} = \frac{-k\pi\epsilon_0}{2q(k - m\omega^2)} < 0$, оба решения подходить не будут и единственной возможностью будет $r = 0$, то есть когда шарики «прилипли» к стержню.

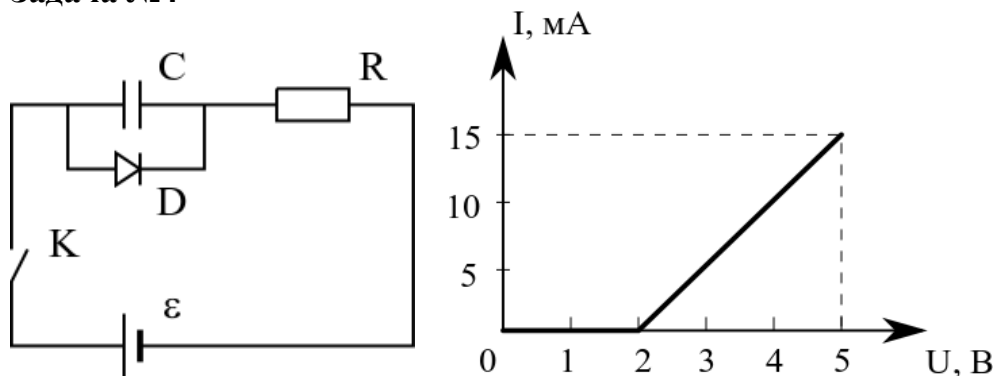
При $\lambda > 0$, подходящим будет только корень со знаком «+», так как r не может быть отрицательным.

При $\lambda_{min} \leq \lambda \leq 0$ решениями являются оба корня квадратного уравнения. Большой корень отвечает устойчивому положению равновесия, а меньший – неустойчивому.

Критерии оценивания

№	Критерий	Кол-во баллов
	Вопрос 1	
1	Записано условие равновесия для первого случая	1
2	Получен ответ: $r = kl_0/(k - m\omega^2)$	1
	Вопрос 2	
3	Получено условие $\omega < \sqrt{k/m}$	1
4	Указано, что при $\omega > \sqrt{k/m}$ положения равновесия существовать не будет и шарики разлетятся.	1
	Вопрос 3	
5	Уравнение II закона Ньютона: $m\omega^2 r = k(r - l_0) - q\lambda/(2\pi\epsilon_0 r)$	1
6	Получен ответ: $r_{1,2} = \frac{kl_0 \pm \sqrt{(kl_0)^2 + 2(k - m\omega^2) \cdot q\lambda/\pi\epsilon_0}}{2(k - m\omega^2)}$	1
	Вопрос 4	
7	Указано, что при $\lambda < \lambda_{min}$ положением равновесия будет являться $r = 0$	1
8	Указано, что при $\lambda > 0$, будет одно положение равновесия (корень со знаком «+»), который соответствует положительному r	1
9	Указано, что при $\lambda_{min} \leq \lambda \leq 0$, будет два положения равновесия	1
10	Указано, что при $\lambda_{min} \leq \lambda \leq 0$, одно из положений равновесия будет неустойчивым	1
	Итого	10

Задача №4



В схеме, показанной на рисунке, конденсатор первоначально не заряжен, ключ разомкнут. Диод имеет Вольт-Амперную характеристику, показанную на рисунке. В обратную сторону ток через диод не течет при любом напряжении. $R = 300$ Ом, $C = 3$ мкФ, $\varepsilon = 6$ В. Ключ K замыкают.

Вопрос 1.

Какой максимальный ток будет протекать по цепи через источник?

Вопрос 2.

Какой ток будет протекать через источник через длительное время?

Вопрос 3.

Какое напряжение установится на конденсаторе?

Вопрос 4.

Какое количество теплоты выделится в цепи после РАЗМЫКАНИЯ ключа?

Возможное решение

Вопрос 1.

Пока конденсатор не заряжен, падение напряжения на нем равно 0. Т.е. напряжение на источнике равно напряжению на резисторе R . Отсюда находим силу тока: $I_{\max} = \varepsilon/R = 6/300 = 0,02$ А.

Вопрос 2.

После длительного времени конденсатор зарядится, ток через него протекать не будет. Ток будет протекать через диод и резистор. Запишем закон Ома и правила Кирхгоффа:

$$U_R = I_R R,$$

$$I_R = I_D$$

$$\varepsilon = U_R + U_D.$$

Получаем связь между силой тока и напряжением на диоде (нагрузочную прямую) $I_D = \varepsilon/R - U_D/R$.

$$I_D \cdot 300 = 6 - U_D.$$

Согласно графику ВАХ $I_D = 5 \cdot 10^{-3}(U_D - 2)$.

Решаем систему, находим $I_D = 8$ мА.

Вопрос 3.

Напряжение на конденсаторе равно напряжению на диоде, которое находится из предыдущего пункта $U_C = U_D = \varepsilon - I_R R = 6 - 0,008 \cdot 300 = 3,6$ В.

Вопрос 4.

Энергия, которая выделяется в цепи после размыкания ключа это изменение энергии конденсатора.

Перед замыканием ключа напряжение на конденсаторе равно U_C , энергия $W_1 = CU_C^2/2 = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 3,6^2/2 = 19,44 \text{ мкДж}$.

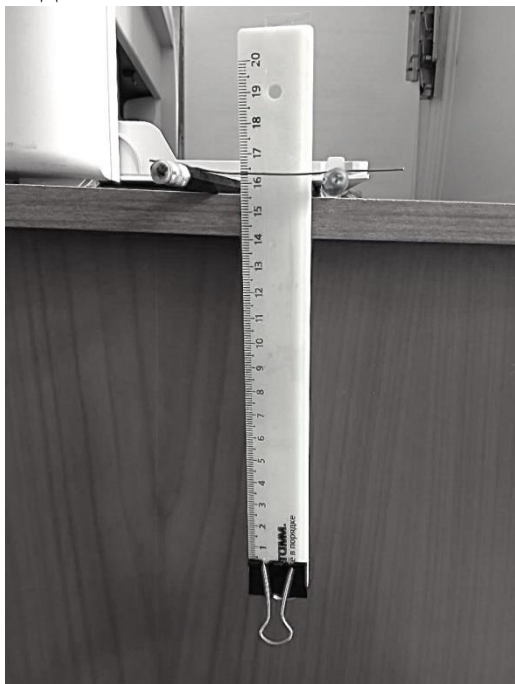
Конденсатор будет разряжаться через диод. Ток через диод протекает пока напряжение на нем больше $U_0 = 2\text{В}$. При напряжении U_0 или меньше – ток не течет. Следовательно, остаточное напряжение на конденсаторе равно U_0 , энергия - $W_2 = CU_0^2/2 = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 2^2/2 = 6 \text{ мкДж}$.

Выделившееся тепло $Q = W_1 - W_2 = 13,44 \text{ мкДж}$.

Критерии оценивания

№	Критерий	Кол-во баллов
	Вопрос 1	
1	Указано, что при максимальном токе напряжение на конденсаторе равно 0	1
2	Записан закон Ома для данного случая	0,5
3	Найден максимальный ток $I_{\max} = \varepsilon/R = 20 \text{ мА}$.	1
	Вопрос 2	
4	Указано, что ток через конденсатор не течет	1
5	Из законов получена связь между силой тока и напряжением на диоде	1
6	Получено уравнение прямой для ВАХ (балл автоматически выставляется для графического способа решения)	1
7	Получено значение тока, протекающего через диод $I_D = 8 \text{ мА}$	1
	Вопрос 3	
8	Получено значение напряжение на конденсаторе $U_C = 3,6 \text{ В}$	1
	Вопрос 4	
9	Указано, что конечное напряжение на конденсаторе равно $U_0 = 2\text{В}$	1
10	Формула для энергии конденсатора	0,5
11	Найдено выделившееся количество теплоты $Q = 13,44 \text{ мкДж}$.	1
	Итого	10

Задача №5



Школьник Вася закрепил на линейке канцелярский зажим и скотчем приклеил тонкую легкую ось, сделанную из проволоочки. Оказалось, что линейка очень хорошо качается на этой оси. Побаловавшись немного, Вася решил изучить, как зависит период колебаний от положения оси. Хорошо, что это была линейка, и положение оси можно было указывать прямо по нанесенной шкале. В таблице приведены значения координаты оси (по шкале линейки) и время 10 колебаний.

L, см	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	6,5	7,0
t, с	7,7	7,4	8,2	9,2	10,0	13,3	17,2	28,7
L, см	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0
t, с	27,6	18,0	14,3	11,5	9,5	8,6	8,0	7,9
L, см	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0
t, с	7,8	7,8	7,7	7,9	7,9	8,1	8,3	8,5

Из курса физики Вася помнил, что период равен $T = 2\pi\sqrt{X}$, где X – некоторое выражение. Предположив, что $X(l) = \pm\left(\frac{A}{l-l_0} + \frac{l-l_0}{B}\right)$, Вася определил постоянные величины A , B , l_0 с максимальной точностью.

Вопрос № 1

Каков физический смысл параметра l_0 ? Обоснуйте свой ответ.

Вопрос № 2

Предложите и обоснуйте способ определения параметров A , B , l_0 .

Вопрос № 3

Перейдите к удобным координатам для определения параметра A , l_0 . (составьте таблицу значений). Постройте график зависимости в этих координатах. С помощью графика определите параметры A , l_0 .

Вопрос № 4

Найдите параметр B .

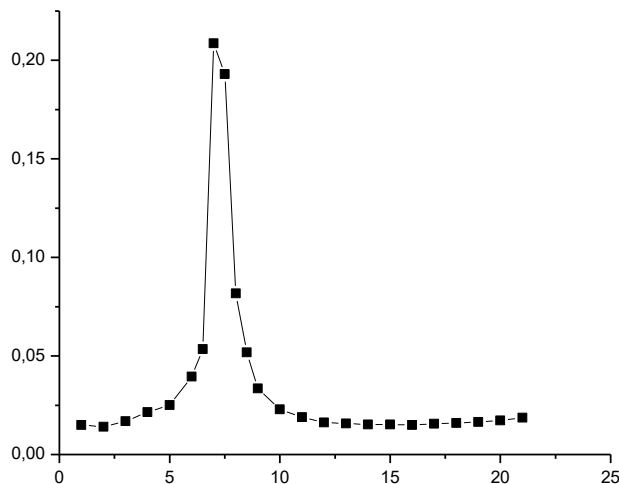
Примечание: погрешность оценивать не нужно.

Возможное решение:

Вопрос № 1

Как можно заметить из формулы, при $l = l_0$ период обращается в бесконечность, т.е. колебания не наблюдается. Это значит, что при отклонении от равновесия не возникает возвращающей силы. Следовательно, в этом случае ось вращения проходит через центр масс. l_0 – координата центра масс.

Вопрос № 2



Если посмотреть на зависимость $(T/2\pi)^2$ от l , показанную на рисунке, то можно заметить, что вблизи точки $l \approx 7,5$ см наблюдается характерная особенность. В $X(l) = \pm \left(\frac{A}{l-l_0} + \frac{l-l_0}{B} \right)$ первое слагаемое очень большое, а второе – стремится к 0. Следовательно $X(l) \approx \pm \left(\frac{A}{l-l_0} \right)$. Отсюда видно, что в этой области есть линейная зависимость $\left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$ от $\frac{l-l_0}{A}$, откуда можно найти A и l_0 . Зная A , l_0 можно подставить их значения и найти B .

Вопрос № 3

Данные для построения линейного графика:

L, см	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	6,5	7,0
$(20\pi/t)^2, c^{-2}$	-66,58	-72,09	-58,71	-46,64	-39,48	-22,32	-13,34	-4,79
L, см	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0
$(20\pi/t)^2, c^{-2}$	5,18	12,18	19,30	29,85	43,74	53,37	61,68	63,25
L, см	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0
$(20\pi/t)^2, c^{-2}$	65,73	64,89	66,58	63,25	63,25	60,17	57,30	54,64

Одну из ветвей удобно взять с обратным знаком, тогда равенство функции 0 становится более очевидно.

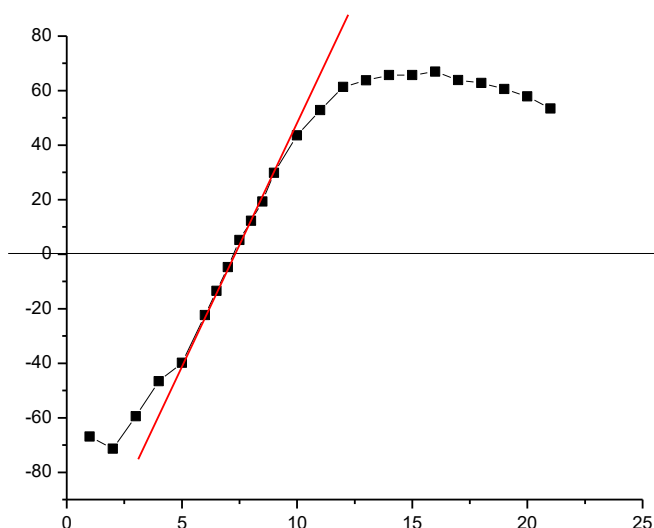


График с линейным участком около особенности. С хорошей точностью из графика находим: $l_0 = (7,30 \pm 0,05)$ см; $1/A = 17,21$ (см * с²)⁻¹.

Получаем $A = 0,058$ см * с²

Вопрос № 4

Для вычисления B желательно брать точки подальше от особенности (чтобы не влияли большие ошибки). Для последних 9 точек получаем набор данных (в см/с²):

1012	1022	977	1042	987	1030	1003	986	974	среднее 1004
------	------	-----	------	-----	------	------	-----	-----	-----------------

$B = 10,04$ м/с². Если учесть, что при $l \gg l_0$ мы получим математический маятник, то ничего удивительного нет в том, что мы получили величину близкую к ускорению свободного падения и известную формулу для периода: $T = 2\pi\sqrt{l/g}$.

Критерии оценивания.

№	Критерий	Кол-во баллов
	Вопрос 1	
1	Указано, что при $l = l_0$ период обращается в бесконечность, т.е. колебания не происходят	0,5
2	Указано, что l_0 – положение центра масс маятника	0,5
	Вопрос 2	
3	Указано, что при $l \approx l_0$ вторым слагаемым у X можно пренебречь по сравнению с первым	0,5
4	Указано, что T^{-2} линейно зависит от l .	0,5
5	Указано, что из зависимости $T^{-2}(l)$ можно найти l_0 и A	0,5
6	Указано, что зная l_0 и A , можно найти B , например подстановкой	0,5
	Вопрос 3	
7	Таблица с данными для построения линейного графика	1
8	Построен график по экспериментальным точкам. Из них: Подписаны оси с единицами измерения – 0,5 Выбран разумный масштаб – 0,5 Верно нанесены экспериментальные точки – 0,5	2

	Проведена усредняющая прямая – 0,5	
9	Из графика найден параметр $l_0 = 7,25 \dots 7,35$ см	1
10	По наклону графика найден параметр $A = 0,055 \dots 0,061$ см·с ²	1
	Вопрос 4	
11	Найден параметр $B = 9,5 \dots 10,5$ м/с ²	1
12	Повторные вычисления с нахождением среднего значения по 3 или более точкам	1
	Итого	10