

Физика. 10 класс. Вариант 1

1. Ещё немного и шаровая молния (22 балла). Из экспериментов известно, что при достаточно большой величине напряженности электрического поля E , перпендикулярного к свободной поверхности проводящей жидкости с коэффициентом поверхностного натяжения σ , плотностью ρ , последняя становится неустойчивой, и на ней образуется система выступов, с вершин которых начинается сброс избыточного поверхностного заряда с поверхностной плотностью σ_q в виде высокодисперсных сильно заряженных капелек радиуса r .

Оцените во сколько раз надо изменить величину напряженности электрического поля, чтобы радиус увеличился в два раза.

Известно, что сила поверхностного натяжения пропорциональна длине контура, ограничивающей поверхность: $F = \sigma L$.

Примечание: в конце, после того как получите формулу для радиуса, не забудьте, что величина поверхностной плотности индуцированного заряда пропорциональна напряженности внешнего поля.

Решение:

Предположительно радиус капелек зависит от величина поверхностной плотности индуцированного заряда σ_q , от коэффициента поверхностного натяжения σ , плотности жидкости ρ , напряженности электрического поля:

$$r = f(\sigma_q, \sigma, \rho, E,)$$

$$r = A \sigma_q^\alpha \sigma^\beta \rho^\gamma E^\delta \quad (1)$$

Размерности: поверхностная плотность заряда - $[\sigma_q] = \frac{A \cdot c}{m^2}$, напряженность электрического поля - $[E] = \frac{кг \cdot м}{c^3 A}$, коэффициент поверхностного натяжения - $[\sigma] = \frac{кг}{c^2}$, плотность - $[\rho] = \frac{кг}{м^3}$.

Воспользуемся методом размерностей:

$$m = \left(\frac{A \cdot c}{m^2}\right)^\alpha \left(\frac{кг}{c^2}\right)^\beta \left(\frac{кг}{м^3}\right)^\gamma \left(\frac{кг \cdot м}{c^3 A}\right)^\delta. \quad (2)$$

Уравновесим коэффициент при одинаковых размерностях справа и слева формулы (2):

$$\left. \begin{aligned} 1 &= -2\alpha - 3\gamma + \delta \\ 0 &= \alpha - \delta \\ 0 &= \alpha - 2\beta - 3\delta \\ 0 &= \beta + \gamma + \delta \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Решая совместно систему уравнений, получаем, что

$$\delta = \alpha = -1; \quad \beta = 1, \quad \gamma = 0 \quad (4)$$

$$r = A \frac{\sigma}{\sigma_q E}. \quad (5)$$

С учетом последнего замечания, что «величина поверхностной плотности индуцированного заряда пропорциональна напряженности внешнего поля» $E \sim \sigma_q$, получим:

$$r = A' \frac{\sigma}{E^2}. \quad (6)$$

Для увеличения радиуса в два раза необходимо величину напряженности электрического поля уменьшить в 1.4 раза:

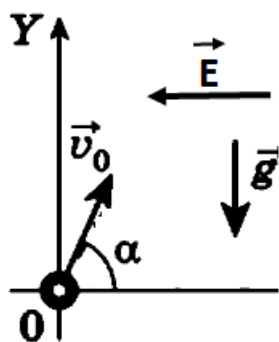
$$\frac{E_1}{E_2} = \sqrt{\frac{r_2}{r_1}} = \sqrt{2} = 1,4 \quad (7)$$

Ответ: напряженность поля необходимо уменьшить 1,4 раза.

Мы получили интересный результат, который говорит, что надо подумать, что ещё влияет на величину радиуса частицы, но об этом Вы подумаете самостоятельно!!!

Критерии	Баллы
Записано уравнение (1)	2 балла
Указаны размерности величин входящих в уравнение (1)	5 баллов, по 1 баллу за каждую величину
Записано уравнение (2)	2 балла
Составлена система уравнений (3)	4 балла, по 1 баллу за каждое уравнение, входящее в систему
Получены коэффициенты (4)	4 балла, по 1 баллу за каждый степенной коэффициент
Получено обоснованно уравнение (5)	2 балла
Записано уравнение (6)	2 балла
Получено (7)	1 балл
Итого	22 балла

2. Скрещенные поля (16 баллов). Положительно заряженная частица



зарядом q и массой m движется в скрещённых гравитационном и электростатическом полях (смотри рисунок), так что в начальный момент времени направление между скоростью $v_0 = 20 \text{ м/с}$ и горизонтом составляет $\alpha = 60^\circ$. Найдите максимальное отклонение по оси x от первоначального положения частицы при условии, что $\frac{qE}{m} = \frac{\sqrt{3}g}{3}$, где g – ускорение свободного падения.

Решение:

Запишем ускорение вдоль оси x :

$$a_x = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{\sqrt{3}g}{3} \quad (8)$$

Раз частица положительно заряженная, то она будет притормаживаться вдоль оси x , то есть вектор $\vec{a}_x$ направлен против оси x . Запишем кинематические уравнения движения:

$$x = v_{0x}t - \frac{a_x t^2}{2} \quad (9)$$

$$v_x = v_{0x} - a_x t \quad (10)$$

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}. \quad (11)$$

$$v_y = v_{0y} - gt. \quad (12)$$

В момент падения на землю координата частицы по оси Y равна нулю, из этого условия найдем время полёта t_1 :

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = 0 \quad (13)$$

$$t_1 = \frac{2v_{0y}}{g} \quad (14).$$

Возможно, что максимальное отклонение от начального положения это

$\Delta x_{max1} = |x_1 - 0|$, где x_1 – максимальная дальность полета равна:

$$x_1 = \frac{2v_{0y}v_{0x}}{g} - \frac{a_x}{2} \left(\frac{2v_{0y}}{g} \right)^2 = \frac{2}{g} (v_{0y})^2 \left(ctg\alpha - \frac{a_x}{g} \right). \quad (15)$$

Либо максимальное отклонение это $\Delta x_{max2} = |x_2 - 0|$, где x_2 – координата в момент времени, когда тело меняет направление движения вдоль оси X . Тело поменяет направление полёта при условии $v_x = 0$:

$$0 = v_{0x} - a_x t_1 \quad (16)$$

Время полёта до изменения направления движения составит:

$$t_2 = \frac{v_{0x}}{a_x} \quad (17)$$

Положение тела в этот момент времени будет:

$$x_2 = \frac{v_{0x}^2}{2a_x}. \quad (18)$$

Подсчитаем координату дальности полета и координату смены направления:

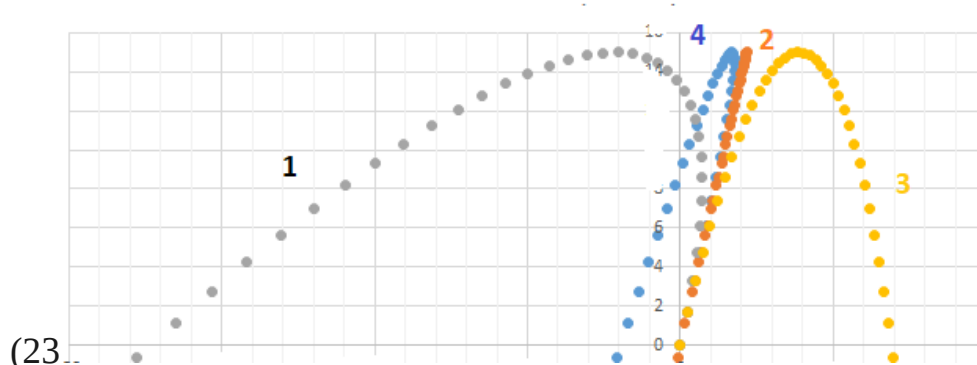
$$x_1 = \frac{2}{g} (v_{0y})^2 \left(ctg\alpha - \frac{\sqrt{3}g}{3g} \right) = 0 \text{ м} \quad (19)$$

$$|x_2 - 0| = 0 \text{ м}$$

$$x_2 = \frac{3v_{0x}^2}{2\sqrt{3}g} = \frac{3v_0^2 \cos^2 \alpha}{2\sqrt{3}g} = 8,8 \text{ м}. \quad (20)$$

Ответ: $\Delta x_{\max 2} = |x_2 - 0| = 8,8\text{м}$ – максимальное отклонение

Примечание. В задаче возможны случаи, представленные на рисунке.



Видно, что в зависимости от соотношения между ускорениями вдоль оси x и y координата дальности полёта может быть как положительная, так и отрицательная.

Критерии	Баллы
Указано соотношение 8	1 балл
Указано, что вектор $\vec{a}_x$ направлен против оси x .	1 балл
Записаны кинематические уравнения 9-11	4 уравнения, по 1 баллу за уравнение
Указано, что максимальное отклонение может быть в двух случаях	2 балла
Найдено время полёта частицы	1 балл
Найдена координата дальности полёта (15)	2 балла
Найдена координата смены направления частицы вдоль оси X (18)	2 балла
Получен численный результаты для двух случаев отклонения от начальной точки	2 балла
Выбран правильный результат	1 балл
Итого	16 баллов

3. Политропа (21 балл). Известно, что для политропических процессов справедливо уравнение $pV^n = \text{const}$. Определите работу одного моля идеального одноатомного газа при увеличении объёма в два раза, если $n=2$ и начальная температура составила $T_1 = 400\text{K}$.

Примечание: политропический процесс – это процесс с постоянной теплоёмкостью. Для него $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$ – показатель политропы, где C – молярная теплоёмкость газа в процессе, C_p и C_v – молярные теплоёмкости газа при постоянном давлении и объёме.

Решение:

Запишем первое начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A, \quad (21)$$

где количество теплоты;

$$Q = \nu c \Delta T, \quad (22)$$

$$\Delta U = \nu C_V (T_2 - T_1) \quad (23)$$

$$A = Q - \Delta U = \nu (C - C_V) \Delta T \quad (24)$$

Из показателя политропы выразим молярную теплоёмкость газа:

$$C = \frac{n C_V - C_p}{(n-1)} \quad (25)$$

Для одно атомного газа молярная теплоёмкость при постоянном объёме равна:

$$C_V = \frac{3}{2} R, \quad (26)$$

а молярная теплоёмкость при постоянном давлении:

$$C_p = \frac{5}{2} R \quad \text{или} \quad C_p = C_V + R \quad (27)$$

Тогда, молярная теплоёмкость газа будет:

$$C = \frac{2 \frac{3}{2} R - \frac{5}{2} R}{(2-1)} = \frac{1}{2} R. \quad (28)$$

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$pV = \nu RT \quad (29)$$

выразим давление:

$$p = \frac{\nu RT}{V} \quad (30)$$

Подставим уравнение (30) в уравнение политропы $pV^n = \text{const}$ и получим:

$$TV^{n-1} = \text{const} \quad (31)$$

$$\text{Тогда } T_1 V_1^{n-1} = T_2 V_2^{n-1}.$$

Для случая $n=2$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1} = 565,7 \text{ К}. \quad (32)$$

Найдём изменение температуры:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 165,7 \text{ К}. \quad (33)$$

Найдём формулу для расчета работы в данном процессе:

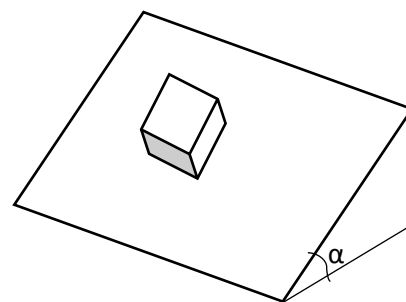
$$A = \nu \left(\frac{1}{2} R - \frac{3}{2} R \right) \Delta T = -\nu R \Delta T \quad (34)$$

Проведем расчет:

$$A = -8,31 * (165,7) = -1377 \text{ Дж.} \quad (35)$$

Критерии	Баллы
Записано первое начало термодинамики	1 балл
Записана формула (22)	1 балл
Записана формула (23)	1 балл
Выведена формула для расчета работы	1 балл
Найдена молярная теплоёмкость газа через n (25)	3 балла
Записаны формулы (26) и (27)	2 балла, по 1 баллу за формулу
Выражена молярная теплоёмкость через газовую постоянную (28)	3 балла
Получено уравнение (31)	4 балла
Найдена температура T_2	1 балл
Выведена формула для работы газа (34)	3 балла
Получен численный результат	1 балл
Итого	21 балл

4. Просто тело (14 баллов). Угол между плоскостью и горизонтом составляет $\alpha = 30^\circ$. На ней расположено тело массой $m=100$ г. Определите с какой минимальной силой надо толкнуть тело параллельно полу, чтобы оно начало двигаться. Коэффициент трения равен $\mu = 0,5$.

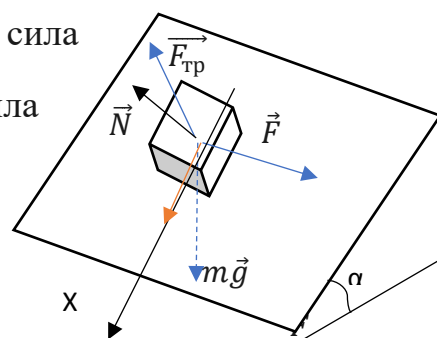


Решение:

На тело действуют силы – сила тяжести $m\vec{g}$, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, внешняя сила $\vec{F}$, реакция опоры $\vec{N}$.

Для того, чтобы тело сдвинулось необходимо,

$$|\vec{F}_{\text{тр}}| \leq |\vec{F} + (m\vec{g})_x| \quad (36)$$



Красным на рисунке обозначена проекция силы тяжести на плоскость, то есть на ось X.

Красным на рисунке обозначена проекция силы тяжести на плоскость, то есть на ось X.

Минимальная сила будет при $F_{Tp}^2 = (m\vec{g})_x^2 + F_{min}^2$. Минимальная сила будет равна:

$$F_{min} = \sqrt{(m\vec{g})_x^2 - F_{Tp}^2}. \quad (37)$$

Модуль проекции силы тяжести на ось X равен:

$$|(m\vec{g})_x| = mgsin\alpha. \quad (38)$$

Модуль силы нормальной реакции, действующей на тело равен:

$$N = mgcos\alpha. \quad (39)$$

Модуль силы трения:

$$F_{Tp} = \mu N = \mu mgcos\alpha. \quad (40)$$

Минимальная сила, с которой надо толкнуть тело равно:

$$F_{min} = \sqrt{(mgsin\alpha)^2 - (\mu mgcos\alpha.)^2} = mg\sqrt{(\sin\alpha)^2 - (\mu cos\alpha.)^2} \quad (41)$$

$$F_{min} = 0,100 * 9,8\sqrt{(\sin30)^2 - (0,5\cos30)^2}=0,245 \text{ Н}$$

Критерии	Баллы
Сделан рисунок с указанием всех сил	4 балла
Записано соотношение (36) в виде формулы или словесно	2 балла
Получено выражение для минимальной силы тяжести (37)	2 балла
Записаны уравнения (38)-(40)	3 балла, по 1 баллу за силу
Получена формула (41)	2 балла
Получен результат численный	1 балл
Итого	14 баллов

5. Тяжёлый пружинный маятник (27 баллов). Пружина $m_0 = 40$ г имеет $n_0 = 50$ витков. На графике 1 представлена зависимость длины 10 витков от количества витков, находящихся под ними. Для этой пружины была исследована зависимость периода колебаний пружина от количества витков в ней. В таблице приведены усреднённые данные.

n	$T, \text{с}$
12	0,506
15	0,605
19	0,739
24	0,929
31	1,220
35	1,401

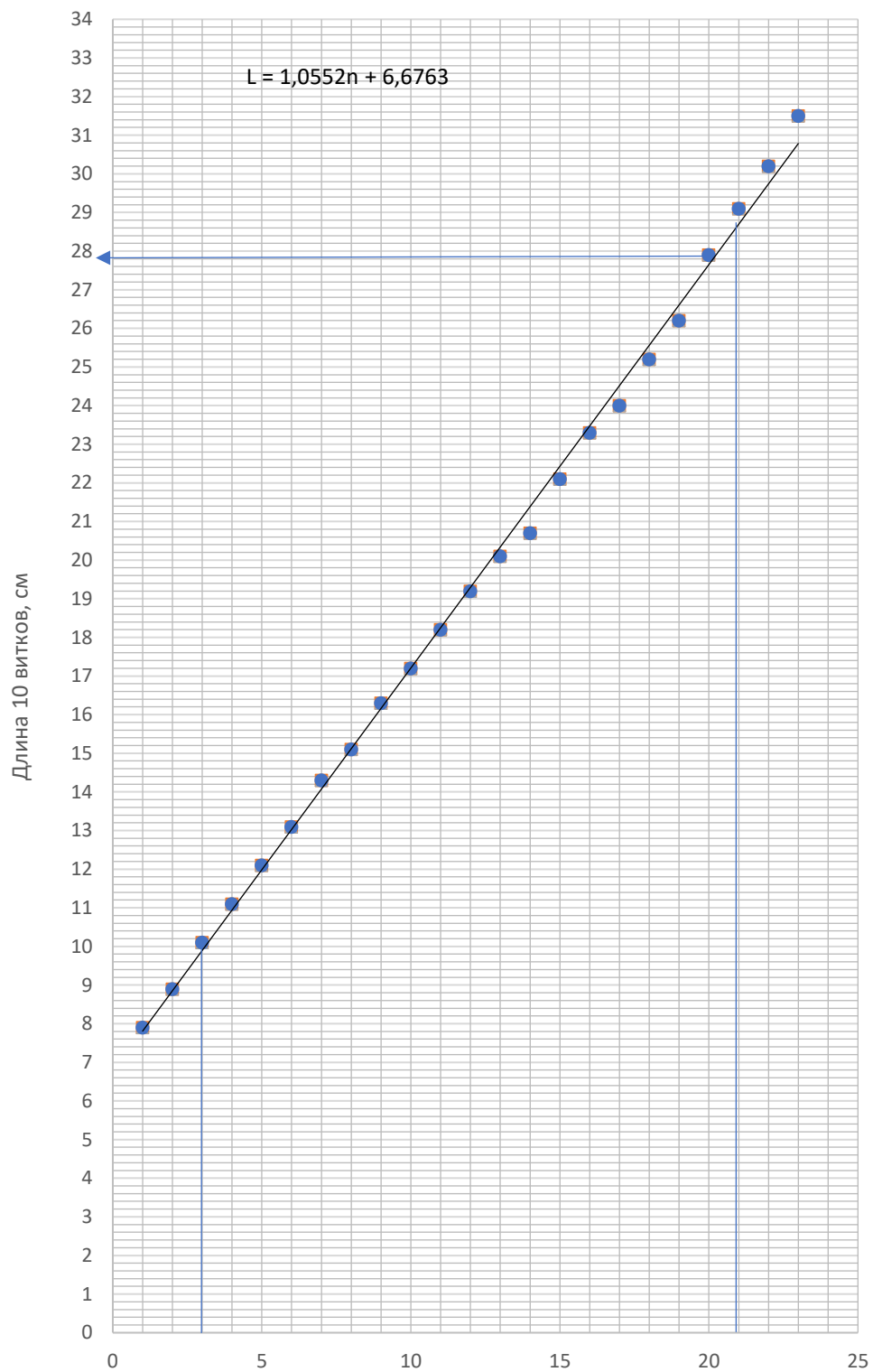
1. Определите жесткость одного витка k_0 .
2. Запишите формулу для расчета жесткости k пружины, содержащей n витков
3. Определите жесткость всей пружины $k_{\text{общ}}$

Для решения задачи проведите все необходимые построения на графике (его необходимо **сдать на проверку**, открепив от заданий).

Для построения графика зависимости периода колебаний пружины от числа витков вам дан лист миллиметровой бумаги (последний лист в комплекте заданий, его необходимо **сдать на проверку**, открепив от заданий).

Решение:

К задаче 5. График 1.
Зависимость длины 10 витков от количества
витков под ними



Масса n витков пружины равна:

$$m = \frac{m_0}{n_0} \cdot n = \gamma n. \quad (42)$$

Запишем закон Гука для исследуемых 10 витков в зависимости от числа витков под ним для двух состояний, при этом к этим 10 виткам можно относиться как к идеальной пружине:

$$k_{10}(l_{n_1} - l_0) = \gamma n_1 g \quad (43)$$

$$k_{10}(l_{n_2} - l_0) = \gamma n_2 g \quad (44)$$

Выразим из уравнений (43) и (44) коэффициент жесткости 10 витков:

$$k_{10} = \frac{n_2 - n_1}{l_{n_2} - l_{n_1}} \gamma g \quad (45)$$

Видно, что $c = \frac{n_2 - n_1}{l_{n_2} - l_{n_1}}$ - это угловой коэффициент графика 1. Определим его по графику:

$$c = \frac{n_2 - n_1}{l_{n_2} - l_{n_1}} = 106 \text{ м}^{-1}. \quad (46)$$

$$k_{10} = 106 \gamma g = 0,83 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}, \quad (47)$$

Жесткость одного витка будет в 10 раз больше:

$$k_0 = 10k_{10} = 1060 \gamma g = 8,3 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (48)$$

Период колебаний n витков:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad (49)$$

Где масса $m = \gamma n$, а коэффициент жесткости обратно пропорционален числу витков n :

$$k = \alpha \frac{k_0}{n} \quad (50)$$

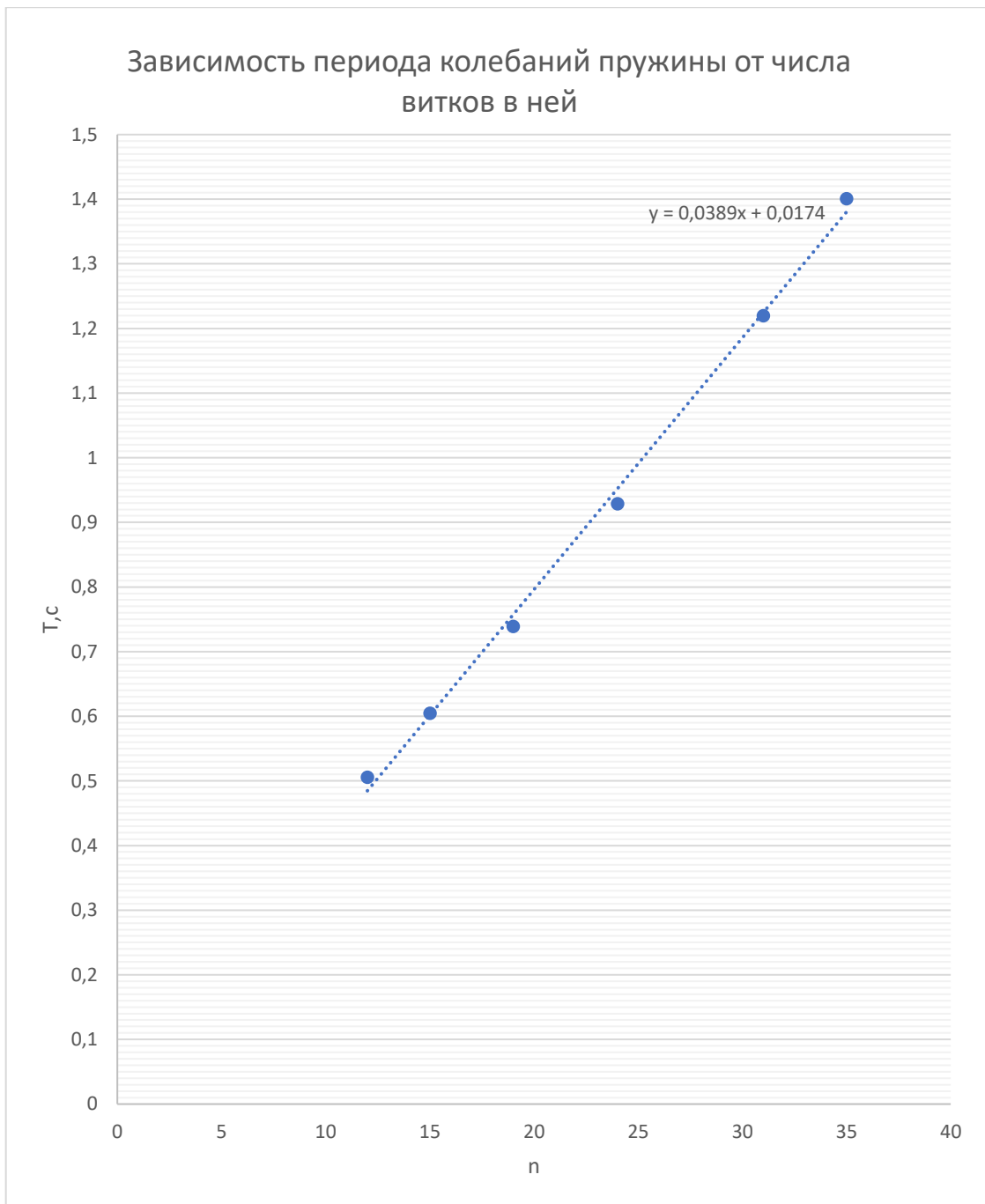
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma n^2}{k_0 \alpha}} = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{k_0 \alpha}} \cdot n. \quad (51)$$

Видно, что период зависит от числа витков линейно:

$$T = B \cdot n, \quad (52)$$

$$\text{где } B = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{k_0 \alpha}}.$$

Построим график зависимости периода от числа витков.



Определим угловой коэффициент пропорциональности:

$$B = \frac{\Delta T}{\Delta n} = 0.04 \text{ c} \quad (53)$$

Найдём формулу для коэффициента пропорциональности

$$\alpha = \frac{4\pi^2 \gamma}{k_0 B^2} \quad (54)$$

Формула для расчета жесткости n витков тяжелой пружины будет:

$$k = \frac{4\pi^2 \gamma}{B^2 n} = \frac{4\pi^2 m_0}{B^2 n n_0} = \frac{19719}{n}, \frac{\text{г}}{\text{с}^2} = \frac{19,7}{n} \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (55)$$

Жесткость всех витков равна:

$$k_{\text{общ}} = \frac{19,7}{n_0} = 0.394 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (56)$$

Второй способ:

Определяем период 50 витков. Из формулы (48) выражаем жесткость.

$$k = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 m \left(\frac{2\pi}{B \cdot n_0} \right)^2 = 0,394 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}$$

Критерии	баллы
На графике 1 проведена оптимальная прямая для определения углового коэффициента	2 балла
Для определения углового коэффициент на прямой взяты две точки на графике	2 балла
Получен численный результат в пределах 10%	2 балла
В пределах 20%	1 балл
Получена формула для жесткости одного витка	2 балла
Записана формула для периода колебаний пружинного маятника	1 балл
Указано, что коэффициент жесткости обратно пропорционален числу витков n - $k = \alpha \frac{k_0}{n}$.	3 балла
Получена формула (51)	2 балла
Построен график $T=f(n)$ 1) Равномерные оси – по 0, 5 балла на ось – 1 балл 2) Указана ед. измерения периода – 1 3) Построен график - 2 4) Построена оптимальная прямая - 1 5) На прямой указаны две точки по которым определялся угловой коэффициент -2 6) Определен правильно угловой коэффициент - 1	8 баллов
Найдена формула для коэффициента пропорциональности (54)	2 балла
Найдена формула для расчета коэффициента жесткости любого числа витков	2 балла

Получен численный результат для всех витков	1 балл
Итого	27 баллов
Второй способ: Определяем период 50 витков. заменяет только последний пункт в первом случае	1 балл
Примечание: если значения находятся в пределах 10% не снижать оценку. Если в пределах 10-20% - снимать два балла Если больше, то значения не засчитывать	

Физика. 10 класс. Вариант 2

1. Ещё немного и шаровая молния (22 балла). Из экспериментов известно, что при достаточно большой величине напряженности электрического поля E , перпендикулярного к свободной поверхности проводящей жидкости с коэффициентом поверхностного натяжения σ , плотностью ρ , последняя становится неустойчивой, и на ней образуется система выступов, с вершин которых начинается сброс избыточного поверхностного заряда с поверхностной плотностью σ_q в виде высокодисперсных сильно заряженных капелек радиуса r .

Оцените во сколько раз изменится радиус капель, если взять жидкость с коэффициентом поверхностного натяжения $\sigma_2 = 1,2\sigma_1$, а величину напряженности поля не изменять.

Известно, что сила поверхностного натяжения пропорциональна длине контура, ограничивающей поверхность: $F = \sigma L$.

Примечание: в конце, после того как получите формулу для радиуса, не забудьте, что величина поверхностной плотности индуцированного заряда пропорциональна напряженности внешнего поля.

Решение:

Предположительно радиус капелек зависит от величина поверхностной плотности индуцированного заряда σ_q , от коэффициента поверхностного натяжения σ , плотности жидкости ρ , напряженности электрического поля.

$$r = f(\sigma_q, \sigma, \rho, E,)$$

$$r = A \sigma_q^\alpha \sigma^\beta \rho^\gamma E^\delta \quad (1)$$

Размерности: поверхностная плотность заряда - $[\sigma_q] = \frac{A \cdot c}{m^2}$; напряженность электрического поля - $[E] = \frac{кг \cdot м}{c^3 A}$; коэффициент поверхностного натяжения $[\sigma] = \frac{кг}{c^2}$, плотность $[\rho] = \frac{кг}{м^3}$; радиус $[r] = м$

Воспользуемся методом размерностей:

$$м = \left(\frac{A \cdot c}{m^2} \right)^\alpha \left(\frac{кг}{c^2} \right)^\beta \left(\frac{кг}{м^3} \right)^\gamma \left(\frac{кг \cdot м}{c^3 A} \right)^\delta. \quad (2)$$

Уравновесим коэффициент при одинаковых размерностях с права и слева формулы (2):

$$\left. \begin{aligned} 1 &= -2\alpha - 3\gamma + \delta \\ 0 &= \alpha - \delta \\ 0 &= \alpha - 2\beta - 3\delta \\ 0 &= \beta + \gamma + \delta \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Решая совместно систему уравнений, получаем, что

$$\delta = \alpha = -1; \quad \beta = 1, \quad \gamma = 0 \quad (4)$$

$$r = A \frac{\sigma}{\sigma_q E}. \quad (5)$$

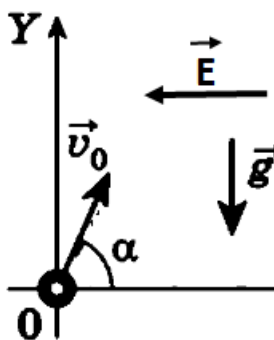
С учетом последнего замечания, что «величина поверхностной плотности индуцированного заряда пропорциональна напряженности внешнего поля» $E \sim \sigma_q$, получим:

$$r = A' \frac{\sigma}{E^2}. \quad (6)$$

Отношение радиусов равно:

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 1,2. \quad (7)$$

Критерии	Баллы
Записано уравнение (1)	2 балла
Указаны размерности величин входящих в уравнение (1)	5 баллов, по 1 баллу за каждую величину
Записано уравнение (2)	2 балла
Составлена система уравнений (3)	4 балла, по 1 баллу за каждое уравнение, входящее в систему
Получены коэффициенты (4)	4 балла, по 1 баллу за каждый степенной коэффициент
Получено обоснованно уравнение (5)	2 балла
Записано уравнение (6)	2 балла
Получено (7)	1 балл
Итого	22 балла



2. Скрещенные поля (16 баллов) Положительно заряженная частица зарядом q и массой m движется в скрещённых гравитационном и электростатическом полях (смотрите рисунок), так что в начальный момент времени направление между скоростью $v_0 = 30 \text{ м/с}$ и горизонтом составляет $\alpha = 45^\circ$. Найдите максимальное отклонение по оси x от первоначального положения частицы при условии, что $\frac{qE}{m} = \frac{\sqrt{2}g}{3}$.

Решение:

Запишем ускорение вдоль оси x

$$a_x = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{\sqrt{2}g}{3} \quad (8)$$

Раз частица положительно заряженная, то она будет притормаживаться вдоль оси x , то есть вектор $\vec{a}_x$ направлен против оси x .

Запишем кинематические уравнения движения:

$$x = v_{0x}t - \frac{a_x t^2}{2} \quad (9)$$

$$v_x = v_{0x} - a_x t \quad (10)$$

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}. \quad (11)$$

$$v_y = v_{0y} - gt. \quad (12)$$

В момент падения на землю координата частицы по оси Y равна нулю, из этого условия найдем время полёта t_1 :

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = 0 \quad (13)$$

$$t_1 = \frac{2v_{0y}}{g}. \quad (14)$$

Максимальное отклонение от начального положения, это либо

$\Delta x_{\max 1} = |x_1 - 0|$, где x_1 координата дальности полёта:

$$x_1 = \frac{2v_{0y}v_{0x}}{g} - \frac{a_x}{2} \left(\frac{2v_{0y}}{g} \right)^2 = \frac{2}{g} (v_{0y})^2 \left(\text{ctg} \alpha - \frac{a_x}{g} \right). \quad (15)$$

Либо максимальное отклонение это $\Delta x_{\max 2} = |x_2 - 0|$, где x_2 — координата в момент времени, когда тело меняет направление движения вдоль оси X . Тело поменяет направление полёта при условии $v_x = 0$:

$$0 = v_{0x} - a_x t_1 \quad (16)$$

Время полёта до изменения направления движения составит:

$$t_2 = \frac{v_{0x}}{a_x} \quad (17)$$

Положение тела в этот момент времени будет:

$$x_2 = \frac{v_{0x}^2}{2a_x}. \quad (18)$$

Подсчитаем дальность полета и координату смены направления:

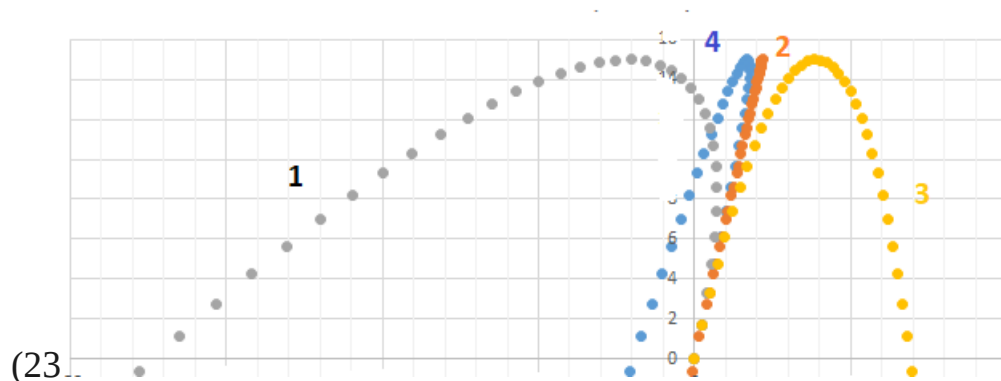
$$x_1 = \frac{2}{g} (v_0^2 \sin^2 \alpha) \left(\operatorname{ctg} \alpha - \frac{\sqrt{2}g}{3g} \right) = 48,54 \text{ м} \quad (19)$$

$$|x_2 - 0| = v_0^2 \cos^2 \alpha \text{ м}$$

$$x_2 = \frac{3v_{0x}^2}{2\sqrt{2}g} = \frac{3v_0^2 \cos^2 \alpha}{2\sqrt{2}g} = \frac{3 \cdot 900 \cdot 0.5}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot 9.8} = 48,70 \text{ м}. \quad (20)$$

Ответ: $\Delta x_{\max 2} = |x_2 - 0| = 48,70 \text{ м}$ – максимальное отклонение

Примечание. В задаче возможны случаи, представленные на рисунке.



Видно, что в зависимости от соотношения между ускорениями координата дальности полёта может быть как положительная, так и отрицательная.

Критерии	Баллы
Указано соотношение (8)	1 балл
Указано, что вектор $\vec{a}_x$ направлен против оси x.	1 балл
Записаны кинематические уравнения 9-11	4 уравнения, по 1 баллу за уравнение
Указано, что максимальное отклонение может быть в двух случаях	2 балла
Найдено время полёта частицы	1 балл
Найдена координата дальности полёта (15)	2 балла

Найдена координата смены направления частицы вдоль оси X (18)	2 балла
Получен численный результаты для двух случаев отклонения от начальной точки	2 балла
Выбран правильный результат	1 балл
Итого	16 баллов

3. Политропа (21 балл). Известно, что для политропических процессов справедливо уравнение $pV^n = \text{const}$. Определите работу одного моля идеального одноатомного газа при увеличении объёма в два раза, если $n=3$ и начальная температура составила $T_1 = 600\text{K}$.

Примечание: политропический процесс – это процесс с постоянной теплоёмкостью. Для него $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$ – показатель политропы, где C – молярная теплоёмкость газа в процессе, C_p и C_v – молярные теплоёмкости газа при постоянном давлении и объёме.

Решение:

Запишем первое начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A, \quad (21)$$

где

$$Q = \nu c \Delta T, \quad (22)$$

$$\Delta U = \nu C_v (T_2 - T_1) \quad (23)$$

$$A = Q - \Delta U = \nu (C - C_v) \Delta T \quad (24)$$

Из показателя политропы выразим молярную теплоёмкость газа:

$$C = \frac{n C_v - C_p}{(n-1)} \quad (25)$$

Для одно атомного газа молярная теплоёмкость при постоянном объёме равна

$$C_v = \frac{3}{2} R, \quad (26)$$

а молярная теплоёмкость при постоянном давлении

$$C_p = \frac{5}{2} R \text{ или } C_p = C_v + R \quad (27)$$

$$C = \frac{3 \frac{3}{2} R - \frac{5}{2} R}{(3-1)} = R. \quad (28)$$

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$PV = \nu RT \quad (29)$$

Выразим давление

$$P = \frac{\nu RT}{V} \quad (30)$$

Подставим уравнение (30) в уравнение политропы $pV^n = \text{const}$

и получим:

$$TV^{n-1} = \text{const} \quad (31)$$

$$\text{Тогда } T_1 V_1^{n-1} = T_2 V_2^{n-1}.$$

Для случая $n=2$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 T_1 = 150 \text{ К.} \quad (32)$$

Найдём изменение температуры:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = -450 \text{ К.} \quad (33)$$

Найдём формулу для расчета работы в данном процессе:

$$A = \nu \left(R - \frac{3}{2} R \right) \Delta T = -\nu \frac{1}{2} R \Delta T \quad (34)$$

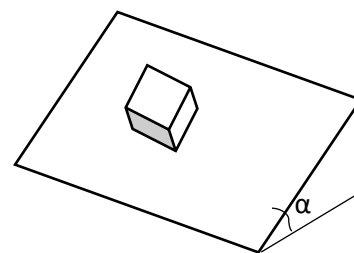
Проведем расчет:

$$A = -8,31 * \frac{1}{2} (-450) = 1869,75 \text{ Дж.} \quad (35)$$

Критерии	Баллы
Записано первое начало термодинамики	1 балл
Записана формула (22)	1 балл
Записана формула (23)	1 балл
Выведена формула для расчета работы	1 балл
Выражена молярная теплоёмкость газа через n : (25)	3 балла
Записаны формулы (26) и (27)	2 балла, по 1 баллу за формулу
Выражена молярная теплоёмкость через газовую постоянную (28)	3 балла
Получено уравнение (31)	4 балла

Найдена температура T_2	1 балл
Выведена формула для работы газа (34)	3 балла
Получен численный результат	1 балл
Итого	21 балл

4. Просто тело (14 баллов). Угол между плоскостью и горизонтом составляет $\alpha = 45^\circ$. На ней расположено тело массой $m=245$ г. Определите с какой минимальной силой надо толкнуть тело, чтобы оно начало двигаться. Коэффициент трения равен $\mu = 0,75$

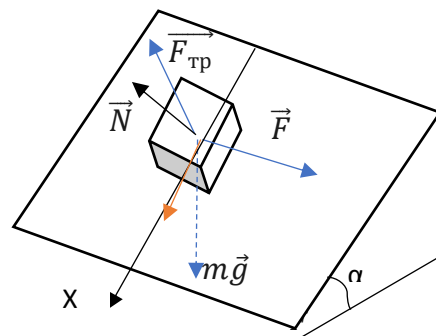


Решение:

На тело действуют силы – сила тяжести $m\vec{g}$, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ и внешняя сила $\vec{F}$, реакция опоры $\vec{N}$

Для того, чтобы тело сдвинулось необходимо,

$$|\vec{F}_{\text{тр}}| \leq |\vec{F} + (m\vec{g})_x| \quad (36)$$



Красным на рисунке обозначена проекция силы тяжести на плоскость, то есть на ось X.

Минимальная сила будет при $F_{\text{тр}}^2 = (m\vec{g})_x^2 + F_{\text{min}}^2$. Минимальная сила будет равна:

$$F_{\text{min}} = \sqrt{(m\vec{g})_x^2 - F_{\text{тр}}^2}. \quad (37)$$

Модуль проекции силы тяжести на ось X равен:

$$|(m\vec{g})_x| = mg \sin \alpha. \quad (38)$$

Модуль силы нормальной реакции, действующей на тело равен:

$$N = mg \cos \alpha. \quad (39)$$

Модуль силы трения:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha. \quad (40)$$

Минимальная сила, с которой надо толкнуть тело равно:

$$F_{\text{min}} = \sqrt{(mg \sin \alpha)^2 - (\mu mg \cos \alpha)^2} = mg \sqrt{(\sin \alpha)^2 - (\mu \cos \alpha)^2} \quad (41)$$

$$F_{\min} = 0,245 * 9,8 \sqrt{(\sin 45)^2 - (0,75 \cos 45)^2} = 1,123 \text{ Н}$$

Критерии	Баллы
Сделан рисунок с указанием всех сил	4 балла
Записано соотношение (36) в виде формулы или словесно	2 балла
Получено выражение для минимальной силы тяжести (37)	2 балла
Записаны уравнения (38)-(40)	3 балла, по 1 баллу за силу
Получена формула (41)	2 балла
Получен результат численный	1 балл
Итого	14 баллов

5. Тяжёлый пружинный маятник (27 баллов). Пружина $m_0 = 80$ г имеет $n_0 = 60$ витков. На графике 1 представлена зависимость длины 10 витков от количества витков, находящихся под ними. Для этой пружины была исследована зависимость периода колебаний пружина от количества витков в ней. В таблице приведены усреднённые данные.

1. Определите жесткость одного витка k_0 .
2. Запишите формулу для расчета жесткости k пружины, содержащей n витков
3. Определите жесткость всей пружины

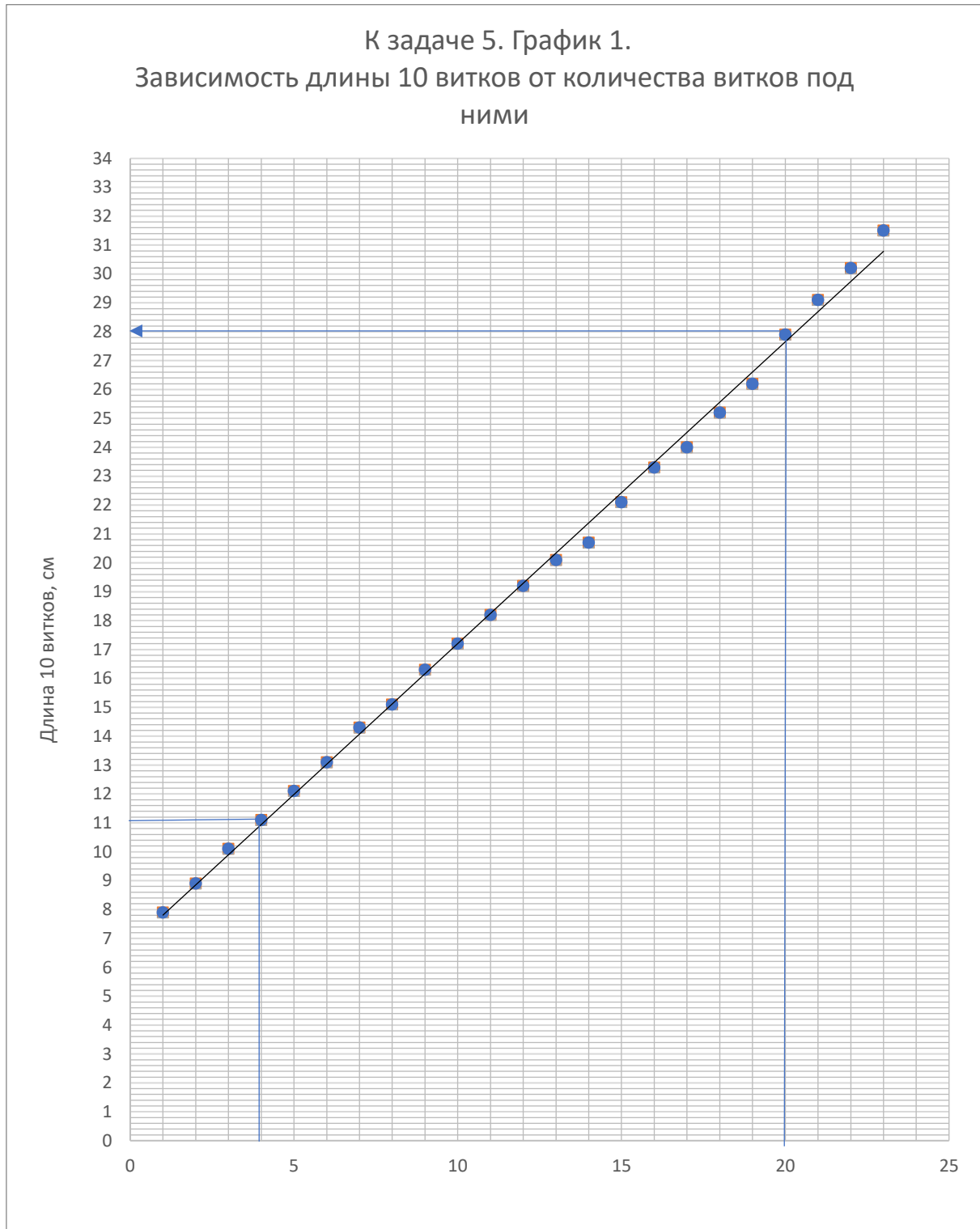
N	T, с
12	0,506
15	0,605
19	0,739
24	0,929
31	1,220
35	1,401

$k_{\text{общ}}$

Для решения задачи проведите все необходимые построения на графике (его необходимо **сдать на проверку**, открепив от заданий).

Для построения графика зависимости периода колебаний пружины от числа витков вам дан лист миллиметровой бумаги (последний лист в комплекте заданий, его необходимо **сдать на проверку**, открепив от заданий).

Решение:.



Масса n витков пружины равна:

$$m = \frac{m_0}{n_0} \cdot n = \gamma n. \quad (42)$$

Запишем закон Гука для исследуемых 10 витков в зависимости от числа витков под ним для двух состояний, при этом к этим 10 виткам можно относиться как к идеальной пружине:

$$k_{10}(l_{n_1} - l_0) = \gamma n_1 g \quad (43)$$

$$k_{10}(l_{n_2} - l_0) = \gamma n_2 g \quad (44)$$

Выразим из уравнений () коэффициент жесткости 10 витков:

$$k_{10} = \frac{n_2 - n_1}{l_{n_2} - l_{n_1}} \gamma g \quad (45)$$

Видно, что $c = \frac{n_2 - n_1}{l_{n_2} - l_{n_1}}$ - это угловой коэффициент графика 1. Определим

его по графику:

$$c = \frac{n_2 - n_1}{l_{n_2} - l_{n_1}} = 106 \text{ м}^{-1}. \quad (46)$$

$$k_{10} = 106 \gamma g = 1,38, \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (47)$$

Жесткость одного витка будет в 10 раз больше:

$$k_0 = 10k_{10} = 1060 \gamma g = 13,8, \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (48)$$

Период колебаний n витков:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad (49)$$

Где масса $m = \gamma n$, а коэффициент жесткости обратно пропорционален числу витков n :

$$k = \alpha \frac{k_0}{n}. \quad (50)$$

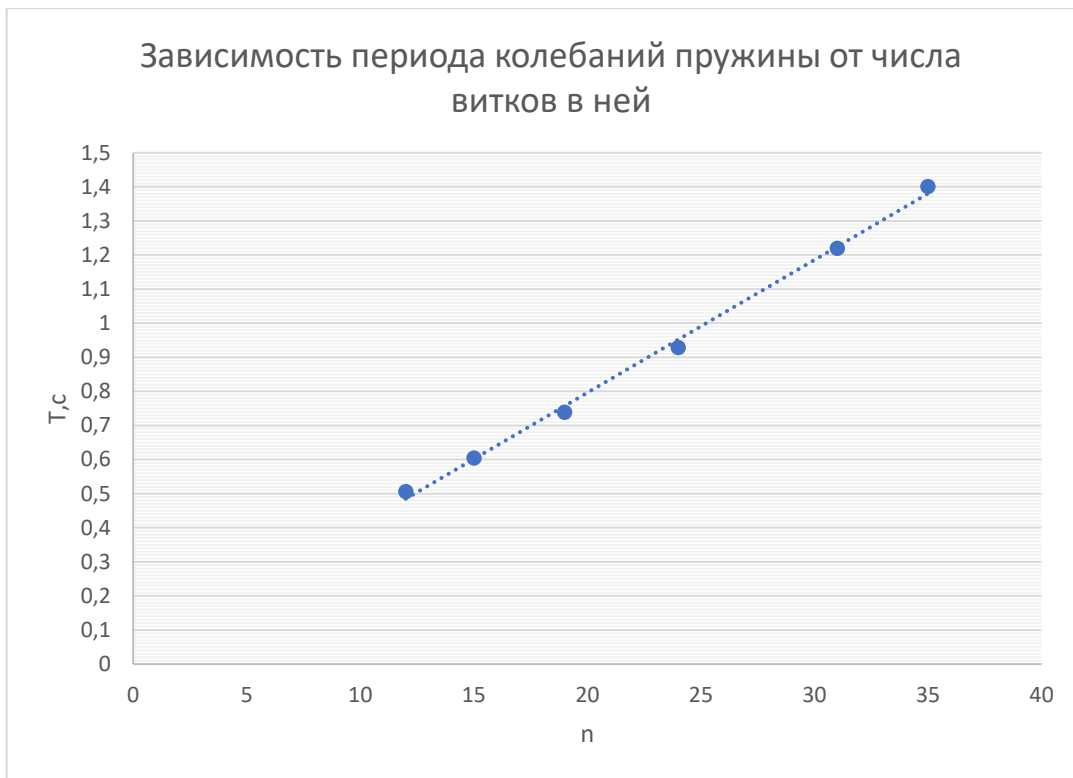
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma n^2}{k_0 \alpha}} = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{k_0 \alpha}} \cdot n. \quad (51)$$

Видно, что период зависит от числа витков линейно:

$$T = B \cdot n, \quad (52)$$

$$\text{где } B = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{k_0 \alpha}}.$$

Построим график зависимости периода от числа витков.



Определим угловой коэффициент пропорциональности:

$$B = \frac{\Delta T}{\Delta n} = 0.04 \text{ с} \quad (53)$$

Найдём формулу для коэффициента пропорциональности

$$\alpha = \frac{4\pi^2 \gamma}{k_0 B^2} \quad (54)$$

Формула для расчета жесткости n витков тяжелой пружины будет:

$$k = \frac{4\pi^2 \gamma}{B^2 n} = \frac{4\pi^2 m_0}{B^2 n n_0} = \frac{19719}{n}, \frac{\text{г}}{\text{с}^2} = \frac{32,87}{n} \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (55)$$

Жесткость всех витков равна:

$$k_{\text{общ}} = \frac{32,87}{n_0} = 0.548 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (56)$$

Второй способ:

Определяем период 50 витков $T=2,40$ с. Из формулы (48) выражаем жесткость.

$$k = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 = m \left(\frac{2\pi}{B \cdot n_0} \right)^2 = 0,548 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}$$

Критерии	Баллы
На графике 1 проведена оптимальная прямая для определения углового коэффициента	2 балла

Для Определения угловой коэффициент на прямой взяты две точки	2 балла
Получен численный результат в пределах 10%	2 балла
В пределах 20%	1 балл
Получена формула для жесткости одного витка	2 балла
Записана формула для периода колебаний пружинного маятника	1 балл
Указано, что коэффициент жесткости обратно пропорционален числу витков $n - k = \alpha \frac{k_0}{n}$.	3 балла
Получена формула (51)	2 балла
Построен график $T=f(n)$ 1) Равномерные оси – по 0, 5 балла на ось – 1 балл 2) Указана ед. измерения периода – 1 3) Построен график - 2 4) Построена оптимальная прямая - 1 5) На прямой указаны две точки по которым определялся угловой коэффициент -2 6) Определен правильно угловой коэффициент - 1	8 баллов
Найдена формула для коэффициента пропорциональности (54)	2 балла
Найдена формула для расчета коэффициента жесткости любого числа витков	2 балла
Получен численный результат для все витков	1 балл
Итого	27 баллов
Второй способ: Определяем период 50 витков. Заменяет только последний пункт в первом случае	1 балл
Примечание: Если значения находятся в пределах 10% не снижать оценку. Если в пределах 10-20% - снимать два балла Если больше, то значения не засчитывать	

Физика. 10 класс. Вариант 3

1. Ещё немного и шаровая молния (22 балла). Из экспериментов известно, что при достаточно большой величине напряженности электрического поля E , перпендикулярного к свободной поверхности проводящей жидкости с коэффициентом поверхностного натяжения σ , плотностью ρ , последняя становится неустойчивой, и на ней образуется система выступов, с вершин которых начинается сброс избыточного поверхностного заряда с поверхностной плотностью σ_q в виде высокодисперсных сильно заряженных капелек радиуса r .

Оцените во сколько раз изменится радиус капель, если известно, что поверхностная плотность σ_q капель увеличилась в 1,5 раза.

Известно, что сила поверхностного натяжения пропорциональна длине контура, ограничивающей поверхность: $F = \sigma L$.

Примечание: в конце, после того как получите формулу для радиуса, не забудьте, что величина поверхностной плотности индуцированного заряда пропорциональна напряженности внешнего поля.

Решение:

Предположительно радиус капелек зависит от величина поверхностной плотности индуцированного заряда σ_q , от коэффициента поверхностного натяжения σ , плотности жидкости ρ , напряженности электрического поля.

$$r = f(\sigma_q, \sigma, \rho, E,)$$

$$r = A \sigma_q^\alpha \sigma^\beta \rho^\gamma E^\delta \quad (1)$$

Размерности: поверхностная плотность заряда $[\sigma_q] = \frac{A \cdot c}{m^2}$; напряженность электрического поля $[E] = \frac{кг \cdot м}{c^3 A}$; коэффициент поверхностного натяжения $[\sigma] = \frac{кг}{c^2}$; плотность $[\rho] = \frac{кг}{м^3}$, радиуса $[r] = м$

Воспользуемся методом размерностей:

$$м = \left(\frac{A \cdot c}{m^2}\right)^\alpha \left(\frac{кг}{c^2}\right)^\beta \left(\frac{кг}{м^3}\right)^\gamma \left(\frac{кг \cdot м}{c^3 A}\right)^\delta. \quad (2)$$

Уравновесим коэффициент при одинаковых размерностях с права и слева формулы (2):

$$\left. \begin{aligned} 1 &= -2\alpha - 3\gamma + \delta \\ 0 &= \alpha - \delta \\ 0 &= \alpha - 2\beta - 3\delta \\ 0 &= \beta + \gamma + \delta \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Решая совместно систему уравнений, получаем, что

$$\delta = \alpha = -1; \quad \beta = 1, \quad \gamma = 0 \quad (4)$$

$$r = A \frac{\sigma}{\sigma_q E}. \quad (5)$$

С учетом последнего замечания, что «величина поверхностной плотности индуцированного заряда пропорциональна напряженности внешнего поля» $E \sim \sigma_q$, получим:

$$r = A' \frac{\sigma}{\sigma_q^2}. \quad (6)$$

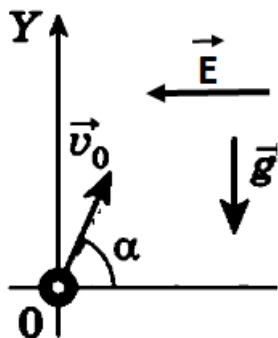
Отношение радиусов равно:

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{\sigma_{q1}^2}{\sigma_{q2}^2} = 0,44 \quad (7)$$

Мы получили интересный результат, который говорит, что надо подумать, что ещё влияет на величину радиуса частицы, но об этом Вы подумаете самостоятельно!!!

Критерии	Баллы
Записано уравнение (1)	2 балла
Указаны размерности величин входящих в уравнение (1)	5 баллов, по 1 баллу за каждую величину
Записано уравнение (2)	2 балла
Составлена система уравнений (3)	4 балла, по 1 баллу за каждое уравнение, входящее в систему
Получены коэффициенты (4)	4 балла, по 1 баллу за каждый степенной коэффициент
Получено обоснованно уравнение (5)	2 балла
Записано уравнение (6)	2 балла
Получено (7)	1 балл
Итого	22 балла

2. Скрещенные поля (16 баллов). Положительно заряженная частица



массой и зарядом движется в скрещённых гравитационном и электростатическом полях (смотри рисунок), так что в начальный момент времени направление между скоростью $v_0 = 40 \text{ м/с}$ и горизонтом составляет $\alpha = 30^\circ$. Найдите максимальное отклонение по оси x от первоначального положения частицы при условии, что $\frac{qE}{m} = \frac{2g}{3}$.

Решение:

Запишем ускорение вдоль оси x

$$a_x = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{\sqrt{2}g}{3} \quad (8)$$

Раз частица положительно заряженная, то она будет притормаживаться вдоль оси x, то есть вектор $\vec{a}_x$ направлен против оси x.

Запишем кинематические уравнения движения:

$$x = v_{0x}t - \frac{a_x t^2}{2} \quad (9)$$

$$v_x = v_{0x} - a_x t \quad (10)$$

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}. \quad (11)$$

$$v_y = v_{0y} - gt. \quad (12)$$

В момент падения на землю координата частицы по оси Y равна нулю, из этого условия найдем время полёта t_1 :

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = 0 \quad (13)$$

$$t_1 = \frac{2v_{0y}}{g} \quad (14).$$

Максимальное отклонение от начального положения, это либо

$\Delta x_{max1} = |x_1 - 0|$ где x_1 максимальная дальность полета равно

$$x_1 = \frac{2v_{0y}v_{0x}}{g} - \frac{a_x}{2} \left(\frac{2v_{0y}}{g} \right)^2 = \frac{2}{g} (v_{0y})^2 \left(ctg\alpha - \frac{a_x}{g} \right). \quad (15)$$

Либо максимальное отклонение это $\Delta x_{max2} = |x_2 - 0|$, где x_2 – координата в момент времени, когда тело меняет направление движения вдоль оси X. Тело поменяет направление полёта при условии:

$$0 = v_{0x} - a_x t_1 \quad (16)$$

Время полёта до изменения направления движения составит:

$$t_2 = \frac{v_{0x}}{a_x} \quad (17)$$

Положение тела в этот момент времени будет:

$$x_2 = \frac{v_{0x}^2}{2a_x}. \quad (18)$$

Подсчитаем дальность полета и координату смены направления:

$$x_1 = \frac{2}{g} (v_0^2 \sin \alpha)^2 \left(ctg\alpha - \frac{2g}{3g} \right) = 86,97 \text{ м} \quad (19)$$

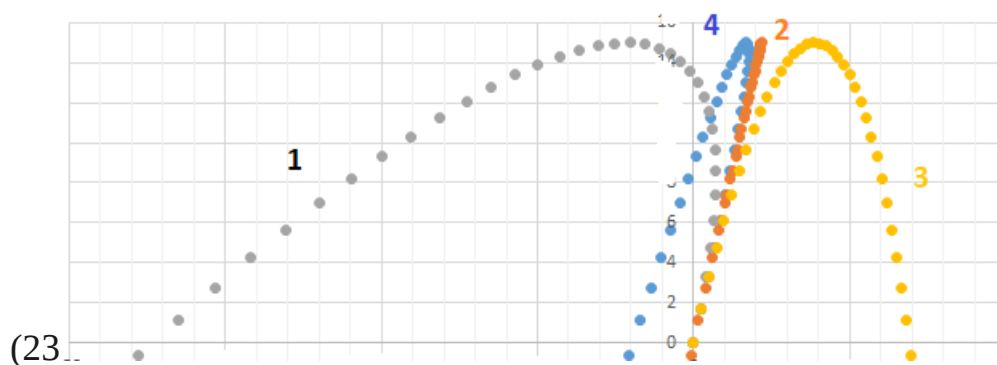
$$\Delta x_{\max 1} = |x_1 - 0| = 86,97$$

$$|x_2 - 0| = x_2 = \frac{3v_0^2 \cos^2 \alpha}{4g} \text{ м}$$

$$x_2 = \frac{3v_0^2 \cos^2 \alpha}{2 \cdot 2g} = \frac{3v_0^2 \cos^2 \alpha}{2 \cdot 2g} = \frac{3 \cdot 1600 \cdot 0.75}{2 \cdot 2 \cdot 9.8} = 91,84 \text{ м.} \quad (20)$$

Ответ: $\Delta x_{\max 2} = |x_2 - 0| = 91,84 \text{ м}$ – максимальное отклонение

Примечание. В задаче возможны случаи, представленные на рисунке.



Видно, что в зависимости от соотношения между ускорениями координата дальности полёта может быть как положительная, так и отрицательная.

Критерии	Баллы
Указано соотношение 8	1 балл
Указано, что вектор $\vec{a}_x$ направлен против оси x.	1 балл
Записаны кинематические уравнения (9)-(11)	4 уравнения, по 1 баллу за уравнение
Указано, что максимальное отклонение может быть в двух случаях	2 балла
Найдено время полёта частицы	1 балл
Найдена координата дальности полёта (15)	2 балла
Найдена координата смены направления частицы вдоль оси X (18)	2 балла
Получен численный результаты для двух случаев отклонения от начальной точки	2 балла
Выбран правильный результат	1 балл
Итого	16 баллов

3. Политропа (21 балл). Известно, что для политропических процессов справедливо уравнение $pV^n = \text{const}$. Определите работу одного моля идеального одноатомного газа при увеличении объёма в два раза, если $n=1/2$ и начальная температура составила $T_1 = 600\text{K}$.

Примечание: политропический процесс – это процесс с постоянной теплоёмкостью. Для него $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$ – показатель политропы, где C – молярная теплоёмкость газа в процессе, C_p и C_v – молярные теплоёмкости газа при постоянном давлении и объёме.

Решение:

Запишем первое начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A, \quad (21)$$

где

$$Q = \nu c \Delta T, \quad (22)$$

$$\Delta U = \nu C_v (T_2 - T_1) \quad (23)$$

$$A = Q - \Delta U = \nu (C - C_v) \Delta T \quad (24)$$

Из показателя политропы выразим молярную теплоёмкость газа:

$$C = \frac{n C_v - C_p}{(n-1)} \quad (25)$$

Для одно атомного газа молярная теплоёмкость при постоянном объёме равна

$$C_v = \frac{3}{2} R, \quad (26)$$

а молярная теплоёмкость при постоянном давлении

$$C_p = \frac{5}{2} R. \quad (27)$$

$$C = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} R - \frac{5}{2} R}{(\frac{1}{2} - 1)} = \frac{7}{2} R. \quad (28)$$

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$pV = \nu RT \quad (29)$$

Выразим давление

$$p = \frac{\nu RT}{V} \quad (30)$$

Подставим уравнение (30) в уравнение политропы

$$pV^n = \text{const}$$

и получим:

$$TV^{n-1} = \text{const} \quad (31)$$

Тогда $T_1 V_1^{n-1} = T_2 V_2^{n-1}$.

Для случая $n = 1/2$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{-1/2} T_1 = 848,5 \text{ К.} \quad (32)$$

Найдём изменение температуры:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 248,5 \text{ К.} \quad (33)$$

Найдём формулу для расчета работы в данном процессе:

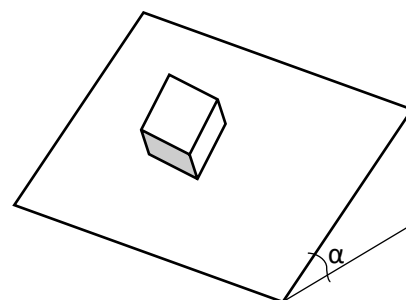
$$A = \nu \left(\frac{7}{2} R - \frac{3}{2} R \right) \Delta T = \nu 2R \Delta T \quad (34)$$

Проведем расчет:

$$A = 8,31 \cdot 2 \cdot 248,5 = 4130,07 \text{ Дж.} \quad (35)$$

Критерии	Баллы
Записано первое начало термодинамики	1 балл
Записана формула (22)	1 балл
Записана формула (23)	1 балл
Выведена формула для расчета работы	1 балл
Выражена молярную теплоёмкость газа через n : (25)	3 балла
Записаны формулы (26) и (27)	2 балла, по 1 баллу за формулу
Выражена молярная теплоёмкость через газовую постоянную (28)	3 балла
Получено уравнение (31)	4 балла
Найдена температура T_2	1 балл
Выведена формула для работы газа (34)	3 балла
Получен численный результат	1 балл
Итого	21 балл

4. Просто тело (14 баллов). Угол между плоскостью и горизонтом составляет $\alpha = 30^\circ$. На ней расположено тело массой $m = 500 \text{ г}$. Определите с какой минимальной силой надо толкнуть тело параллельно горизонтальной плоскости, чтобы оно начало двигаться. Коэффициент трения равен $\mu = 0,4$.



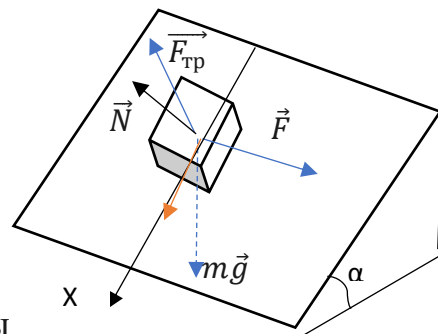
Решение:

На тело действуют силы – сила тяжести $m\vec{g}$, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ и внешняя сила $\vec{F}$, реакция опоры $\vec{N}$.

Для того, чтобы тело сдвинулось необходимо, чтобы

$$|\vec{F}_{\text{тр}}| \leq |\vec{F} + (m\vec{g})_x| \quad (36)$$

Красным на рисунке обозначена проекция силы тяжести на плоскость, то есть на ось X.



Минимальная сила будет при $F_{\text{тр}}^2 = (m\vec{g})_x^2 + F_{\text{min}}^2$. Минимальная сила будет равна:

$$F_{\text{min}} = \sqrt{(m\vec{g})_x^2 - F_{\text{тр}}^2}. \quad (37)$$

Модуль проекции силы тяжести на ось X равен:

$$|(m\vec{g})_x| = mg \sin \alpha. \quad (38)$$

Модуль силы нормальной реакции, действующей на тело равен:

$$N = mg \cos \alpha. \quad (39)$$

Модуль силы трения:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha. \quad (40)$$

Минимальная сила, с которой надо толкнуть тело равно:

$$F_{\text{min}} = \sqrt{(mg \sin \alpha)^2 - (\mu mg \cos \alpha.)^2} = mg \sqrt{(\sin \alpha)^2 - (\mu \cos \alpha.)^2} \quad (41)$$

$$F_{\text{min}} = 0,500 * 9,8 \sqrt{(\sin 30)^2 - (1,5 \cos 30.)^2} = 1,77 \text{ Н}$$

Критерии	Баллы
Сделан рисунок с указанием всех сил	4 балла
Записано соотношение (36) в виде формулы или словесно	2 балла
Получено выражение для минимальной силы тяжести (37)	2 балла
Записаны уравнения (38)-(40)	3 балла, по 1 баллу за силу
Получена формула (41)	2 балла
Получен результат численный	1 балл
Итого	14 баллов

5. Тяжёлый пружинный маятник (27 баллов). Пружина $m_0 = 80$ г имеет $n_0 = 50$ витков. На графике 1 представлена зависимость длины 10 витков от количества витков, находящихся под ними. Для этой пружины была исследована зависимость периода колебаний пружина от количества витков в ней. В таблице приведены усреднённые данные.

1. Определите жесткость одного витка k_0 .
2. Запишите формулу для расчета жесткости k пружины, содержащей n витков
3. Определите жесткость всей пружины $k_{\text{общ}}$

n	$T, \text{с}$
0	0
12	0,65
15	0,82
18	0,96
21	1,1
24	1,22
35	1,62

Для решения задачи проведите все необходимые построения на графике (его необходимо **сдать на проверку**, открепив от заданий).

Для построения графика зависимости периода колебаний пружины от числа витков вам дан лист миллиметровой бумаги (последний лист в комплекте заданий, его необходимо **сдать на проверку**, открепив от заданий).

Решение:

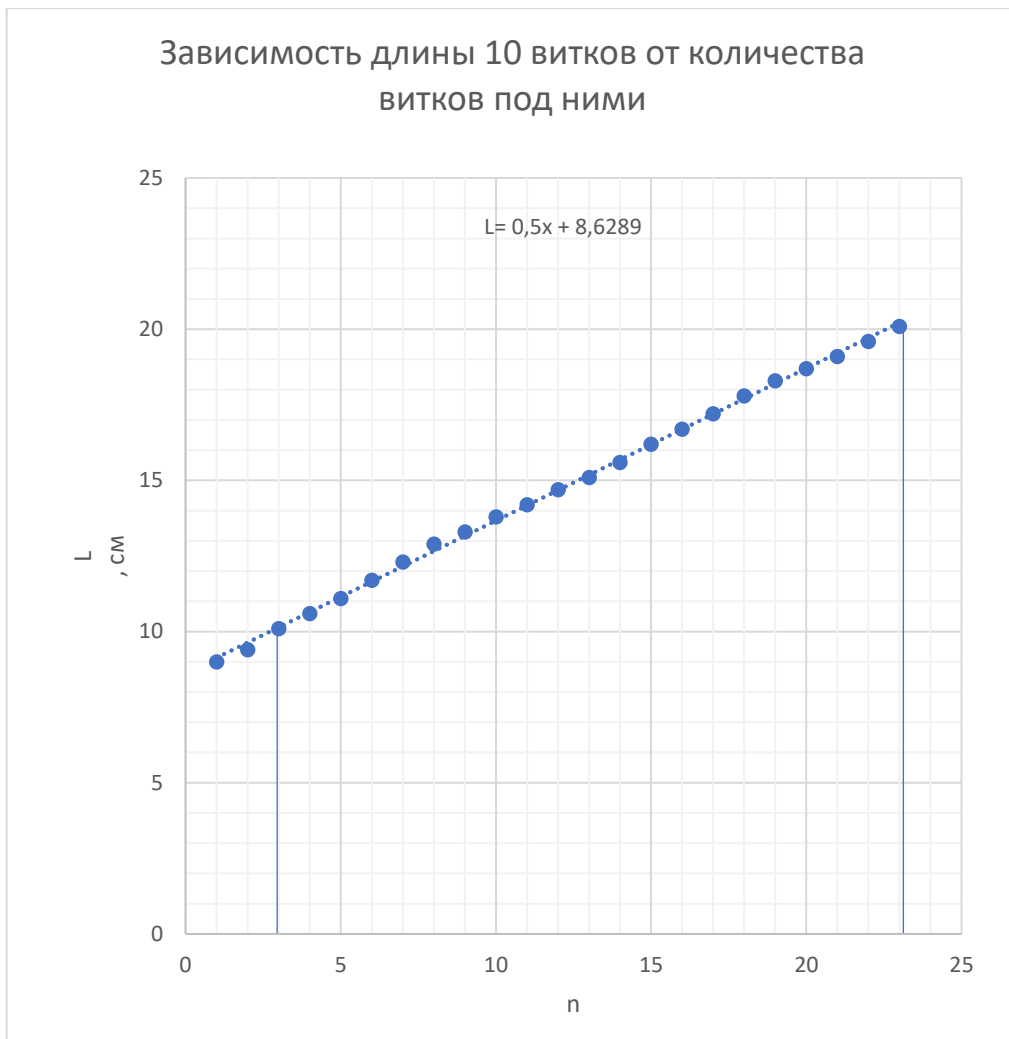
Масса n витков пружины равна:

$$m = \frac{m_0}{n_0} \cdot n = \gamma n. \quad (42)$$

Запишем закон Гука для исследуемых 10 витков в зависимости от числа витков под ним для двух состояний, при этом к этим 10 виткам можно относиться как к идеальной пружине:

$$k_{10}(l_{n_1} - l_0) = \gamma n_1 g \quad (43)$$

$$k_{10}(l_{n_2} - l_0) = \gamma n_2 g \quad (44)$$



Выразим из уравнений (43) и (44) коэффициент жесткости 10 витков:

$$k_{10} = \frac{n_2 - n_1}{l_{n_2} - l_{n_1}} \gamma g \quad (45)$$

Видно, что $c = \frac{n_2 - n_1}{l_{n_2} - l_{n_1}}$. Определим коэффициент С по графику «Зависимость

длины 10 витков от количества витков под ними»:

$$c = \frac{n_2 - n_1}{l_{n_2} - l_{n_1}} = \frac{23 - 3}{0,20 - 0,10} = 200 \text{ м}^{-1}. \quad (46)$$

$$k_{10} = 200 \gamma g = 3,14, \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (47)$$

Жесткость одного витка будет в 10 раз больше:

$$k_0 = 10k_{10} = 2000 \gamma g = 31,4, \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (48)$$

Период колебаний п витков:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad (49)$$

Где масса п витков $m = \gamma n$, а коэффициент жесткости обратно пропорционален числу витков п:

$$k = \alpha \frac{k_0}{n}. \quad (50)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma n^2}{k_0 \alpha}} = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{k_0 \alpha}} \cdot n. \quad (51)$$

Видно, что период зависит от числа витков линейно:

$$T = B \cdot n, \quad (52)$$

$$\text{где } B = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{k_0 \alpha}}.$$

Построим график зависимости периода от числа витков.

Определим угловой коэффициент пропорциональности:

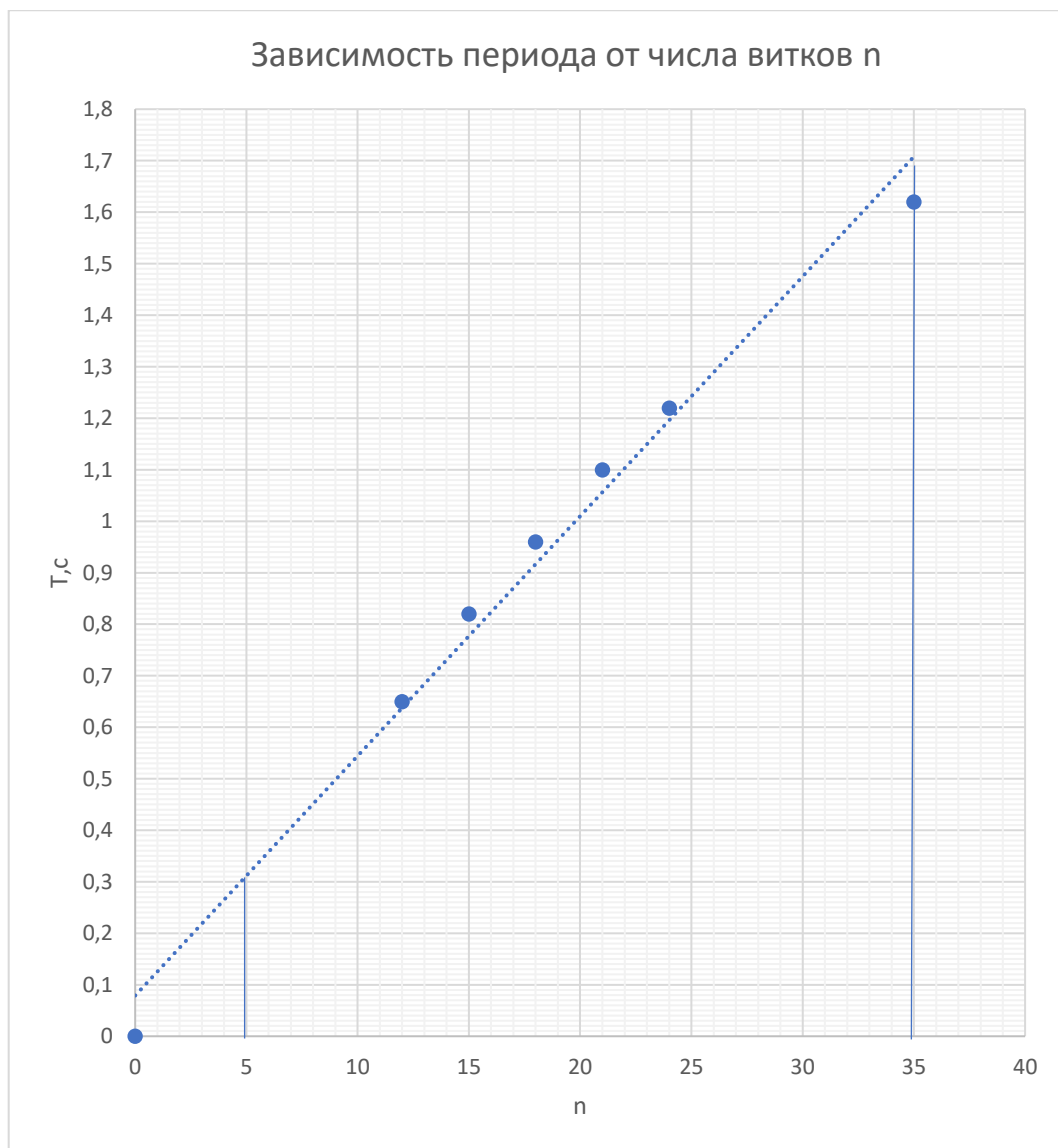
$$B = \frac{\Delta T}{\Delta n} = 0.047 \text{ с} \quad (53)$$

Найдём формулу для коэффициента пропорциональности

$$\alpha = \frac{4\pi^2 \gamma}{k_0 B^2} \quad (54)$$

Формула для расчета жесткости n витков тяжелой пружины будет:

$$k = \frac{4\pi^2 \gamma}{B^2 n} = \frac{4\pi^2 m_0}{B^2 n n_0} = \frac{28,57}{n}, \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (55)$$



Жесткость всех витков равна:

$$k_{\text{общ}} = \frac{28,57}{n_0} = 0,571 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (56)$$

Второй способ:

Определяем период 50 витков $T=2,35$ с. Из формулы (48) выражаем жесткость.

$$k = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 m \left(\frac{2\pi}{B \cdot n_0} \right)^2 = 0,571 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}$$

Критерии	Баллы
На графике 1 проведена оптимальная прямая для определения углового коэффициента	2 балла
Для Определения угловой коэффициент на прямой взяты две точки	2 балла

Получен численный результат в пределах 10%	2 балла
В пределах 20%	1 балл
Получена формула для жесткости одного витка	2 балла
Записана формула для периода колебаний пружинного маятника	1 балл
Указано, что коэффициент жесткости обратно пропорционален числу витков n - $k = \alpha \frac{k_0}{n}$.	3 балла
Получена формула (51)	2 балла
Построен график $T=f(n)$ 1) Равномерные оси – по 0, 5 балла на ось – 1 балл 2) Указана ед. измерения периода – 1 3) Построен график - 2 4) Построена оптимальная прямая - 1 5) На прямой указаны две точки по которым определялся угловой коэффициент -2 6) Определен правильно угловой коэффициент - 1	8 баллов
Найдена формула для коэффициента пропорциональности (54)	2 балла
Найдена формула для расчета коэффициента жесткости любого числа витков	2 балла
Получен численный результат для всех витков	1 балл
Итого	27 баллов
Примечание: Если значения находятся в пределах 10% не снижать оценку. Если в пределах 10-20% - снимать два балла Если больше, то значения не засчитывать	
Второй способ: Определяем период 50 витков. Заменяет только последний пункт в первом случае	1 балл

Физика 10 класс. Вариант 4

1. Ещё немного и шаровая молния (22 балла). Из экспериментов известно, что при достаточно большой величине напряженности электрического поля E , перпендикулярного к свободной поверхности проводящей жидкости с коэффициентом поверхностного натяжения σ , плотностью ρ , последняя становится неустойчивой, и на ней образуется система выступов, с вершин которых начинается сброс избыточного поверхностного заряда с поверхностной плотностью σ_q в виде высокодисперсных сильно заряженных капелек радиуса r . Оцените во сколько раз изменилась поверхностная плотность зарядов на капельках, если их радиус увеличился в 1,1 раза. Известно, что сила поверхностного натяжения пропорциональна длине контура, ограничивающей поверхность: $F = \sigma L$.

Примечание: в конце, после того как получите формулу для радиуса, не забудьте, что величина поверхностной плотности индуцированного заряда пропорциональна напряженности внешнего поля.

Решение:

Предположительно радиус капелек зависит от величина поверхностной плотности индуцированного заряда σ_q , от коэффициента поверхностного натяжения σ , плотности жидкости ρ , напряженности электрического поля.

$$r = f(\sigma_q, \sigma, \rho, E,)$$

$$r = A \sigma_q^\alpha \sigma^\beta \rho^\gamma E^\delta \quad (1)$$

Размерности: поверхностная плотность заряда - $[\sigma_q] = \frac{A \cdot c}{m^2}$; напряженность электрического поля - $[E] = \frac{кг \cdot м}{c^3 A}$; коэффициент поверхностного натяжения - $[\sigma] = \frac{кг}{c^2}$; плотность $[\rho] = \frac{кг}{м^3}$; радиус $[r] = м$

Воспользуемся методом размерностей:

$$м = \left(\frac{A \cdot c}{m^2}\right)^\alpha \left(\frac{кг}{c^2}\right)^\beta \left(\frac{кг}{м^3}\right)^\gamma \left(\frac{кг \cdot м}{c^3 A}\right)^\delta. \quad (2)$$

Уравновесим коэффициент при одинаковых размерностях с права и слева формулы ():

$$\left. \begin{aligned} 1 &= -2\alpha - 3\gamma + \delta \\ 0 &= \alpha - \delta \\ 0 &= \alpha - 2\beta - 3\delta \\ 0 &= \beta + \gamma + \delta \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Решая совместно систему уравнений, получаем, что

$$\delta = \alpha = -1; \beta = 1, \gamma = 0 \quad (4)$$

$$r = A \frac{\sigma}{\sigma_q E}. \quad (5)$$

С учетом последнего замечания, что «величина поверхностной плотности индуцированного заряда пропорциональна напряженности внешнего поля» $E \sim \sigma_q$, получим:

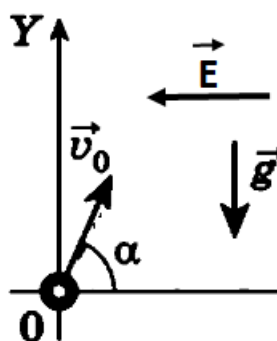
$$r = A' \frac{\sigma}{\sigma_q^2}. \quad (6)$$

Отношение радиусов равно:

$$\frac{\sigma_{2q}}{\sigma_{1q}} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} = 0,95 \quad (7)$$

Критерии	Баллы
Записано уравнение (1)	2 балла
Указаны размерности величин входящих в уравнение (1)	5 баллов, по 1 баллу за каждую величину
Записано уравнение (2)	2 балла
Составлена система уравнений (3)	4 балла, по 1 баллу за каждое уравнение, входящее в систему
Получены коэффициенты (4)	4 балла, по 1 баллу за каждый степенной коэффициент
Получено обоснованно уравнение (5)	2 балла
Записано уравнение (6)	2 балла
Получено (7)	1 балла
Итого	22 балла

2. Скрещенные поля (16 баллов). Положительно заряженная частица



зарядом q и массой m движется в скрещённых гравитационном и электростатическом полях (смотри рисунок), так что в начальный момент времени направление между скоростью $v_0 = 30 \text{ м/с}$ и горизонтом составляет $\alpha = 60^\circ$. Найдите максимальное отклонение по оси x от первоначального положения частицы при условии, что $\frac{qE}{m} = 1,2g$.

Решение:

Запишем ускорение вдоль оси x

$$a_x = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = 1,2g \quad (8)$$

Раз частица положительно заряженная, то она будет притормаживаться вдоль оси x, то есть вектор $\vec{a_x}$ направлен против оси x.

Запишем кинематические уравнения движения:

$$x = v_{0x}t - \frac{a_x t^2}{2} \quad (9)$$

$$v_x = v_{0x} - a_x t \quad (10)$$

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}. \quad (11)$$

$$v_y = v_{0y} - gt. \quad (12)$$

В момент падения на землю координата частицы по оси Y равна нулю, из этого условия найдем время полёта t_1 :

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = 0 \quad (13)$$

$$t_1 = \frac{2v_{0y}}{g} \quad (14).$$

Максимальное отклонение от начального положения это

$\Delta x_{max1} = |x_1 - 0|$ где x_1 максимальная дальность полета равно

$$x_1 = \frac{2v_{0y}v_{0x}}{g} - \frac{a_x}{2} \left(\frac{2v_{0y}}{g} \right)^2 = \frac{2}{g} (v_{0y})^2 \left(ctg\alpha - \frac{a_x}{g} \right). \quad (15)$$

Либо максимальное отклонение это $\Delta x_{max2} = |x_2 - 0|$, где x_2 – координата в момент времени, когда тело меняет направление движения вдоль оси X. Тело поменяет направление полёта при условии:

$$0 = v_{0x} - a_x t_1 \quad (16)$$

Время полёта до изменения направления движения составит:

$$t_2 = \frac{v_{0x}}{a_x} \quad (17)$$

Положение тела в этот момент времени будет:

$$x_2 = \frac{v_{0x}^2}{2a_x}. \quad (18)$$

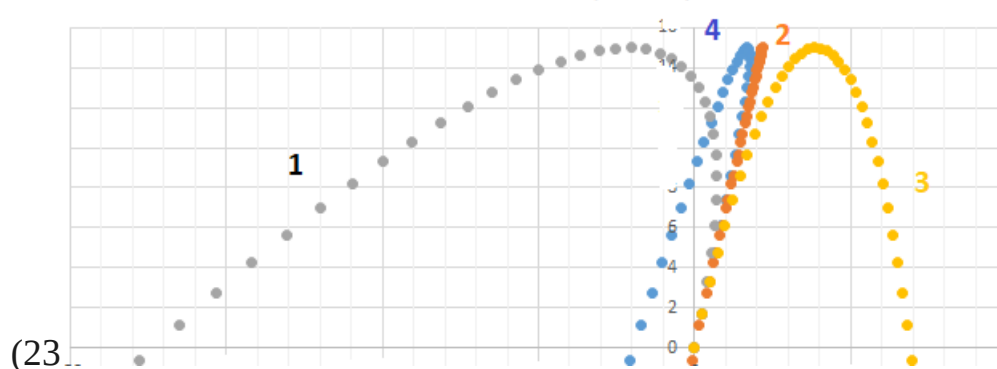
Подсчитаем дальность полета и координату смены направления:

$$x_1 = \frac{2}{g} (v_0^2 \sin \alpha)^2 \left(ctg\alpha - \frac{1,2g}{g} \right) = -85,77 \text{ м} \quad (19)$$

$$|x_2 - 0| = x_2 = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{2 * 1,2g} = 9,57 \text{ м} \quad (20)$$

Ответ: $\Delta x_{max} = |x_1 - 0| = 85,77 \text{ м}$ – максимальное отклонение

Примечание. В задаче возможны случаи, представленные на рисунке.



Видно, что в зависимости от соотношения между ускорениями координата дальности полёта может быть как положительная, так и отрицательная.

Критерии	Баллы
Указано соотношение 8	1 балл
Указано, что вектор $\vec{a}_x$ направлен против оси x.	1 балл
Записаны кинематические уравнения 9-11	4 уравнения, по 1 баллу за уравнение
Указано, что максимальное отклонение может быть в двух случаях	2 балла
Найдено время полёта частицы	1 балл
Найдена координата дальности полёта (15)	2 балла
Найдена координата смены направления частицы вдоль оси X (18)	2 балла
Получен численный результаты для двух случаев отклонения от начальной точки	2 балла
Выбран правильный результат	1 балл
Итого	16 баллов

3. Политропа (21 балл). Известно, что для политропических процессов справедливо уравнение $pV^n = \text{const}$.

Определите работу одного моля идеального одноатомного газа при увеличении объёма в два раза, если $n=1/3$ и начальная температура составила $T_1 = 600\text{K}$.

Примечание: политропический процесс – это процесс с постоянной теплоёмкостью. Для него $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$ – показатель политропы, где C – молярная теплоёмкость газа в процессе, C_p и C_v – молярные теплоёмкости газа при постоянном давлении и объёме.

Решение:

Запишем первое начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A, \quad (21)$$

где

$$Q = \nu c \Delta T, \quad (22)$$

$$\Delta U = \nu C_V (T_2 - T_1) \quad (23)$$

$$A = Q - \Delta U = \nu (C - C_V) \Delta T \quad (24)$$

Из показателя политропы выразим молярную теплоёмкость газа:

$$C = \frac{n C_V - C_p}{(n-1)} \quad (25)$$

Для одно атомного газа молярная теплоёмкость при постоянном объёме равна

$$C_V = \frac{3}{2} R, \quad (26)$$

а молярная теплоёмкость при постоянном давлении

$$C_p = \frac{5}{2} R. \quad (27)$$

$$C = \frac{\frac{1}{3} \cdot \frac{3}{2} R - \frac{5}{2} R}{\left(\frac{1}{3} - 1\right)} = 3R. \quad (28)$$

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$PV = \nu RT \quad (29)$$

Выразим давление

$$P = \frac{\nu RT}{V} \quad (30)$$

Подставим уравнение (31) в уравнение политропы

$$pV^n = \text{const}$$

и получим:

$$TV^{n-1} = \text{const} \quad (31)$$

$$\text{Тогда } T_1 V_1^{n-1} = T_2 V_2^{n-1}.$$

Для случая $n = 1/2$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{-2/3} T_1 = 952,4 \text{ К.} \quad (32)$$

Найдём изменение температуры:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 352,4 \text{ К.} \quad (33)$$

Найдём формулу для расчета работы в данном процессе:

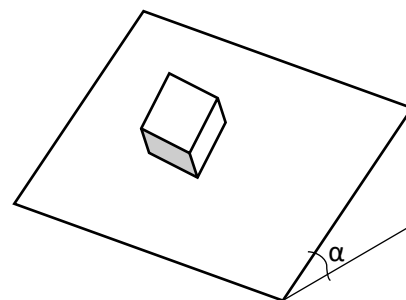
$$A = \nu \left(3R - \frac{3}{2} R \right) \Delta T = \nu \frac{3}{2} R \Delta T \quad (34)$$

Проведем расчет:

$$A = 8,31 * \frac{3}{2} * 352,4 = 4392,7 \text{ Дж.} \quad (35)$$

Критерии	Баллы
Записано первое начало термодинамики	1 балл
Записана формула (22)	1 балл
Записана формула (23)	1 балл
Выведена формула для расчета работы	1 балл
Выражена молярную теплоёмкость газа через n: (25)	3 балла
Записаны формулы (26) и (27)	2 балла, по 1 баллу за формулу
Выражена молярная теплоёмкость через газовую постоянную (28)	3 балла
Получено уравнение (31)	4 балла
Найдена температура T_2	1 балл
Выведена формула для работы газа (34)	3 балла
Получен численный результат	1 балл
Итого	21 балл

4. Просто тело (14 баллов). Угол между плоскостью и горизонтом составляет $\alpha = 60^\circ$. На ней расположено тело массой $m=400$ г. Определите с какой минимальной силой надо толкнуть тело параллельно горизонтальной плоскости, чтобы оно начало двигаться. Коэффициент трения равен $\mu = \sqrt{2}$.



Решение:

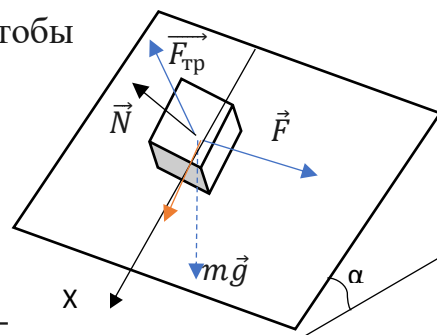
На тело действуют три силы – сила тяжести $m\vec{g}$, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ и внешняя сила. $\vec{F}$, реакция опоры $\vec{N}$.

Для того, чтобы тело сдвинулось необходимо, чтобы

$$|\vec{F}_{\text{тр}}| \leq |\vec{F} + (m\vec{g})_x| \quad (36)$$

Красным на рисунке обозначена проекция силы тяжести на плоскость, то есть на ось X.

Минимальная сила будет при $F_{\text{тр}}^2 = (m\vec{g})_x^2 + F_{\text{min}}^2$. Минимальная сила будет равна:



$$F_{\text{min}} = \sqrt{(m\vec{g})_x^2 - F_{\text{тр}}^2}. \quad (37)$$

Модуль проекции силы тяжести на ось X равен:

$$|(m\vec{g})_x| = mg\sin\alpha. \quad (38)$$

Модуль силы нормальной реакции, действующей на тело равен:

$$N = mg\cos\alpha. \quad (39)$$

Модуль силы трения:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg\cos\alpha. \quad (40)$$

Минимальная сила, с которой надо толкнуть тело равно:

$$F_{\min} = \sqrt{(mg\sin\alpha)^2 - (\mu mg\cos\alpha.)^2} = mg\sqrt{(\sin\alpha)^2 - (\mu\cos\alpha.)^2} \quad (41)$$

$$F_{\min} = 0,400 * 9,8\sqrt{(\sin 60)^2 - (\sqrt{2}\cos 60.)^2} = 1,96 \text{ Н}$$

Критерии	Баллы
Сделан рисунок с указанием всех сил силами	4 балла
Записано соотношение (36) в виде формулы или словесно	2 балла
Получено выражение для минимальной силы тяжести (37)	2 балла
Записаны уравнения (38)-(40)	3 балла, по 1 баллу за силу
Получена формула (41)	2 балла
Получен результат численный	1 балл
Итого	14 баллов

5. Тяжёлый пружинный маятник. Пружина $m_0 = 120$ г имеет $n_0 = 80$ витков. На графике 1 представлена зависимость длины 10 витков от количества витков, находящихся под ними. Для этой пружины была исследована зависимость периода колебаний пружина от количества витков в ней. В таблице приведены усреднённые данные.

1. Определите жесткость одного витка k_0 .
2. Запишите формулу для расчета жесткости k пружины, содержащей n витков
3. Определите жесткость всей пружины $k_{\text{общ}}$

n	T,с
12	0,73
16	0,98
24	1,42
32	1,92
40	2,45
48	2,80
56	3,40

Для решения задачи проведите все необходимые построения на графике (его необходимо **сдать на проверку**, открепив от заданий).

Для построения графика зависимости периода колебаний пружины от числа витков вам дан лист миллиметровой бумаги (последний лист в комплекте заданий, его необходимо **сдать на проверку**, открепив от заданий).

Решение:

Масса n витков пружины равна:

$$m = \frac{m_0}{n_0} \cdot n = \gamma n. \quad (42)$$

Запишем закон Гука для исследуемых 10 витков в зависимости от числа витков под ним для двух состояний, при этом к этим 10 виткам можно относиться как к идеальной пружине:

$$k_{10}(l_{n_1} - l_0) = \gamma n_1 g \quad (43)$$

$$k_{10}(l_{n_2} - l_0) = \gamma n_2 g \quad (44)$$

Выразим из уравнений (43) и (44) коэффициент жесткости 10 витков:

$$k_{10} = \frac{n_2 - n_1}{l_{n_2} - l_{n_1}} \gamma g \quad (45)$$

Видно, что $c = \frac{n_2 - n_1}{l_{n_2} - l_{n_1}}$. Определим коэффициент C используя график

зависимости длины 10 витков от числа витков под ним:

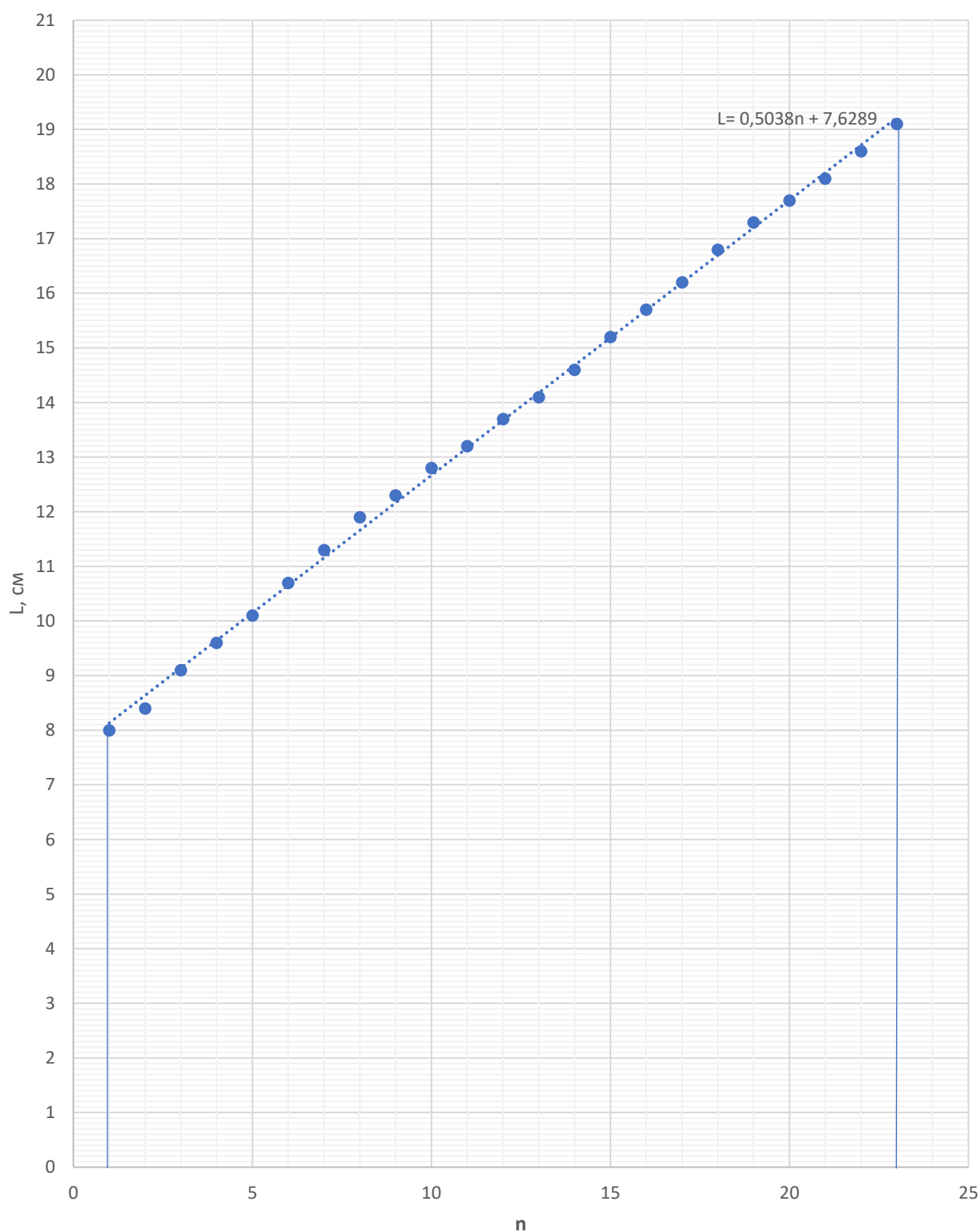
$$c = \frac{n_2 - n_1}{l_{n_2} - l_{n_1}} = \frac{23 - 1}{0,191 - 0,08} = 198 \text{ м}^{-1}. \quad (46)$$

$$k_{10} = 198 \gamma g = 2,91 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2} \cdot \text{к}, \quad (47)$$

Жесткость одного витка будет в 10 раз больше:

$$k_0 = 10k_{10} = 291 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (48)$$

График 1 для задачи 5. Вариант 4. Зависимость длины 10 витков от числа витков под ними



Период колебаний n витков:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad (49)$$

где масса n витков $m = \gamma n$, а коэффициент жесткости обратно пропорционален числу витков n

$$k = \alpha \frac{k_0}{n}. \quad (50)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma n^2}{k_0 \alpha}} = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{k_0 \alpha}} \cdot n. \quad (51)$$

Видно, что период зависит от числа витков линейно:

$$T = B \cdot n, \quad (52)$$

$$\text{где } B = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{k_0 \alpha}}$$

Построим график зависимости периода от числа витков.

Определим угловой коэффициент пропорциональности:

$$B = \frac{\Delta T}{\Delta n} = 0.06 \text{ с} \quad (53)$$

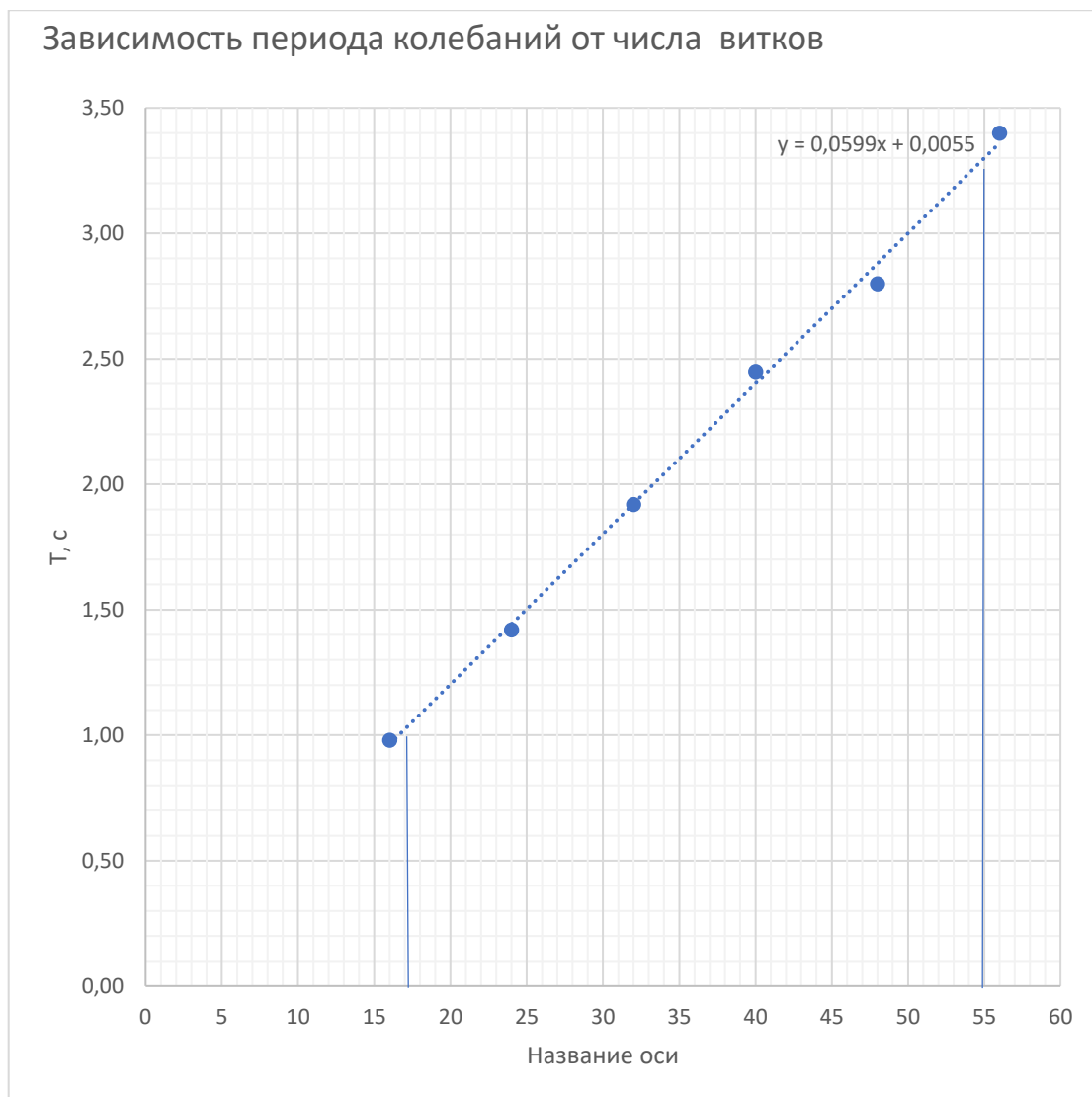
Найдём формулу для коэффициента пропорциональности

$$\alpha = \frac{4\pi^2 \gamma}{k_0 B^2} \quad (54)$$

Формула для расчета жесткости n витков тяжелой пружины будет:

$$k = \frac{4\pi^2 \gamma}{B^2 n} = \frac{4\pi^2 m_0}{B^2 n n_0} = \frac{16,43}{n}, \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (55)$$

Жесткость всех витков равна:



$$k_{\text{общ}} = \frac{28,57}{n_0} = 0,205 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}. \quad (56)$$

Второй способ:

Определяем период 80 витков $T=4,8$ с. Из формулы (48) выражаем жесткость.

$$k = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 m \left(\frac{2\pi}{B \cdot n_0} \right)^2 = 0,205 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}$$

Критерии	Баллы
На графике 1 проведена оптимальная прямая для определения углового коэффициента	2 балла
Для Определения угловой коэффициент на прямой взяты две точки	2 балла
Получен численный результат в пределах 10%	2 балла
В пределах 20%	1 балл
Получена формула для жесткости одного витка	2 балла
Записана формула для периода колебаний пружинного маятника	1 балл

Указано, что коэффициент жесткости обратно пропорционален числу витков n - $k = \alpha \frac{k_0}{n}$.	3 балла
Получена формула (51)	2 балла
Построен график $T=f(n)$ 1) Равномерные оси – по 0, 5 балла на ось – 1 балл 2) Указана ед. измерения периода – 1 3) Построен график - 2 4) Построена оптимальная прямая - 1 5) На прямой указаны две точки по которым определялся угловой коэффициент -2 6) Определен правильно угловой коэффициент - 1	8 баллов
Найдена формула для коэффициента пропорциональности (54)	2 балла
Найдена формула для расчета коэффициента жесткости любого числа витков	2 балла
Получен численный результат для всех витков	1 балл
Итого	27 баллов
Примечание: Если значения находятся в пределах 10% не снижать оценку. Если в пределах 10-20% - снимать два балла Если больше, то значения не засчитывать	
Второй способ: Определяем период 50 витков. заменяет только последний пункт в первом случае	1 балл