

Шифр  $\Phi-11-02-01$  $\Sigma$  9,0

## 11-Е1. Пружина на весах

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
	Перед началом проверки жюри следует измерить коэффициент жёсткости и крутящий момент для значимого количества пружин и определить диапазон значений ответов для пунктов 4 и 5.			
1.1	Измерена зависимость веса пружины $P$ , установленной на весы одним из оснований, от вертикальной координаты $x$ верхнего витка пружины. Измерено $\geq 11$ точек. — Измерено 7 – 10 точек	3.0  2.0	3,0	
1.2	Участник измерил $\geq 11$ точек. Среди них есть измерение при $0 < \Delta x \leq 3$ см (или когда поднято не более трех витков; точка $\Delta x = 0$ не учитывается).	0.5	0,5	
1.3	Участник измерил $\geq 11$ точек. Среди них есть измерение при $\Delta x \geq 8$ см (или когда на весах осталось не более трех витков).	0.5	0,5	
1.4	Участник собрал установку из предложенного оборудования, для фиксации пружины в момент измерений, чтобы исключить колебания показаний весов, если держать пружинку рукой. Если нет прямого указания в тексте или на рисунке, то балл за пункт не ставится.	1.0	1,0	
1.5	Полученные данные пересчитаны в виде: $\Delta P$ и $\Delta x$ .	1.0	1,0	
2.1	Изменение веса пружины: $\Delta P = mgn$ .	1.0	0	
2.2	Изменение высоты $i$ -го сверху витка $\Delta x_i = mg(n - i/2)/k$ .	1.0	0	
2.3	Выведена зависимость: $(\Delta P)^2 = 2kmg\Delta x$ или $\Delta P = \sqrt{2kmg}\sqrt{\Delta x}$ .	1.0	0,5	
3.1	Размеры и подпись осей графика соответствуют критериям оценивания графиков по методике ВсОШ. Оцифровка осей произведена в соответствии с критериями.	2 крит. по 0.5	1,0	
3.2	Правильно нанесены все точки. По нанесённым точкам проведена прямая линия.	2 крит. по 0.5	1,0	

3.3	<p>На основании линейности полученного графика сделан вывод о соответствии теории и эксперимента. Также пункт оценивается, если сделан вывод на основании линейности в большей части измеренного диапазона.</p> <p>Пункт оценивается только в том случае, если точки на графике хорошо описываются линейной функцией в большей части диапазона. При выборе неверной линеаризации (ошибки в теории п.2) весь п.3 не оценивается.</p>	1.0	0	
4.1	<p>Определена масса одного витка пружины (или произведены измерения массы всей пружины, количества витков и в дальнейшем эти данные использованы для расчёта жёсткости одного витка).</p>	1.0	0	
4.2	<p>Из углового коэффициента построенного графика определена жёсткость одного витка.</p> <p>В случае непопадания в диапазон ответов при правильном методе измерения жюри следует проверить измеряемую величину для конкретной установки, если её номер указан участником.</p> <p>Значение участника попадают а диапазон <math>[90; 110]</math> % от среднего значения, измеренного жюри.</p> <p>— Значение участника попадают в диапазон <math>[80; 90) \cup (110; 120]</math> % от среднего значения, измеренного жюри.</p>	2.0	0	
4.3	<p>Приведены корректные обоснования расчёта погрешности и оценена погрешность результата в диапазоне <math>[2; 10]</math> %.</p>	1.0	0,5	
5.1	<p>Описание метода оценки момента силы, создаваемого пружиной при повороте одного её конца относительно другого на один оборот.</p> <p>Пункт оценивается только в том случае, если используя описанный метод возможно оценить требуемую величину.</p>	2.0	0	
5.2	<p>Для создания установки использована линейка большей длины.</p>	0.5	0	
5.3	<p>Использованы брусочки для стабилизации линейки.</p>	0.5	0	

5.4	<p>Значение участника попадают а диапазон [50; 200] % от среднего значения, измеренного жюри.</p> <p>В случае непопадания в диапазон ответов при правильном методе измерения жюри следует проверить измеряемую величину для конкретной установки, если её номер указан участником.</p>	1.0		
-----	--	-----	---	--

Шифр Ф-11-02-01

 $\Sigma$  8,5

## 11-Е2. R плюс C

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	<p>Произведены измерения сопротивления для каждой пары выводов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 – 2: [100; 130] кОм;</li> <li>• 2 – 3: указано, что показания омметра становятся бесконечными;</li> <li>• 1 – 3: указано, что показания омметра становятся бесконечными.</li> </ul>	3 пары по 1.0	1,0	
1.2	<p>Для каждого измерения явно указан временной характер изменения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 – 2: постоянные показания;</li> <li>• 2 – 3: показания омметра увеличиваются от конечных значений до бесконечности;</li> <li>• 1 – 3: показания омметра увеличиваются от конечных значений до бесконечности.</li> </ul>	3 пары по 0.5	0,5	
1.3	Правильно определён тип цепи: звезда.	2.0	2,0	
1.4	<p>Правильно указаны элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• резистор <math>R_1</math>;</li> <li>• резистор <math>R_2</math>;</li> <li>• конденсатор.</li> </ul>	3 элем по 0.5	1,5	
2.1	<p>Указано из результатов прошлых измерений:</p> $R_1 + R_2 \in [100; 130] \text{ кОм.}$	0.5	0,5	
2.2	<p>Формула для напряжения на конденсаторе при зарядке от омметра с подключением к 1 и 2,3:</p> $U_2 = \frac{\mathcal{E}R_2}{R_1 + R_2 + r}.$ <p>Формула для напряжения на конденсаторе при зарядке от омметра с подключением к 2 и 1,3:</p> $U_1 = \frac{\mathcal{E}R_1}{R_1 + R_2 + r}.$	2 форм. по 0.5		

2.3	<p>Формула для напряжения при подключении вольтметра через <math>R_1</math>:</p> $U'_1 = U_1 \cdot \frac{R_V}{R_1 + R_V}$ <p>или через <math>R_2</math> аналогично</p> $U'_2 = U_2 \cdot \frac{R_V}{R_1 + R_V}$ <p>(за любую из двух)</p>	0.5	0	
2.4	<p>Измерения <math>U'_1</math> (точка означает отдельное зафиксированное в решении значение измеренного напряжения, даже если эти числовые значения совпадают)</p> <p>Измерено не менее 5 точек</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Измерено не менее 3 точек</li> <li>– Измерена 1 точка</li> </ul>	1.5	0	
2.5	<p>Измерения <math>U'_2</math>: Измерено не менее 5 точек</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Измерено не менее 3 точек</li> <li>– Измерена 1 точка</li> </ul>	1.5	0	
2.6	<p>Формула для напряжения вольтметра при подключении к заряженному до <math>\mathcal{E}</math> конденсатору <math>C</math> через резистор <math>R_2</math> (или <math>R_1</math> аналогично):</p> $U_3 = \frac{\mathcal{E}R_V}{R_2 + R_V}$	0.5	0,5	
2.7	<p>Формула для напряжения вольтметра при подключении к заряженному до <math>\mathcal{E} \frac{C_0}{C+C_0}</math> конденсатору <math>C</math> через резистор <math>R_2</math> (или <math>R_1</math> аналогично):</p> $U_4 = \frac{\mathcal{E}R_V}{R_2 + R_V} \cdot \frac{C_0}{C + C_0}$	0.5	0,5	
2.8	<p>Измерения <math>U_3</math>: Измерено не менее 5 точек</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Измерено не менее 3 точек</li> <li>– Измерена 1 точка</li> </ul>	1.5	0,5	
2.9	<p>Измерения <math>U_4</math>: Измерено не менее 5 точек</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Измерено не менее 3 точек</li> </ul>	1.5	0,5	

	— Измерена 1 точка	0.5		
2.10	$R_1 \in [42; 52]$ кОм	1.0	0	
	— $R_1 \in [37; 57]$ кОм	0.5		
2.11	$R_2 \in [61; 75]$ кОм	1.0	0	
	— $R_2 \in [54; 82]$ кОм	0.5		
2.12	$C \in [7,5; 12,5]$ мкФ	1.0	1,0	
	— $C \in [5,0; 15,0]$ мкФ	0.5		

Шифр P-11-02-2

 $\Sigma$  3.5

## 11-Т1. По окружности и побыстрее

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Указано (используется в решении), что величина силы трения во время заезда равна $ \vec{F}_{\text{тр}}  = \mu mg$ .	0.5	0.5	
1.2	Указано (используется в решении), что сила трения может составлять любой угол со скоростью автомобиля.	0.5	0.5	
1.3	Правильно записано уравнение для касательной компоненты ускорения автомобиля.	0.5	0.5	
1.4	Правильно записано уравнение для центростремительной компоненты ускорения автомобиля.	0.5	0.5	
1.5	Указано, что скорость достигает максимального значения при $\alpha = 90^\circ$ .	0.5	0.5	
1.6	Правильно найдена максимальная возможная величина скорости (аналитический ответ)	0.5	0.5	
1.7	Правильно найдена максимальная возможная величина скорости (численное значение 20 м/с).	0.5	0.5	
2.1	<b>Метод 1.</b> Установлена связь между малыми изменениями направления силы трения и пройденного пути (в виде, эквивалентном $d\alpha = \frac{2}{R} ds$ ).	2.0		
2.2	<b>Метод 1.</b> Установлена связь между направлением силы трения и величиной пути (в виде, эквивалентном $\alpha(s) = \frac{2s}{R}$ ).	1.0		
2.3°	<b>Метод 2.</b> Установлена связь между малыми изменениями квадрата скорости и пройденного пути, в виде, эквивалентном $\frac{d(v^2)}{ds} = 2\mu g \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_m}\right)^4}$	1.5		
2.4°	<b>Метод 2.</b> Установлена связь между величиной скорости и величиной пути, в виде, эквивалентном $v^2(s) = v_m^2 \cdot \sin\left(\frac{2s}{R}\right)$	1.5		

2.5°	<p><b>Метод 3.</b> Для зависимости <math>v^2(s)</math> получено уравнение гармонических колебаний</p> $\frac{d^2(v^2)}{ds^2} + \frac{4}{R^2}v^2 = 0.$	2.0		
2.6°	<p><b>Метод 3.</b> Установлена связь между величиной скорости и величиной пути, в виде, эквивалентном</p> $v^2(s) = v_m^2 \cdot \sin\left(\frac{2s}{R}\right).$	1.0		
2.7	Установлено, что разгон автомобиля прекращается (достигается его максимальная величина скорости) в точке $C$ .	1.0		
2.8	Указано, что на всем участке $CB$ величина скорости автомобиля равна максимальной.	0.5		
2.9	Найдена правильная величина скорости в точке $C$	0.5		
2.10	Найдена правильная величина скорости в точке $D$	0.5		
2.11	Найдена правильная величина скорости в точке $B$	0.5		
3.1	Правильно найдено время прохождения участка $CB$ .	0.5		
3.2	Получено правильное уравнение, связывающее малые изменения времени и скорости или пути (эквивалентное $\frac{dv}{dt} = \mu g \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_m}\right)^4}$ или $\frac{ds}{dt} = v_m \sqrt{\sin\left(\frac{2s}{R}\right)}$ ).	0.5		
3.3	Формула для $t_{AC}$ приведена к интегралу из «указания» с постоянным коэффициентом.	0.5		
3.4	Правильно найдено полное время (аналитический ответ).	0.5		
3.5	Правильно найдено численное значение полного времени с ошибкой не более 0,1 с.	0.5		

Шифр P-11-02-2

 $\Sigma$  9.5

## 11-Т2. Клейкая лента

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	<p>Записана или используется в решении связь перемещения точки приложения силы и длины оторвавшейся части ленты при фиксированном угле приложения силы <math>\alpha</math>:</p> $\Delta x = \Delta l \cdot (1 - \cos \alpha).$	1.0	1.0	
1.2	<p>Получено выражение для силы натяжения ленты при её отрыве:</p> $F = \frac{\sigma d}{1 - \cos \alpha}.$ <p>(Если получена верная формула, то за предыдущий пункт ставится балл автоматически)</p>	1.0	1.0	
1.3	Из анализа выражения для силы найден угол, соответствующий минимальной приложенной силе $\alpha = \pi$ .	0.5		
2.1	Записано или используется в решении условие равновесия груза: $T = mg$ .	0.5	0.5	
2.2	<p>Получено выражение для максимальной массы груза</p> $m = \frac{\sigma d}{(1 - \cos \alpha_1) \cdot g}.$	0.5	0.5	
2.3	Найдено верное числовое значение массы $m \approx 68$ г.	0.5	0.5	
3.1	Сделан рисунок (схема) с указанием необходимых для записи соотношений расстояний (прямоугольный треугольник) или приведены эквивалентные корректные геометрические рассуждения.	0.5	0.5	

3.2	<p>Записано или используется в решении выражение для длины оторванного в ходе процессе участка ленты</p> $\Delta L = \frac{H}{\operatorname{tg}\alpha_2} - \frac{H}{\operatorname{tg}\alpha_1}.$	0.5	0.5	
3.3	<p>Записано или используется равенство длин оторванной части ленты и вертикального перемещения грузов</p> $\Delta L + L_1 = L_2 + \Delta h.$	0.5	0.5	
3.4	<p>Записано или используется в решении связь расстояний <math>H = L \sin \alpha</math>.</p>	0.5	0.5	
3.5	<p>Найдено вертикальное перемещение грузов</p> $\Delta h = \frac{H}{\operatorname{tg}\alpha_2} - \frac{H}{\operatorname{tg}\alpha_1} + \frac{H}{\sin \alpha_1} - \frac{H}{\sin \alpha_2}.$ <p>Если числовое значение <math>\Delta h</math> найдено верно, то балл за данный пункт ставится автоматически.</p>	0.5	0.5	
3.6	<p>Получено верное числовое значение: <math>\Delta h = 0,146</math> м.</p>	0.5	0.5	
3.7	<p>Записан закон изменения полной механической энергии</p> $(m + M)g \cdot \Delta h = A = \sigma d \Delta L.$	1.0	1.0	
3.8	<p>Получено выражение для массы добавленного груза</p> $M = \frac{\sigma d \Delta L}{g \Delta h} - m.$	0.5	0.5	
3.9	<p>Найдено верное числовое значение массы груза <math>M \approx 32</math> г.</p>	0.5	0.5	

3.10	Записан второй закон Ньютона для системы грузов: $(m + M)a = (m + M)g - T(\alpha).$	1.0	1.0	
3.11	Получено выражение для ускорения грузов: $a = g - \frac{\sigma d}{(m + M)(1 - \cos \alpha)}.$	1.0		
3.12	Найдено верное числовое значение ускорения в начальный момент $a_1 \approx 3,2 \text{ м/с}^2.$	0.5		
3.13	Найдено верное числовое значение ускорения в момент остановки $a_2 \approx 4,9 \text{ м/с}^2.$	0.5		

Шифр *Р-11-02-2*

$\Sigma$  7.0 - 1,5 + 3 = 8,5

**11-Т3. Быстрые поршни**

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1	Записано отдельно или используется в решении уравнение Менделеева – Клапейрона	0.5	0.5	
2	Для малых изменений высоты и температуры записано уравнение, эквивалентное $p_0 r^2 dh = \nu R dT$	1.0		
3	Записано отдельно или используется в решении уравнение теплового баланса	0.5	0.5	
4	Для малого промежутка времени записано уравнение теплового баланса, эквивалентное $\alpha h 2\pi r (T_0 - T) dt = \nu C_p dT$	1.0	1.0	
5	Получено выражение вида $v(T) = aT(T_0 - T)$ , где $a = \frac{2\alpha\nu R^2}{\pi C_p p_0^2 r^3} = \text{const}$	1.5	<del>1.5</del> <i>0.92</i>	
6	Проведён анализ динамики скорости движения поршня горячего цилиндра. При наличии правильного ответа для $v_{\Gamma}^{\max}$ или графика зависимости скорости от температуры с качественно правильным поведением в области $T > T_0$ балл за этот пункт засчитывается автоматически.	0.5	0.5	
7	Найден момент, соответствующий максимуму скорости движения поршня горячего цилиндра	1.0		
8	Записано выражение для максимальной скорости горячего цилиндра: $v_{\Gamma}^{\max} = aT_{\Gamma}(T_{\Gamma} - T_0)$	1.0	1.0	
9	Проведён анализ динамики скорости движения поршня холодного цилиндра. При наличии правильного ответа для $v_{\text{X}}^{\max}$ или графика зависимости скорости от температуры с качественно правильным поведением в области $T < T_0$ балл за этот пункт засчитывается автоматически.	0.5	0.5	
10	Найдена критическая точка, разделяющая два случая $T_{\text{X}}^{\text{крит}} = T_0/2$ .	0.5	0.5	
11	Найдено значение максимальной скорости для случая $T_{\text{X}} \geq T_0/2$ , которое также достигается в начальной точке движения при $T = T_{\text{X}}$ , и равно $v_{\text{X}}^{\max} = aT_{\text{X}}(T_0 - T_{\text{X}})$ .	1.0	<del>1.0</del> <i>1.0</i>	

12	<p>Найдено значение максимальной скорости для случая <math>T_X &lt; T_0/2</math>. Максимум скорости соответствует значению <math>T = T_0/2</math> (вершина параболы) и равен <math>v_X^{\max} = aT_0^2/4</math>.</p>	1.0	1.0	
13	<p>Получен верный ответ для случая <math>T_X \geq T_0/2</math>:</p> $T_\Gamma = \frac{T_0 + \sqrt{T_0^2 + 4T_X(T_0 - T_X)}}{2}.$	1.0	1.0	
14	<p>Получен верный ответ для случая <math>T_X &lt; T_0/2</math>:</p> $T_\Gamma = T_0 \cdot \frac{1 + \sqrt{2}}{2}.$	1.0	1.0	

Шифр *Ф-11-02-2*

$\Sigma$ 0.0
--------------

### 11-Т4. Заряд на резинке

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Записаны проекции второго закона Ньютона в виде, например: $\begin{cases} m\ddot{x} = -kx + qvB \cos(90^\circ - \alpha), \\ m\ddot{y} = -qvB \sin(90^\circ - \alpha), \end{cases}$ или $\begin{cases} m\ddot{x} = -kx + qB\dot{y}, \\ m\ddot{y} = -qB\dot{x}. \end{cases}$	2 урав. по 1.0		
1.2	<b>Метод 1.</b> Получено выражение: $\ddot{x} + \left[ \frac{k}{m} + \left( \frac{qB}{m} \right)^2 \right] x = 0$ или $\ddot{x} = - \left[ \frac{k}{m} x + \left( \frac{qB}{m} \right)^2 x \right]$	1.0		
1.3	<b>Метод 1.</b> При определении постоянных интегрирования использованы начальные условия: $x(0) = 0, \dot{x}(0) = v_0, \ddot{x}(0) = 0$ или $x(0) = 0, \dot{x}(0) = v_0$ .	1.0		
1.4	<b>Метод 1.</b> Получено выражение: $x(t) = \frac{v_0}{\beta} \sin(\beta t)$ .	1.0		
1.5	<b>Метод 1.</b> Получено выражение: $y(t) = \frac{qBv_0}{m\beta^2} (\cos(\beta t) - 1)$ .	1.0		
1.6	<b>Метод 1.</b> Сделан вывод, что записанные выше уравнения – это эллиптическая траектория в параметрическом виде.	1.0		
1.7°	<b>Метод 2.</b> Получено выражение: $v_y = -\Omega x$ .	1.0		
1.8°	<b>Метод 2.</b> Записан закон сохранения энергии: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{m(v_x^2 + v_y^2)}{2} + \frac{kx^2}{2}$ .	1.0		
1.9°	<b>Метод 2.</b> Получено выражение: $\frac{dy}{dx} = \frac{\Omega x}{\sqrt{v_0^2 - \beta^2 x^2}}$ .	1.0		
1.10°	<b>Метод 2.</b> Получено выражение: $y = \gamma(\sqrt{a^2 - x^2} - a)$ .	1.0		
1.11°	<b>Метод 2.</b> Получено уравнение эллипса: $\left( \frac{y+\gamma a}{\gamma a} \right)^2 + \left( \frac{x}{a} \right)^2 = 1$ .	1.0		

1.12	При положительном удлинении шнура $\Delta x > 0$ траектория эллипс с большой и малой полуосями: $a = \frac{mv_0}{\sqrt{km+(qB)^2}}$ , $b = \frac{qBmv_0}{km+(qB)^2}$ .	1.0		
1.13	При отрицательном удлинении шнура $\Delta x < 0$ траектория окружность с радиусом $R = \frac{mv_0}{qB}$ .	1.0		
2.1	Получен верный период движения заряда: $T = \frac{\pi m}{\sqrt{km+(qB)^2}} + \frac{\pi m}{qB}$ .	1.0		
2.2	Дрейфовая скорость: $u = \frac{2(R-b)}{T}$ .	1.0		
2.3	Получено итоговое выражение для дрейфовой скорости: $u = \frac{2kmv_0}{\pi\sqrt{km+(qB)^2}(qB+\sqrt{km+(qB)^2})}$ .	1.0		

Шифр *Р-11-02-2*

$\Sigma$ 0.0
--------------

### 11-Т5. Цилиндр

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Указано, что в направлении оси цилиндра увеличение отсутствует.	1.0		
1.2	Записан закон преломления света: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2.$	1.0		
1.3	Записана система уравнений, из которой можно получить положение изображения. Например: $\begin{cases} \Gamma x = \frac{x(h+H)}{h} \\ \Gamma x = \frac{nx(h+R+H)}{h+R} \end{cases}$	2 точки по 1.0		
1.4	Получена формула увеличения цилиндра в направлении, перпендикулярном его оси: $\Gamma = \frac{nR}{R - (n - 1)h}.$	1.0		
1.5	По фотографии определено увеличение $\Gamma$ . Узкие ворота: $\Gamma = [19; 22]$ . — Широкие ворота: $\Gamma = [18; 23]$ .	1.0  0.5		
1.6	Указано, что отрезано меньше половины цилиндра.	1.0		
1.7	Найдена формула для ширины области видимости: $\frac{d}{2R} = 1 - \frac{\sqrt{n^2 - 1}}{R}.$	2.0		
1.8	По фотографии определено отношение $d/(2R)$ . Узкие ворота: $\frac{d}{2R} = [0,39; 0,43]$ . — Широкие ворота: $\frac{d}{2R} = [0,36; 0,46]$ .	1.0  0.5		
1.9	Получен числовой ответ для показателя преломления. Узкие ворота: $n = [1,42; 1,60]$ .	1.0		

	– Широкие ворота: $n = [1,36; 1,67]$ .	0.5		
2.1	Получен числовой ответ для доли. Узкие ворота: $\frac{y}{R} = [0,40; 0,55]$ .	1.0		
	– Широкие ворота: $\frac{y}{R} = [0,30; 0,60]$ .	0.5		

ЗАДАЧА № Е.Н.1	ЛИСТ 1 ИЗ 5	Ф-11-02-01
	(листы по каждой задаче нумеруются отдельно)	ШПФР (заполняется оргкомитетом)

### 0. Оборудование №9

1. Установка: Закрепим на одном из брусьев штатива, так чтобы она смотрела вертикально, ось совпадала с осью шкалы весов; Поставим пружину на весы, и будем тянуть пружину вверх за веревочку под кальку, и смотрим показания  $x$  и  $m$ ; Перед началом измерений массы будем фиксировать высоту пружины ~~от начала~~  $P$ , тогда  $P = mg$

Точность измерений:  $\epsilon$

$$\epsilon(x) = \epsilon(x_0) = \pm \text{цена деления}$$

( $\pm 0,1 \text{ см}$ )

$$\epsilon(\Delta x) = \epsilon(x) = \pm 0,2 \text{ см}$$

$$\epsilon(m) = \pm 10^{-4} \text{ кг} = \epsilon(m_0)$$

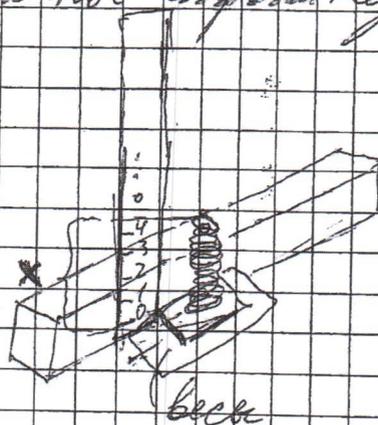
$$\epsilon(P_0) = g \epsilon(m_0) = \epsilon(P) = 10^{-3} \text{ Н}$$

$$\epsilon(\Delta P) = \epsilon(P_0) + \epsilon(P) = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

Таблица измерений  $(x; m)$ :  $\Delta x_i = x_i - x_0$

$$\Delta P_i = P_i - P_0 = g(m_i - m_0)$$

На след. странице.



$n$	$X, \text{см}$	$m, \text{г}$	$\Delta P, \text{Н}$	$\Delta X, \text{см}$	2. Пусть вес на весах незначительно <del>был</del> уменьшился, тогда сила упругости веревки больше увеличилась на одну и ту же величину, такую чтобы удерживать равновесие винта и пружины $\Rightarrow$ $\Delta m$ как-то увелишится
0	$X_0 = 5 \text{ см}$	$m_0 = 15,99$	$P_0 = 0,157$	-	
1	6	12,03	-0,038	1	
2	5,5	13,73	-0,022	0,5	
3	6,5	10,93	-0,050	1,5	
4	7	10,00	-0,059	2	
5	7,5	9,13	-0,067	2,5	
6	8	8,35	-0,075	3	
7	9	6,88	-0,089	4	
8	10	6,33	-0,095	5	
9	11	5,47	-0,103	6	
10	12	4,50	-0,112	7	
11	13	3,62	-0,121	8	
12	14	2,85 3,07	-0,129	9	

3. Для проверки достоверности предположения 2 будем сравнивать точки с  $X$  и  $2X$

ЗАДАЧА № <u>Е. 11.1</u>	ЛИСТ <u>3</u> ИЗ <u>5</u>	Ф - <u>11-02-01</u>
	(листы по каждой задаче нумеруются отдельно)	ШИФР (заполняется оргкомитетом)

Если теория верна, то  $\frac{\Delta P(x_1)}{\Delta P(2\Delta x)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,7$

$$\frac{\Delta P(A_1)}{\Delta P(A_2)} = \frac{-0,044 \text{ Н}}{-0,067 \text{ Н}} = 0,657$$

$$\frac{\Delta P(B_1)}{\Delta P(B_2)} = \frac{-0,082}{-0,112} = 0,73$$

Да; графика зависимости силы

дана ~~графиком~~ как  $P = \beta \sqrt{\Delta x}$

4. (•)  $B_2$ :  $F_0(0,07 \text{ м}; -0,112 \text{ Н})$ ;  $\beta = \frac{\Delta P}{\sqrt{\Delta x}}$   
 $= \frac{-0,112 \text{ Н}}{\sqrt{0,07 \text{ м}}} = -0,42 \frac{\text{ Н}}{\sqrt{\text{ м}}}$

Кол-во витков в пружине: 35; При растяжении

пружина создает силу ее упругости ~~и ее сила упругости~~  
 равна: ~~упругости~~ упругости одного витка на их количество

Рассмотрим случай, когда  $\Delta P = -P_0 \Rightarrow$  В этом случае на верхний виток действует сила тяжести 34 витков

и на следующий: 33 витков, ... и т.д. на последний

виток  $\Rightarrow$  удлинение всей пружины:  $\frac{34 \text{ м.г.}}{35}$   
 $+ \frac{33 \text{ м.г.}}{35} + \dots + \frac{1 \text{ м.г.}}{35} = \frac{17 \text{ м.г.}}{35} = 0,4857 \text{ м.г.}$

$\frac{17 \text{ м.г.}}{35} = \Delta X_L$ ; вычислим  $\Delta x$ , при  $\Delta P = -P_0$

$$\Delta X_L^2 = \frac{P_0^2}{\beta^2} = \frac{0,157^2 \text{ Н}^2}{(-0,42 \frac{\text{ Н}}{\sqrt{\text{ м}}})^2} = 0,14 \text{ м}, \text{ витки} = \frac{17 \text{ м.г.}}{\Delta X_L} = 19 \frac{\text{ Н}}{\text{ м}}$$

Посчитаем погрешность

ЗАДАЧА № E. 11. 1	ЛИСТ 4 ИЗ 5	Ф-11-02-01
	(листы по каждой задаче нумеруются отдельно)	ШПФР (заполняется оргкомитетом)

$$\epsilon(B) = \frac{C(\Delta x)}{\Delta x(B_2)} + \frac{C(\Delta P)}{\Delta P(B_2)} = 0,014$$

$$\epsilon(\Delta x_L) = 2 \epsilon(B) + 2 \frac{C(P)}{P_0} = 0,029$$

$$\epsilon(\text{квитка}) = \epsilon(x_L) + \frac{C(P)}{P_0} = 0,029$$

$$C(\text{квитка}) = \epsilon(\text{квитка}) \cdot \text{квитка} = 0,6 \frac{\mu}{\mu}$$

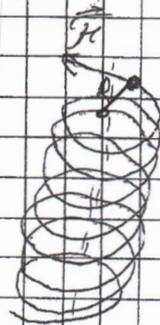
$$\cdot \text{квитка} = 19,0 \frac{\mu}{\mu} \pm 0,6 \frac{\mu}{\mu}$$

5. Измерим диаметр пружинки; при повороте:

$D = 4,0 \text{ см} \pm 0,1 \text{ см} \Rightarrow$  радиус пружинки =  
 длина поворота у полметра сивы  $\pm \frac{D}{2}$

$$R = 2,00 \text{ см} \pm 0,05 \text{ см}$$

Формула полметра сивы:  $M = \pi R$



Ф. 11-02-01

№ 11.1

Метод 5 из 5

1. Зависимость  $\Delta P_{\text{ам}}$  от  $\Delta X$

$\Delta P_{\text{ам}}$

0,13  
0,12  
0,11  
0,10  
0,09  
0,08  
0,07  
0,06  
0,05  
0,04  
0,03  
0,02  
0,01  
0

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

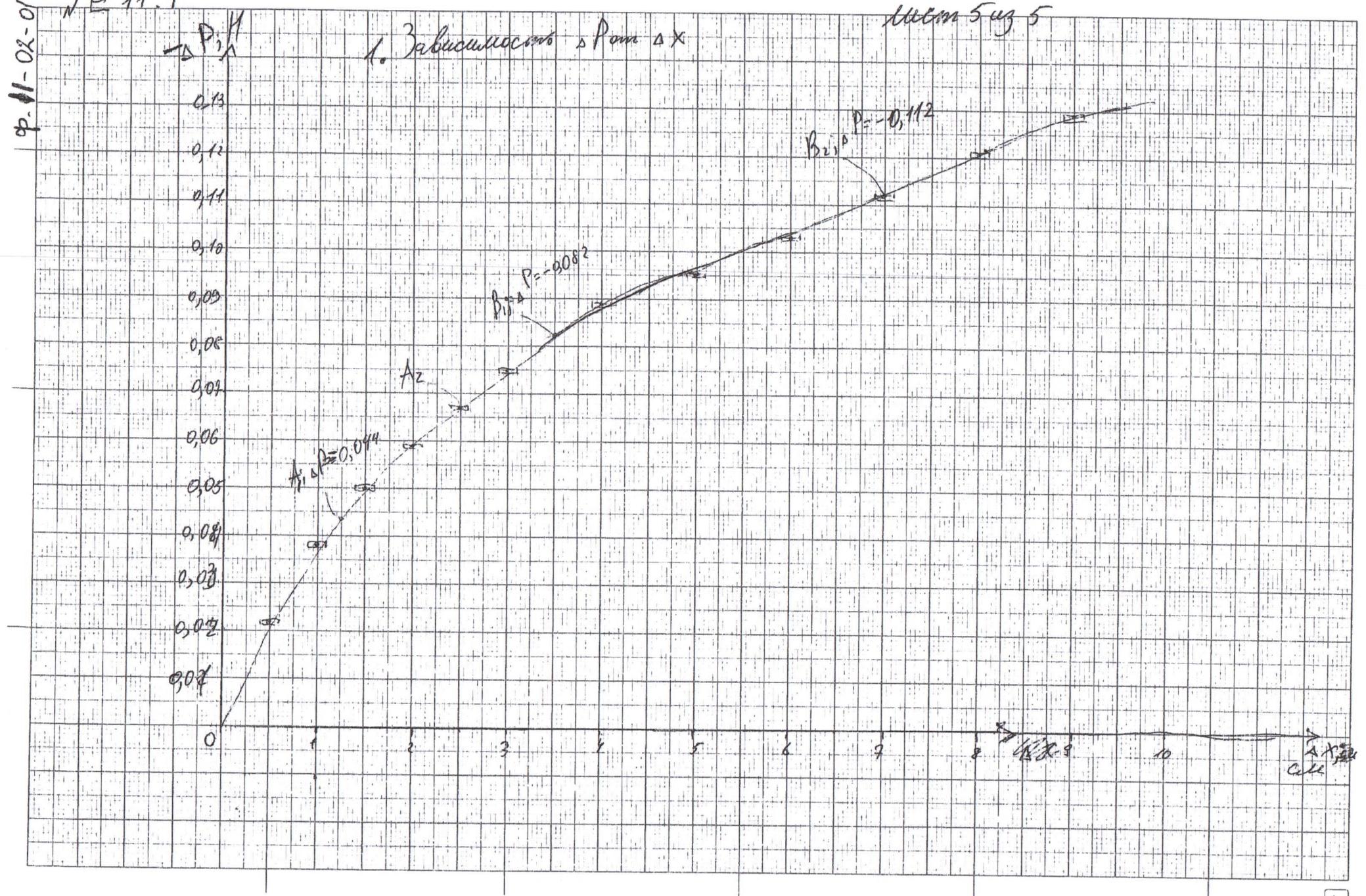
$\Delta X$   
мм

$A_1$   $P=0,044$

$A_2$

$B_1$   $P=0,082$

$B_2$   $P=0,112$



ЗАДАЧА № <u>Е. 11.2</u>	ЛИСТ <u>1</u> ИЗ <u>3</u>	<u>Ф-11-02-01</u>
	(листы по каждой задаче нумеруются отдельно)	ШИФР (заполняется оргкомитетом)

Установка №

Омметр — это прибор состоящий из источника тока, резистора, и амперметра.

Три подключенных омметра в или вольтметра  
составили Омметр к конденсатору его

заряд будет равен ЭДС (вольтметра):

Подключим Омметр в ~~состоянии~~ с шкалой измерения  $200 \text{ Ом}$  к конденсатору; подождём некоторое время до его зарядки; Затем подключим на конденсатор вольтметр и посмотрим его показания в первый момент времени (до разрядки):

Проделив данную опыт несколько раз с разными временами ожидания получили, что  $U_{200} = 2,86 \text{ В}$  — ЭДС источника напряжения  $200 \text{ Ом}$ ;

Будем подключать Омметр в  $200 \text{ Ом}$  к клеммам 1-3; 2-3; 1-2 далее ждём до зарядки и мерить напряжение на этих клеммах <sup>в первый момент времени</sup> через некоторое время;

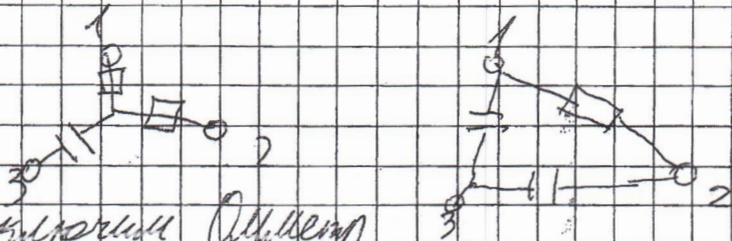
Проделив данную опыт с разными временами ожидания получили:

$$\left. \begin{aligned} U_{1-3} &= 2,85 \text{ В} \\ U_{2-3} &= 2,89 \text{ В} \\ U_{1-2} &= 0 \text{ В} \end{aligned} \right\} \approx U_{200}$$

ЗАДАЧА № <u>E. 11.2</u>	ЛИСТ 2 ИЗ 3	Ф-11-02-01
	(листы по каждой задаче нумеруются отдельно)	ШИФР (заполняется оргкомитетом)

~~Можно ли~~, Тасаматорам какие схемы могут подходить под заданой оптик; В схемах точно есть как индукция и конденсатор.

Температуры выводов 1 и 2 выравниваются с тем же время  $\Rightarrow$  Есть путь из 1 в 2, такой что нет конденсатора на этом пути  $\Rightarrow$  пока что подходить 2 установки:



Для проверки: подключим Омметр

2000  $\Omega$  к клеммам 1-2, а затем после ~~установки~~ Тасаматора ~~для~~ последующим сразу после его включения ~~равновесия~~: показания ~~показывают~~ ~~температуры~~

при этом сопротивление ~~не~~ ~~изменяется~~

изменяется так: от большого значения идет

к  $R_{1-2} = 114 \cdot 10^3 \Omega$ ; Если совсем был бы  $\Delta$ , то

~~в момент~~ во время этого измерения был бы

меньше когда оно меньше  $R_{1-2}$ : потому что

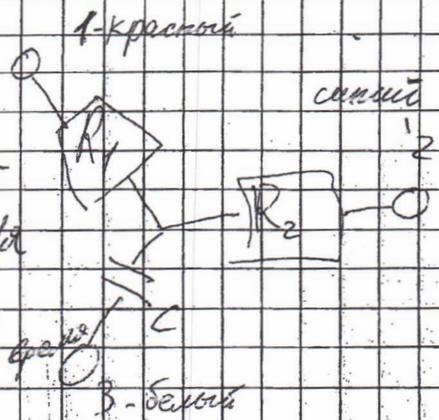
в начальный момент времени конденсато-

ры работают как провод, а сопротивление

провода мало  $\Rightarrow$  сопротивление должно быть меньше

ЗАДАЧА № <u>Е. 11.2</u>	ЛИСТ <u>3</u> ИЗ <u>3</u>	Ф-11-02-01
	(листы по каждой задаче нумеруются отдельно)	ШИФР (заполняется оргкомитетом)

рез  $R_{12} \Rightarrow$  это звезда.  
 Для измерения  $R$  сначала



разрядим конденсатор  $C$ , подключив вольтметр на некоторое время к 1-3; Затем зарядим  $C$  до  $U_{100}$  (подключив вольтметр на некоторое время)

Затем соединим конденсатор и клеммы 1-2; Пождем установления равновесия; и измерим напряжение на  $C$ ,  $U_C = 1,35 В$

При этом подключим



у конденсаторов сохраняются суммарный заряд  $q$  и суммарный заряд  $q$  остается

равномерной со временем уравновешивая  $\Rightarrow q_{общ} = C_{100} U_{100} = 2,86 \cdot 10^{-5} Кл$ ;  $U_C = \frac{q_1}{C_0} \Rightarrow q_1 = U_C \cdot C_0 = 1,35 \cdot 10^{-5} Кл$   
 $\Rightarrow q_2 = q_{общ} - q_1$  заряд на  $C$ ;  $C = \frac{q_2}{U_C} = 11 \cdot 10^{-5} Ф$

(Проведем этот эксперимент несколько раз с разными временами отсчета для большей точности)

$$R_{12} = R_1 + R_2 = 114 \cdot 10^3 Ом$$

PCL XL error

Warning: IllegalMediaSource

$R = 80 \text{ м}$

$\mu = 0,5$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

Числа масса машины  $= m \Rightarrow N = mg$ ;  $F_{\text{тр}} = N\mu$ ;  $a = \frac{F_{\text{тр}}}{m} = g\mu$ , движение машины осуществляется за счёт силы трения

Для прохождения окружности

максимально быстро нужно двигаться с макс. ускорением:  $a = 5 \text{ м/с}^2$ ; ускорение машины можно разложить

на 2 составляющие: центрострем.  $a_{\text{с}}$  и  $a_{\text{т}}$  - за счёт

которого увелич. скорость:  $a^2 = a_{\text{с}}^2 + a_{\text{т}}^2$ ;  $a_{\text{т}} = \sqrt{a^2 - a_{\text{с}}^2}$

фактическое использование п. 1.5

расчитаем время достижения максимальной возм. скорости: тогда когда  $a_{\text{т}} = 0$ ;  $a_{\text{с}} = a = \frac{v_{\text{к}}^2}{R}$

$\int_0^{v_{\text{к}}} dt = \int_0^{v_{\text{к}}} \frac{dv}{\sqrt{a^2 - \frac{v^4}{R^2}}}$ ;  $a_{\text{с}} = \frac{v^2}{R}$ ; Числа  $x = \frac{v}{v_{\text{к}}}$

$\int_0^1 \frac{dv}{\sqrt{a^2 - \frac{v^4}{R^2}}} = \int_0^1 \frac{v_{\text{к}} dx}{\sqrt{a^2 - \frac{v_{\text{к}}^4}{R^2} x^4}} = \frac{v_{\text{к}}}{a} \int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{1 - x^4}} = t_{\text{к}}$

$t_{\text{к}} = \frac{v_{\text{к}}}{a} \cdot 1,311$ ;  $v_{\text{к}} = \sqrt{aR} = 20 \text{ м/с} \Rightarrow t_{\text{к}} = 5,244 \text{ с}$

Расчитаем длину разгона:  $l$ ; Длина разгона будет точно меньше чем длина такого фронта:

Сначала разгон до  $v_{\text{к}}$  с  $a$ , а потом увеличение с постоянной скоростью до наступления  $t_{\text{к}}$ , т.е.  $t_{\text{к}}$

ЗАДАЧА № 11.1	ЛИСТ 2 ИЗ 2	Ф-11-02-2
	(листы по каждой задаче нумеруются отдельно)	ШИФР (заполняется оргкомитетом)

Первые  $t_0$  секунд разогреть двигатели быстрее при наличии макс. ускорения  $a$ , чем равноускор. движение, а затем скорость двигателя будет у двигателя по ср. меньше  $v_k$

$\Rightarrow t_0 = v/a = 4c$ ,  $l < \frac{a t_0^2}{2} + v_k (t_k - t_0) = 64,88m$

$l < R \cdot \frac{\pi}{2}$ ,  $l < R \cdot \pi \Rightarrow$  Машина разогнана до макс. скорости не доходя до D и B  $\Rightarrow v_D = v_k = v_B \Rightarrow$  На пути AB достигается макс. возможная скорость

ЗАДАЧА № 11.2	ЛИСТ 1 ИЗ 2	Ф-02-11-2
	(листы по каждой задаче нумеруются отдельно)	ШИФР (заполняется оргкомитетом)

$g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $\sigma = 10 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}$   
 $d = 0,02 \text{ м}$

1. Лента будет срываться если совершится над ней большая работа, чем  $\sigma$ , т.е. если ширины отрывов ленты длины  $x$ :

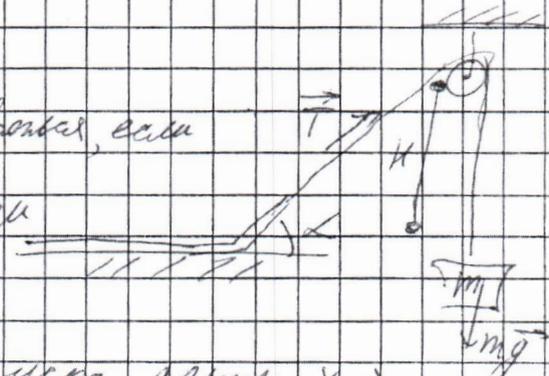
$$A_1 = A_2 = \sigma dx = \pi \frac{\sigma d}{1 - \cos \alpha} x \cdot (\gamma_1 - \gamma_0)$$

Работа силы  $F$  - это произведение  $F$  на смещение конца ленты вдоль  $F \Rightarrow \gamma_1 - \gamma_0 = x - x \cos \alpha \Rightarrow \sigma dx = x F (1 - \cos \alpha)$   
 $F = \frac{\sigma d}{1 - \cos \alpha} \rightarrow F$  - минимальна  $\Rightarrow \cos \alpha = -1 \Rightarrow \alpha = \pi \Rightarrow F = \frac{\sigma d}{2} = 0,1 \text{ Н}$

2. Груз в покое  $\Rightarrow T = mg$

Лента будет срываться, если

Работа груза будет больше работы удерживающей ленту.



Расстояние отрыва небольшого куска ленты  $x \Rightarrow$

При этом уменьшается сила  $L$  ~~которая удерживает~~  $\cos(\alpha + \gamma) = \frac{H+x}{H\sqrt{2} + (1-\frac{\sqrt{2}}{2})x} = \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{x}{\sqrt{2}H} - \frac{(1-\frac{\sqrt{2}}{2})x}{H} = \frac{1}{\sqrt{2}} + 0,414 \frac{x}{H}$

$$A_1 = \sigma dx = T(1 - \cos \alpha) x \Rightarrow T = mg = \frac{\sigma d}{1 - \frac{1}{\sqrt{2}}} \Rightarrow m = \frac{\sigma d}{g(1 - \frac{1}{\sqrt{2}})} = 0,068 \text{ кг}$$

3. Грузы после прикрепления груза начнут ускоренно двигаться вниз, после того как грузы перестанут

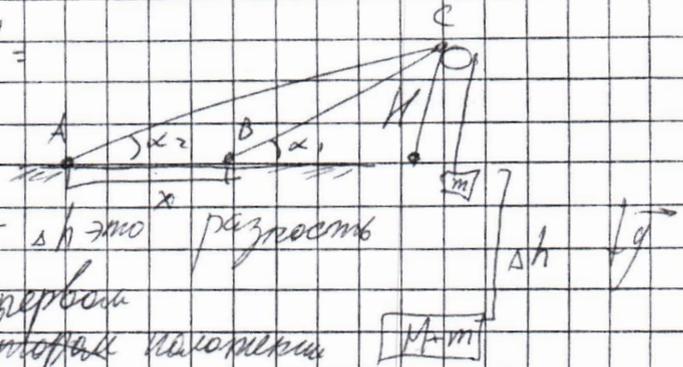
ускоряется у них всё ещё будет кинетическая энергия  
засчет которой они пройдут ещё расстояние:  $3(\tau)$

$$A_1 = A_2$$

$$x = \text{ctg} \alpha_2 H - \text{ctg} \alpha_1 H =$$

$$= 0,732 H = 0,732 \text{ м}$$

$$\Delta h = \frac{H}{\sin \alpha_2} + x + \frac{H}{\sin \alpha_1} - \Delta h \text{ это разность}$$



между длиной каната в первом и втором положении

и разница до точки C:  $\Delta h = AB + BC - AC$  фактически 3.3  $\Delta h = 0,146 \text{ м}$

$$A_2 = \Delta h (m + M)g; \quad A_1 = x \delta d$$

$$m + M = \frac{x \delta d}{\Delta h g} \Rightarrow M = \frac{x \delta d}{\Delta h g} - m = 0,032 \text{ кг}$$

~~а~~  $a_1$ : ~~ускорение~~  $a_1$  в канальной канатной системе

в момент скорости каната = 0  $\Rightarrow$  сила неопределима

для отрыва каната  $T = mg \Rightarrow F_p = (m + M)a_1 = (M + m)g - T \Rightarrow$

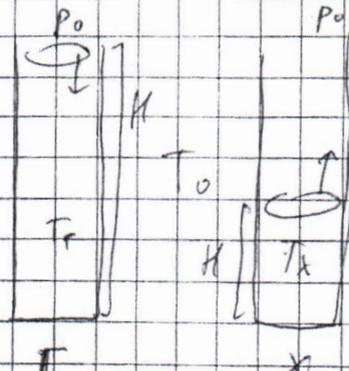
$$\Rightarrow a_1 = \frac{Mg}{m + M} = 3,2 \text{ м/с}^2$$

Рассмотрим канат перед остановкой: ~~то~~ если оторвется

$\Delta x$  каната, то остановка:  $A_1 = \delta dx = A_0 = \frac{v^2 (M + m)}{2} \Rightarrow$

$$v \gg x; \quad v \cdot \Delta t = x \Rightarrow \Delta t \ll v \Rightarrow a_2 = \frac{v}{\Delta t} \rightarrow \infty$$

1)  $T_{\Gamma}$   
 $\sigma_x^{\max} = \sigma_{\Gamma}^{\max}$   
 $C_p$   
 $V_1 = V_2 = V$   
 $T_0; T_x$



Поскольку поршневые  
лёгкие, то давл-  
ение в сосудах  
всегда равно  $p_0$ ;

Уравнение Менделеева крайнего сечения:

$$pV = \nu RT \rightarrow p_0 \cdot 2\pi r^2 H = \nu RT$$

$$\nu = \frac{p_0 R}{T} = C_1 T; C_1 - \text{const}$$

Теплообмен ~~на поверхности~~ <sup>изменяется при нагреве</sup>  $Q$ :

$$Q = \nu C_p dT = (\alpha S (T - T_0)) dt$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\alpha 2\pi r^2 H}{\nu C_p} (T - T_0)$$

$$\int \frac{dT}{T - T_0} = C_1 C_2 \int dt = C_1 C_2 t + C_3 = \int \frac{1}{T_0 (T - T_0)}$$

$$\left( -\frac{1}{T_0 T} \right) dT = \frac{1}{T_0} \ln \left( \frac{T - T_0}{T} \right); \text{Поскольку скорость}$$

не не меняет знака 2 температуры:  $T - T_0$  всегда  $\pm$  10 знака

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{C_1} \frac{dH}{dt} = \frac{\sigma}{C_1} = \frac{C_2 C_1}{C_1} T (T - T_0)$$

$$\sigma = C_2 C_1^2 (T - T_0) T; T \text{ в } \Gamma \text{ изменяется от } T_{\Gamma} \text{ до } T_0;$$

$$T \text{ в } X \text{ изменяется от } T_x \text{ до } T_0 \Rightarrow \sigma_{\Gamma}^{\max} = C_2 C_1^2 T_{\Gamma} (T_{\Gamma} - T_0) \quad \text{п. 8}$$

$$|U_x^{\max}| = K_2 (1, T_x (T_x - T_0)) = |U_r^{\max}|, \text{ если } T_x > \frac{T_0}{2}, \text{ (обратно}$$

$$T_x (T_x - T_0) = -T_r (T_r - T_0)$$

$$T_r^2 - T_r T_0 + T_x^2 - T_x T_0 = 0$$

$$T_r = \frac{T_0 + \sqrt{T_0^2 - 4T_x^2 + 4T_x T_0}}{2}; T_r > T_0 \Rightarrow$$

~~$$T_r = \frac{T_0 + \sqrt{T_0^2 - 4T_x^2 + 4T_x T_0}}{2}$$~~

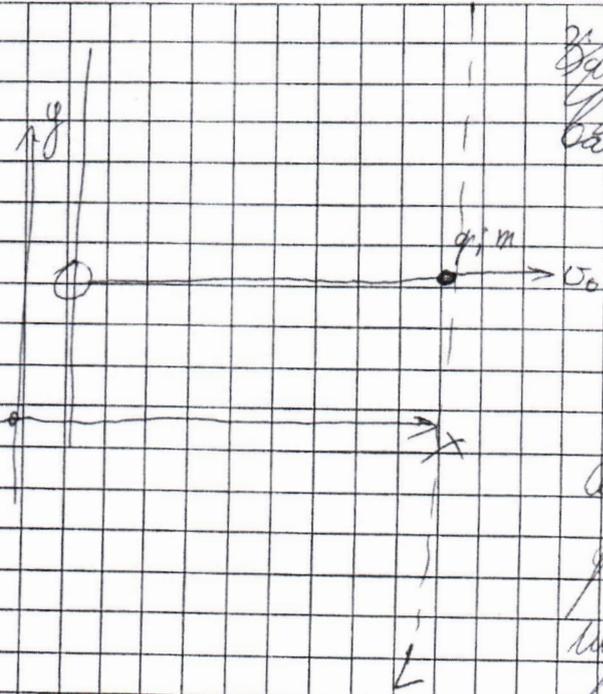
$$T_r = \frac{T_0 + \sqrt{T_0^2 - 4T_x^2 + 4T_x T_0}}{2}$$

Если  $T_x \leq T_0/2$ , то (об. направление)  $|U_x^{\max}| = f_2 (1, T_0/2 \cdot (T_0/2)) \Rightarrow$

$$T_r (T_r - T_0) = \frac{T_0^2}{4}; T_r = \frac{T_0 + \sqrt{T_0^2 + T_0^2}}{2} =$$

$$= T_0 (1,207)$$

ЗАДАЧА № 11.4	ЛИСТ 1 ИЗ 1	ФР-11-02-2
	(листы по каждой задаче нумеруются отдельно)	ШИФР (заполняется оргкомитетом)



Вдвигая, то толщину считаем  
 очень маленькой на много меньше  
 радиуса оси  $x$ , а также

Рассчитаем действующее  
 $R$  на заряд:  $Bq\sigma = \mathcal{E} = mg$

$a_g = \frac{Bq\sigma}{m}$ ;  $a_g$  - ускорение  
 движущая по окружности на

маленькой скорости:

$$a_g = \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{Bq}$$

$$\frac{R}{l_0} = \frac{mv}{Bq l_0}$$

Заметим что при попадании в

часть протирателя слева  $L$ :  $F_{упр} = 0$ , а также

$$3. С. Э. W_0 = \frac{v_0^2 m}{2} = W_1 = \frac{v_1^2 m}{2} \Rightarrow \text{слева: заряд}$$

движется с  $v_0$ , поворачивает по окружности с  $R = \frac{mv_0}{Bq}$

$$\frac{R}{l_0} < 1 \quad R < l_0 \Rightarrow \text{заряд не уйдет за пределы}$$

ЗАДАЧА № 11. 5

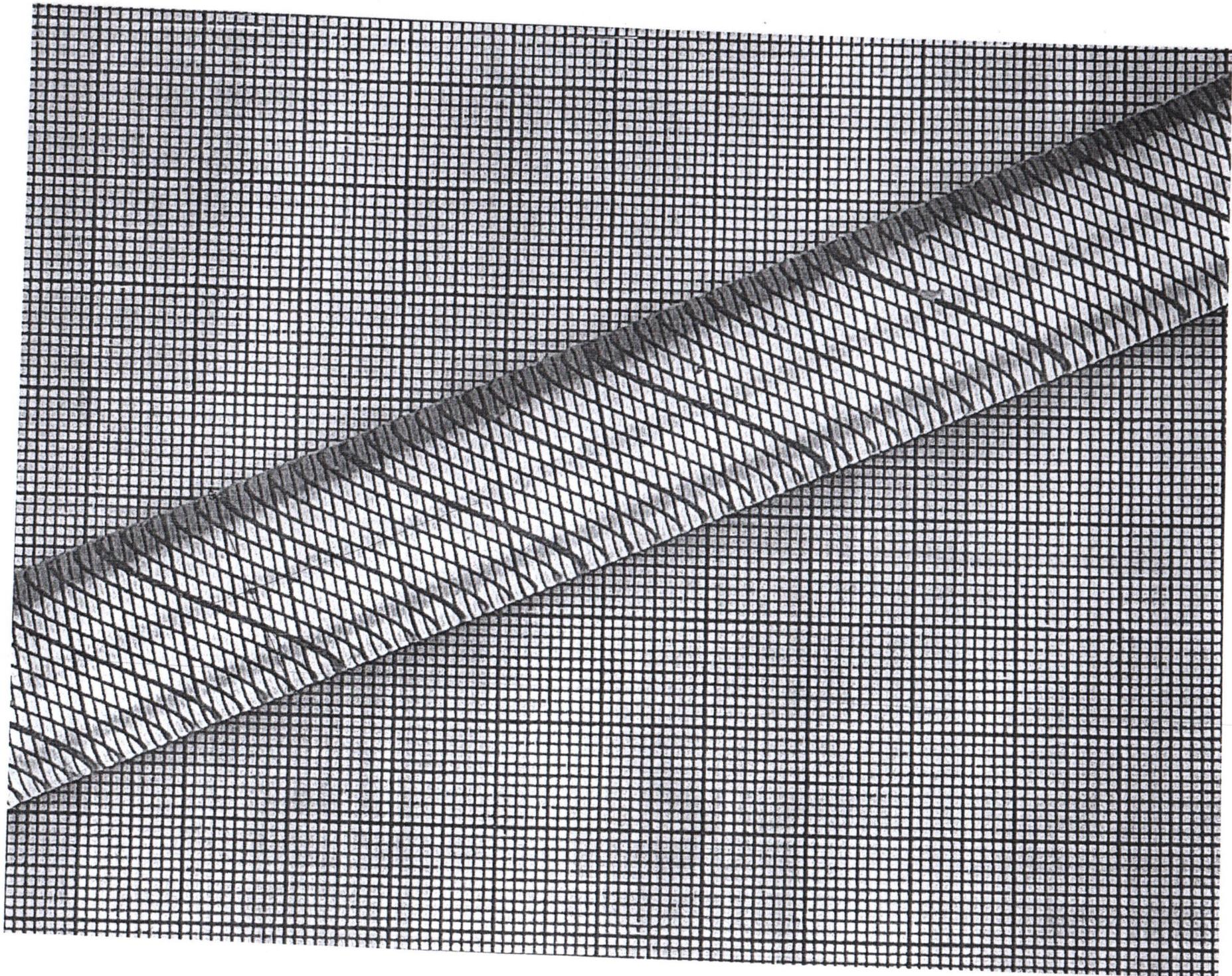
ЛИСТ 1 ИЗ 1

Листы по каждой задаче  
нумеруются отдельно)

Ф-11-02-2

ШИФР (заполняется  
органом)

Посчитаем радиус цилиндра: Для этого проведем  
прямую  $\perp$  краю цилиндра и посчитаем ее длину  
по миллиметровой бумаге через Теорему Пифагора:  $D = 19,7$  мм  
 $R = 9,9$  мм



ШИФР: Ф-11-02-2