

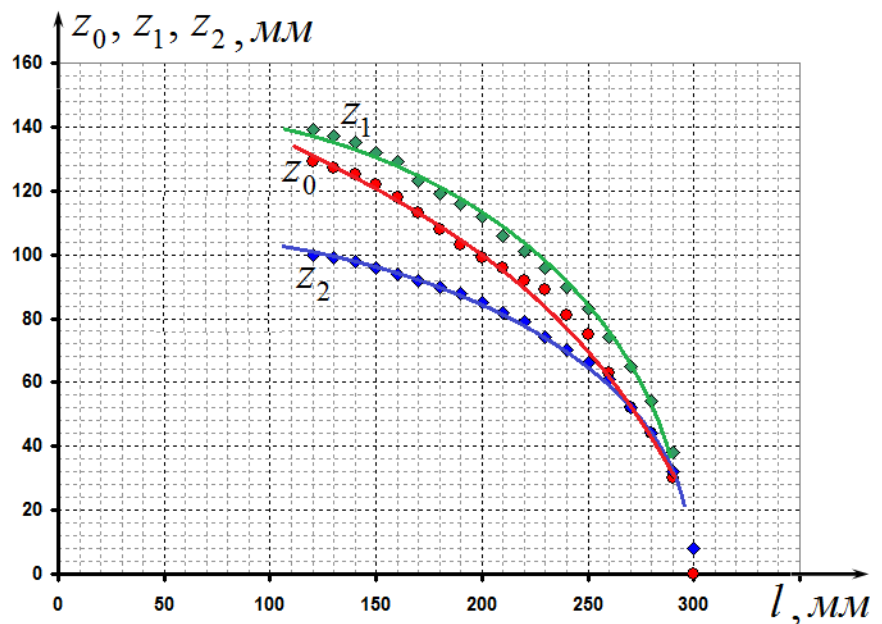
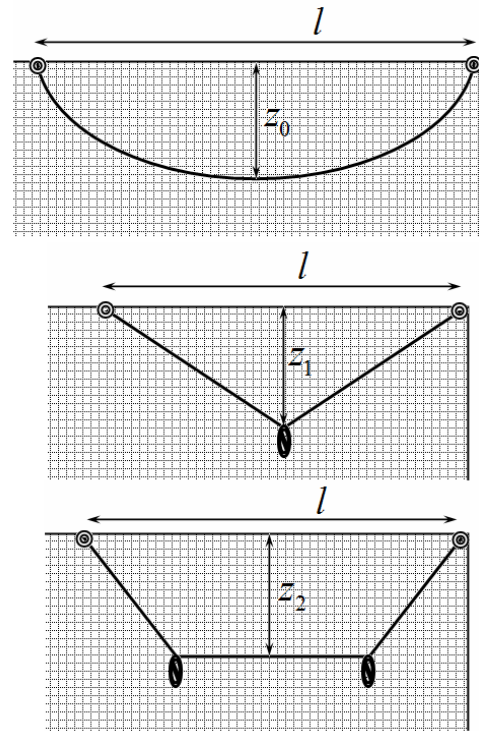
Задача 9-1. Цепная линия, или экспериментальная геометрия.

Часть 1. Прогиб.

1.1-1.3 Результаты измерений указанных величин прогиба z_0, z_1, z_2 в зависимости от расстояния между точками подвеса l приведены в Таблице 1. Полная длина нити в этих измерения равнялась $L = 300\text{ мм}$

Таблица 1.

$l, \text{ мм}$	$z_0, \text{ мм}$	$z_1, \text{ мм}$	$z_2, \text{ мм}$	$z_{2\text{теор}}, \text{ мм}$
300	0	8	8	0,00
290	30	38	32	31,22
280	44	54	44	43,59
270	52	65	52	52,68
260	63	74	61	60,00
250	75	83	66	66,14
240	81	90	70	71,41
230	89	96	74	75,99
220	92	101	79	80,00
210	96	106	82	83,52
200	99	112	85	86,60
190	103	116	88	89,30
180	108	119	90	91,65
170	113	123	92	93,67
160	118	129	94	95,39
150	122	132	96	96,82
140	125	135	98	97,98
130	127	137	99	98,87
120	129	139	100	99,50



Графики полученных зависимостей показаны на рисунке.

Как ни странно на первый взгляд зависимость прогиба с одной гайкой лежит ближе к зависимости прогиба нити без грузов. Хотя при малых прогибах более точное приближение дает модель с двумя грузами.

Теоретическая зависимость $z_2(l)$ находится с помощью теоремы Пифагора

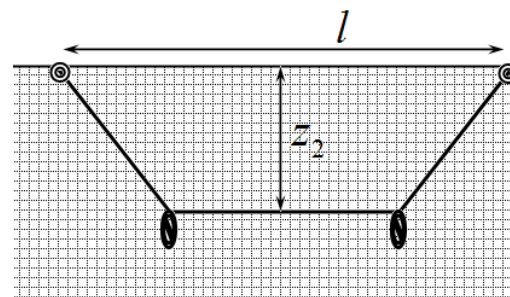
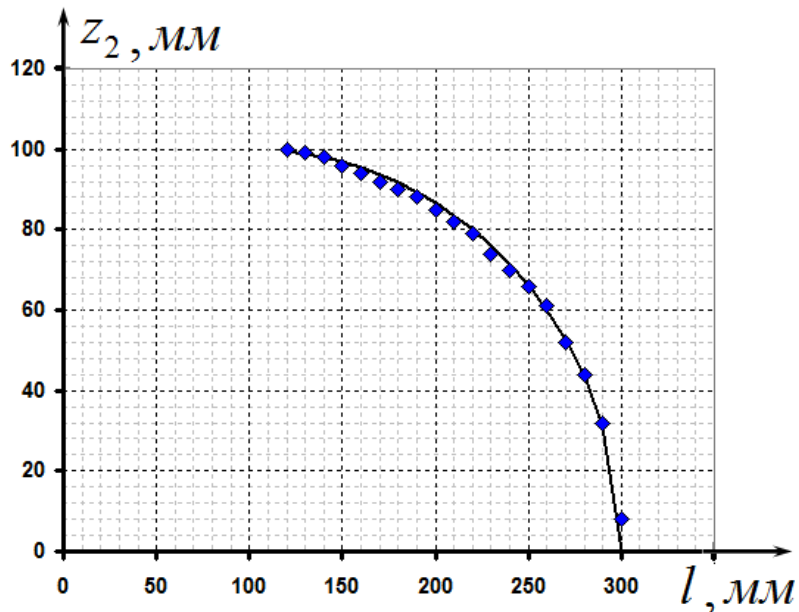
$$z_2 = \sqrt{\left(\frac{L}{3}\right)^2 - \frac{1}{4}\left(l - \frac{L}{3}\right)^2} \quad (1)$$

Результаты расчетов по этой формуле приведены в последнем столбце Таблицы 1.

На следующем рисунке показано сравнение теоретической (сплошная линия) и экспериментальных (ромбики) зависимостей (от учеников не требуется!).

Видно хорошее соответствие между этими зависимостями.

Таким образом, теорема Пифагора доказана экспериментально!

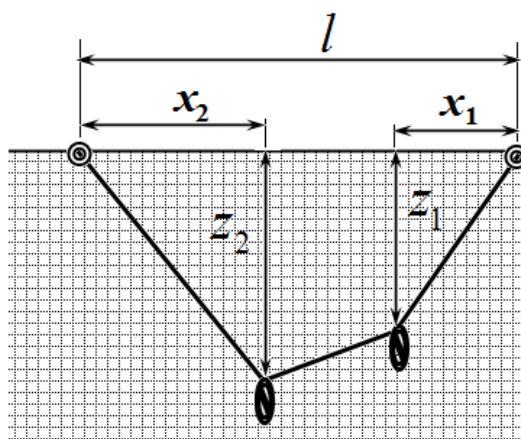


Часть 2. Положение равновесия.

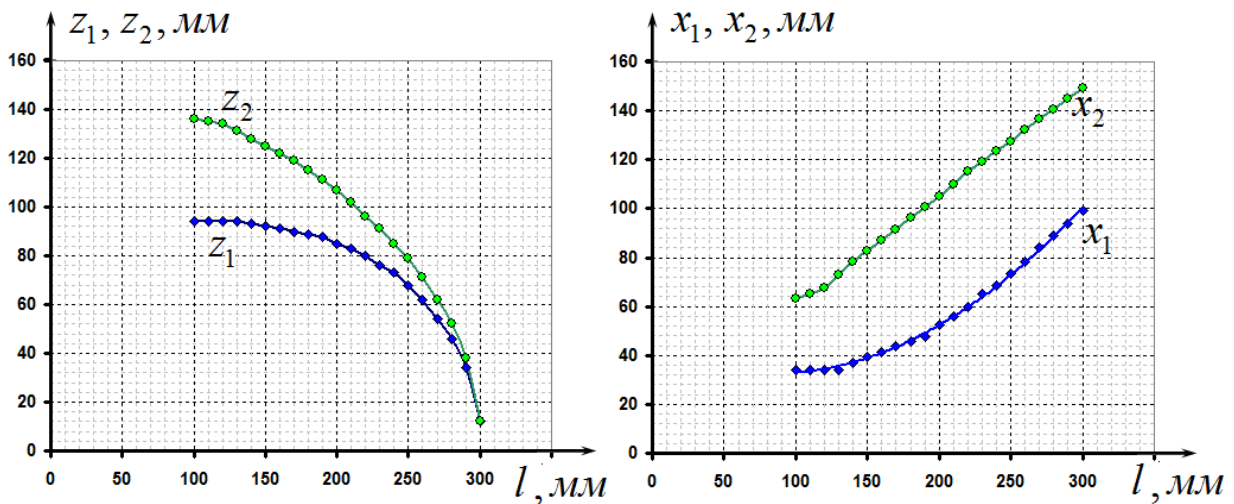
Результаты измерений параметров нити приведены в таблице 2.

Таблица 2.

$l, \text{ мм}$	$z_1, \text{ мм}$	$z_2, \text{ мм}$	$x_1, \text{ мм}$	$x_2, \text{ мм}$
300	12	12	99	150
290	34	38	94	145
280	46	52	89	141
270	54	62	84	137
260	62	71	78	132
250	68	79	73	128
240	73	85	68	124
230	76	91	65	119
220	80	96	60	115
210	83	102	56	110
200	85	107	53	105
190	88	111	47	101
180	89	115	46	96
170	90	119	44	91
160	91	122	41	87
150	92	125	39	83
140	93	128	37	78
130	94	131	34	73
120	94	134	34	67



Графики эти зависимостей показаны на рисунке.



Проверку выполнения условий равновесия можно проводить различными способами.

Условия равновесия гаек имеют вид

$$T_1 \cos \alpha_1 - T_2 \cos \alpha_2 = mg$$

$$T_3 \cos \alpha_3 + T_2 \cos \alpha_2 = mg$$

$$T_1 \sin \alpha_1 = T_2 \sin \alpha_2$$

$$T_3 \sin \alpha_3 = T_2 \sin \alpha_2$$

Из двух последних равенств выразим

$$T_1 = T_2 \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1}, \quad T_3 = T_2 \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_3}$$

И подставим в выражение (которое следует из первых двух уравнений системы(2))

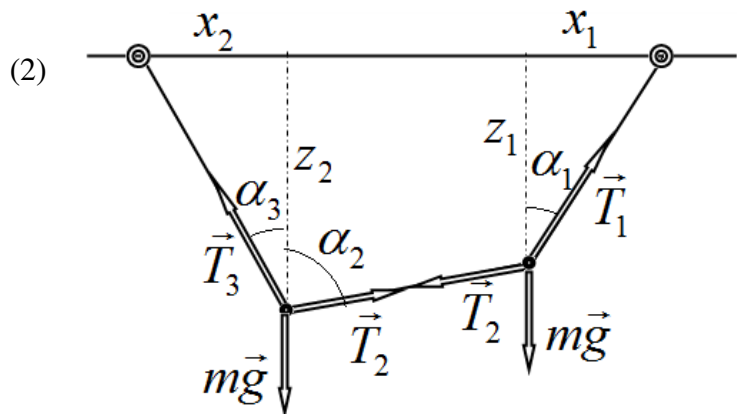
$$T_1 \cos \alpha_1 - T_2 \cos \alpha_2 = T_3 \cos \alpha_3 + T_2 \cos \alpha_2$$

В результате получим формулу

$$\frac{\cos \alpha_1}{\sin \alpha_1} - \frac{\cos \alpha_3}{\sin \alpha_3} = 2 \frac{\cos \alpha_2}{\sin \alpha_2}, \quad (3)$$

Которая допускает простую экспериментальную проверку, если ее представить в виде

$$\frac{z_1}{x_1} - \frac{z_2}{x_2} = 2 \frac{z_2 - z_1}{l - x_1 - x_2}. \quad (4)$$



Задача 9-2. Подъемный механизм – винт.

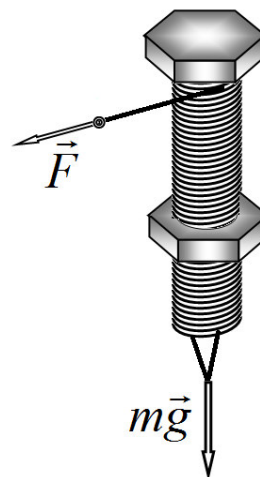
Часть 1. Почти теоретическая.

За один оборот винта нить размотается на величину $L = \pi D$ (где $D = 5,0 \text{ мм}$), при этом груз поднимется на высоту, равную шагу винта $h = 0,8 \text{ мм}$. Используя «золотое правило механики», запишем

$$F \cdot \pi D = mg \cdot h \quad (1)$$

Из этого выражение следует, что максимально возможный выигрыш в силе равен

$$K = \frac{mg}{F} = \frac{\pi D}{h} \approx 20 \quad (2)$$



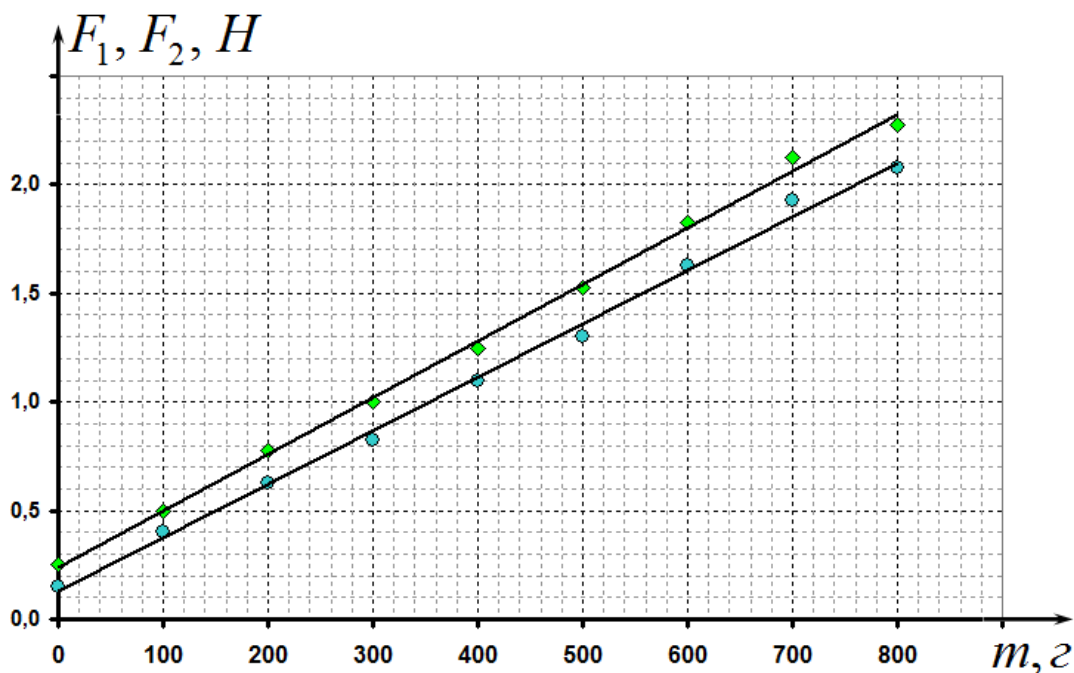
Часть 2. Почти экспериментальная.

Результаты измерений зависимости сил (F_1 - при подъеме, F_2 - при опускании) от массы подвешенного груза приведены в таблице 1.

Таблица 1.

$m, \text{г}$	$F_1, \text{Н}$	$F_2, \text{Н}$	$\frac{1}{2}(F_1 + F_2), \text{Н}$
0	0,250	0,150	0,200
100	0,500	0,400	0,450
200	0,775	0,625	0,700
300	1,000	0,825	0,913
400	1,250	1,100	1,175
500	1,525	1,300	1,413
600	1,825	1,625	1,725
700	2,125	1,925	2,025
800	2,275	2,075	2,175

Графики полученных зависимостей показаны на рисунке.



Полученные зависимости являются практически линейными, но мало отличающимися друг от друга, что свидетельствует о существенной роли силы трения между болтом и гайкой.

Для расчета коэффициента трения необходимо провести теоретическое описание процесса подъема и опускания. Движение резьбы болта по резьбе гайки подобно движению груза по наклонной плоскости.

Из рисунка следует, что действующие на болт (при его подъеме) силы равны

$$N = mg \cos \alpha + F \sin \alpha$$

$$F_{mp} = \mu(mg \cos \alpha + F \sin \alpha)$$

При равномерном движении должно выполняться равенство сил, которое в проекции на горизонтальную ось имеет вид

$$F = F_{mp} \cos \alpha + N \sin \alpha = \mu(mg \cos \alpha + F \sin \alpha) \cos \alpha + (mg \cos \alpha + F \sin \alpha) \sin \alpha. \quad (3)$$

Учитывая, что угол $\alpha \approx \frac{h}{\pi D} \approx 0,05$ мал, решение уравнения (3) можно записать в приближенном виде

$$F_1 = \mu(mg + mg \sin \alpha) \quad (4)$$

Аналогичное рассмотрение сил при опускании груза приводит к формуле

$$F_2 = \mu(mg - mg \sin \alpha) \quad (5)$$

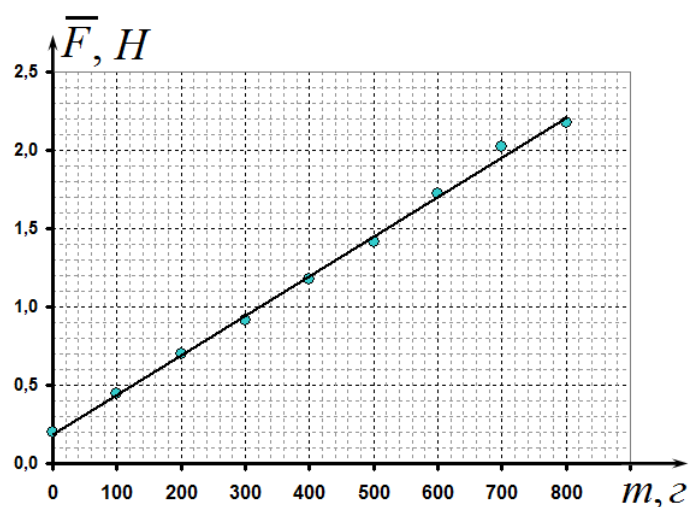
Для определения коэффициента трения можно построить зависимость полусуммы сил от массы подвешенного груза

$$\frac{F_1 + F_2}{2} = \mu mg \quad (6)$$

График этой зависимости показан на рисунке. Коэффициент наклона графика равен $a \approx 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{H}{г} = 2,5 \frac{H}{кг}$.

Из формулы (6) следует, что его теоретическое значение равно μg , поэтому значение коэффициента трения оказывается равным

$$\mu g = a \Rightarrow \mu = \frac{a}{g} \approx 0,25$$



КПД данного устройства разумно определить, как отношение работы по подъему груза за один оборот винта $A_{пол} = mgh$ к совершенной работе $A_0 = \pi D F_1$

$$\eta = \frac{A_{пол}}{A_0} = \frac{mgh}{\pi D F_1}. \quad (7)$$

Нами построен график зависимости $F_1(m)$. Его коэффициент наклона равен $a_1 \approx 2,6 \cdot 10^{-3} \frac{H}{г} = 2,6 \frac{H}{кг}$. Следовательно, среднее значение КПД подъемного механизма равно

$$\eta = \frac{A_{пол}}{A_0} = \frac{gh}{\pi D a_1} \approx 0,20 \quad (8)$$

Задача 10-1. Электронный термометр

1.1. Зависимость показаний электронного термометра от времени при нагреве. Глубина погружения термометра в воду $h=11\text{ см}$.

$\tau, \text{ с}$	$t_{\text{эл}}, \text{ }^\circ\text{C}$
0	23,7
4,87	31,7
8,83	36,8
12,1	39,6
17,4	41,4
20,8	42,3
26,5	43,0
33,8	43,5

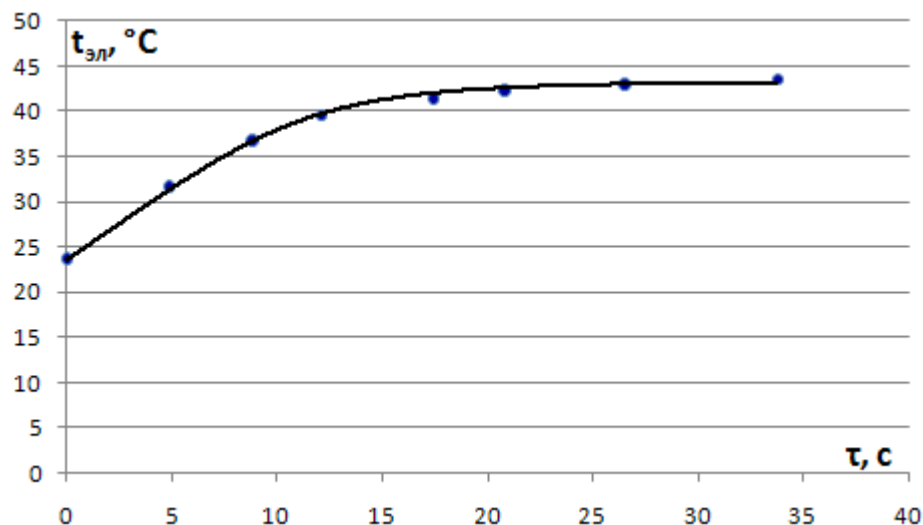


График зависимости показания электронного термометра от времени при измерении температуры тёплой воды $t_3(\tau)$.

1.2. Зависимость показаний электронного термометра от времени при охлаждении термометра в воздухе до околокомнатной температуры $t_3(\tau)$.

$\tau, \text{ с}$	$t_{\text{эл}}, \text{ }^\circ\text{C}$
0	41,6
11,8	34,1
16,8	32,2
22,5	30,8
27,7	30,0
34,3	29,1
46,3	27,9
62,5	26,8
83,7	25,6
113	24,6
157	23,8

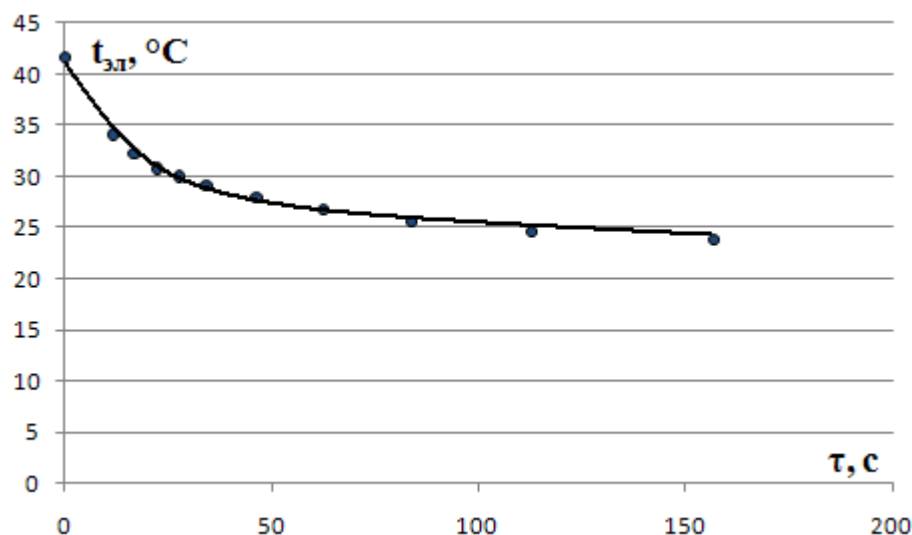


График зависимости показаний электронного термометра от времени при охлаждении термометра в воздухе до околокомнатной температуры $t_3(\tau)$.

1.3. Мощность теплоотдачи термометра с одной стороны можно определить

$$P = - \frac{Q_{21}}{\Delta\tau_{21}} = - \frac{C\Delta t_{21}}{\Delta\tau_{21}} \quad (1)$$

Где Q_{21} – количество теплоты, отдаваемое электронным термометром за промежуток времени между двумя «соседними» показаниями, C – теплоёмкость термометра, Δt_{21} – разность двух «соседних» показаний термометра,

$\Delta\tau_{21} = \tau_2 - \tau_1$ – промежуток времени между двумя «соседними» показаниями термометра.

С другой стороны при охлаждении тела мощность теплоотдачи прямо пропорциональна разности температур тела и окружающей среды $\Delta t_{\tau/ср}$

$$P = -\beta \Delta t_{\tau/ср} \quad (2).$$

Где β – коэффициент теплоотдачи.

Приравнивая правые части (1) и (2) получим:

$$\frac{\Delta t_{21}}{\Delta\tau_{21}} = \frac{\beta}{C} \Delta t_{\tau/ср} \quad (3).$$

То есть $\frac{\Delta t_{21}}{\Delta\tau_{21}}$ прямо пропорциональна $\Delta t_{\tau/ср}$.

Построив график зависимости $\frac{\Delta t_{21}}{\Delta\tau_{21}} (\Delta t_{\tau/ср})$, определим интервалы температур, в которых

мощность теплоотдачи электронного термометра при охлаждении пропорциональна разности показаний электронного термометра и температуры окружающей среды.

Разность температур термометра и окружающего воздуха определим как

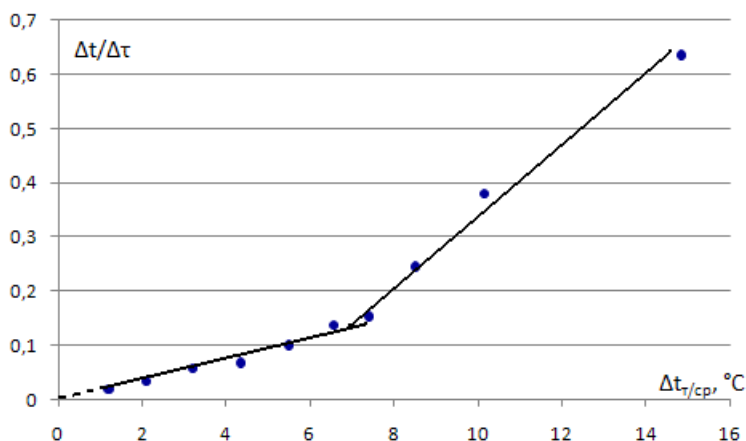
$$\Delta t_{\tau/ср} = \frac{t_2 + t_1}{2} - t_{ср} \quad (4).$$

Отношение $\frac{\Delta t_{21}}{\Delta\tau_{21}}$ определим

$$\frac{\Delta t_{21}}{\Delta\tau_{21}} = \frac{t_1 - t_2}{\tau_2 - \tau_1} \quad (5).$$

Перед экспериментом термометр был погружен в теплую воду на $h=7,5\text{см}$ и на нём установились показания $41,6^\circ\text{C}$. Температура окружающего воздуха во время эксперимента $t_{ср}=23,0^\circ\text{C}$.

$\tau, \text{с}$	$t_{эл}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{\tau/ср}, ^\circ\text{C}$	$\frac{\Delta t_{21}}{\Delta\tau_{21}}$
0	41,6		
11,8	34,1	14,9	0,636
16,8	32,2	10,2	0,380
22,5	30,8	8,5	0,246
27,7	30,0	7,4	0,154
34,3	29,1	6,6	0,136
46,3	27,9	5,5	0,100
62,5	26,8	4,4	0,068
83,7	25,6	3,2	0,057
113	24,6	2,1	0,034
157	23,8	1,2	0,018

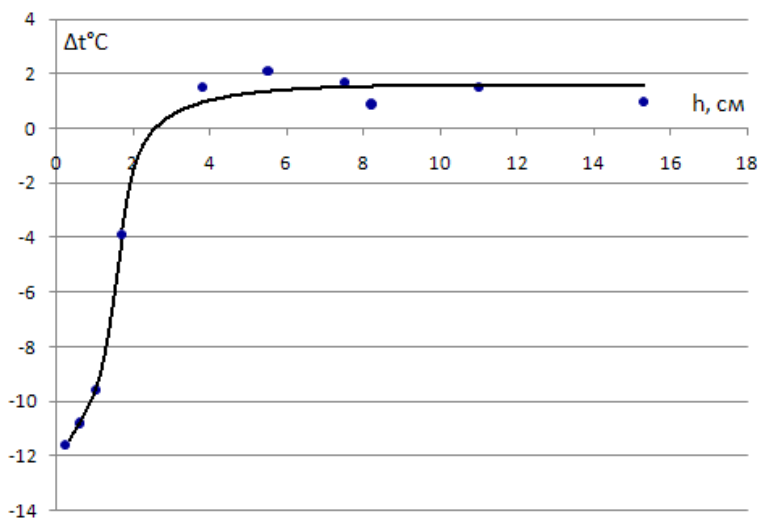


Данный график имеет излом в области разности показаний термометра и температуры окружающего воздуха $6 - 8^\circ\text{C}$. Это свидетельствует о том, что коэффициент теплоотдачи термометра не остаётся постоянным в процессе его охлаждения. Прямая

пропорциональность мощности теплоотдачи электронного термометра разности его показаний и температуры окружающей среды наблюдается лишь при $\Delta t_{T/cp} = 0 \div 8^\circ\text{C}$.

2.1. Исследование зависимости разности окончательных показаний электронного и спиртового термометров при измерении температуры тёплой воды от глубины погружения электронного термометра.

t, эл, °C	t, сп, °C на одном уровне с электронным термометром	t, сп, °C в центре жидкости	h, см	$\Delta t^\circ\text{C}$
45,0	44,0	44,0	15,3	1,0
43,5	42,0	42,0	11	1,5
43,9	43,0	43,0	8,2	0,9
43,2	41,5	41,5	7,5	1,7
45,1	43,0	43,0	5,5	2,1
44,5	43,0	43,0	3,8	1,5
39,6	43,5	43,5	1,7	-3,9
32,4	42,0	42,0	1,0	-9,6
31,7	42,5	43,5	0,6	-10,8
29,4	41,0	43,0	0,2	-11,6



При погружении термометров жидкость на глубину более 4см электронный термометр показывает значения температуры на 1 – 2°C больше чем спиртовой термометр. При погружении «носика» термометра в верхний слой жидкости и электронный и спиртовой термометры показывают значения температуры меньше чем в центре жидкости, однако у электронного термометра эти

различия гораздо существеннее и наблюдаются в значительно большей толщине верхнего слоя.

3.1. При использовании электронного термометра необходимо принимать во внимание следующее:

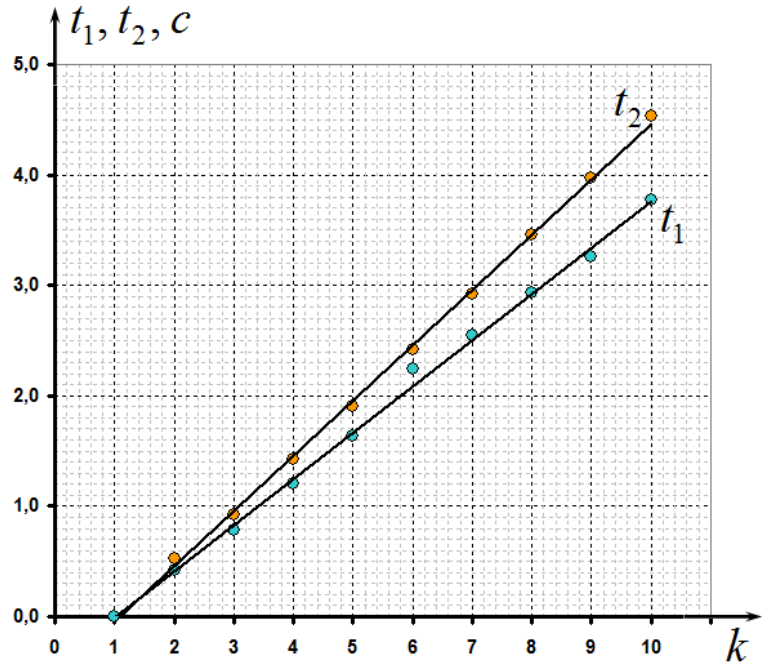
- при измерении температуры жидкости термометр должен погружаться на глубину не менее 4см,
- время ожидания для установления показаний термометра должно составлять порядка 50с.

Задача 10-2. Капельница

1.1 Результаты измерений времен отрыва последовательно образующихся капель $t_1(k)$ растворителя в воде и $t_2(k)$ - воды в растворителе приведены в Таблице 1. Рядом приведены графики полученных зависимостей.

Таблица 1.

k	$t_1(k), c$	$t_2(k), c$
1	0,00	0,00
2	0,52	0,42
3	0,92	0,78
4	1,42	1,20
5	1,91	1,63
6	2,42	2,24
7	2,92	2,55
8	3,46	2,93
9	3,97	3,26
10	4,53	3,77



1.2 Из полученных зависимостей следует, что среднее время образования капли растворителя (поднимающегося вверх) равно $\tau_1 = 0,50c$, а среднее время образования капли воды (опускающейся вниз) равно $\tau_2 = 0,42c$. Так как объемы перетекающих жидкостей в единицу времени одинаковы, то отношение объемов капель равно отношению времен их образования

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\tau_1}{\tau_2} \approx 1,2 \quad (1)$$

1.3 Отношение вязкостей жидкости можно найти по отношению скоростей их движения. Для каждой капли при ее равномерном движении справедливо уравнение

$$6\pi\eta Rv = |mg - F_A| = \frac{4}{3}\pi R^3(\rho_1 - \rho_2)g \quad (2)$$

Из этого выражения следует, что отношение вязкостей может быть рассчитано по формуле

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 \frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\frac{2}{3}} \frac{v_2}{v_1} \quad (3)$$

Таким образом, для определения отношения вязкостей необходимо измерить скорости движения капель. В результате измерений получены значения $v_1 \approx 13,6 \frac{cM}{c}$, $v_2 \approx 9,8 \frac{cM}{c}$.

Следовательно, отношение вязкостей жидкостей (растворителя к воде) равно

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\frac{2}{3}} \frac{v_2}{v_1} = (1,2)^{\frac{2}{3}} \frac{13,6}{9,8} \approx 1,6 \quad (4)$$

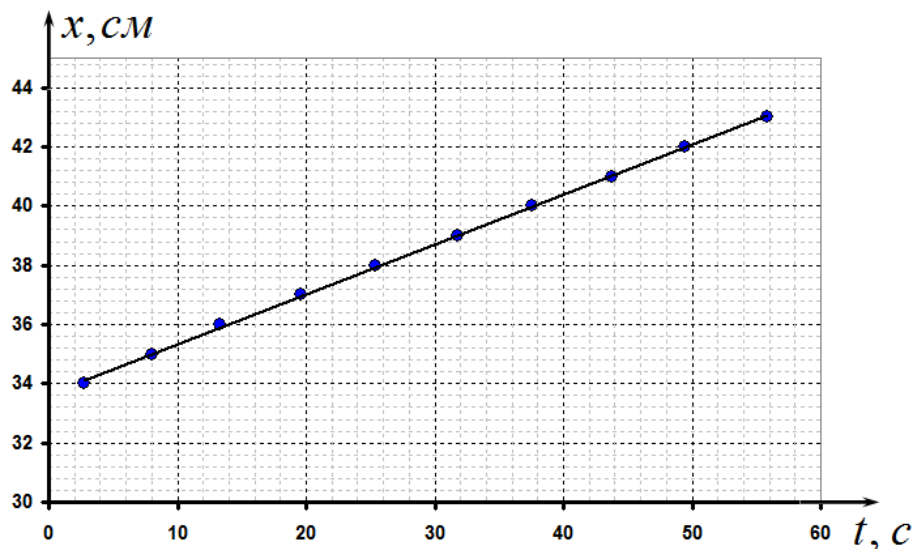
Часть 2. Движение границы.

2.1 Результаты измерения зависимости координаты границы x от времени t приведены в таблице 2.

Рядом приведен график закона движения границы $x(t)$

Таблица 2.

x, CM	t, c
34	2,72
35	7,99
36	13,31
37	19,62
38	25,39
39	31,75
40	37,56
41	43,71
42	49,47
43	55,79



Полученные данные однозначно свидетельствуют, что граница движется равномерно, со скоростью примерно равной $v = 0,17 \frac{\text{CM}}{\text{c}}$.

2.2 Полученные данные, на первый взгляд противоречат формуле Пуазейля, из которой следует, что скорость перетекания жидкости должна зависеть от разности давлений на концах трубки. Однако при движении жидкости формула для гидростатического давления оказывается не применимой, так как устанавливается новое распределение давлений, обеспечивающих равенство перетекающих потоков жидкости.

На рисунке приведены значения на разных уровнях внутри пробирки. Учтено, что разность давлений на концах трубок определяется формулой Пуазейля.

$$q = \frac{\pi r^4}{8\eta l} \Delta P \Rightarrow \Delta P = C\eta q \quad (5)$$

Где C - постоянная величина, зависящая только от геометрических размеров трубок.

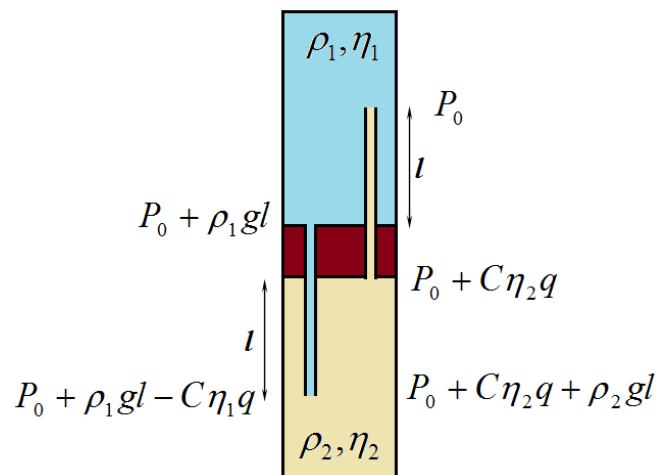
Приравнявая два выражения для давления на нижнем срезе нижней трубки, получим

$$P_0 + \rho_1 gl - C\eta_1 q = P_0 + C\eta_2 q + \rho_2 gl,$$

Откуда следует формула для расхода жидкостей

$$q = \frac{\rho_1 - \rho_2}{c(\eta_1 - \eta_2)} gl \quad (6).$$

Таким образом, показано, что расход жидкости и, следовательно, скорость движения границы постоянны и не зависят от давления в верхней части верхней пробирки.



Задача 11-1. «Дыхание» транзистора или когда все изменяется...

«Дыхание» транзистора или когда все меняется...

Решение

1. Входные характеристики транзистора

$U_{ЭК} = 0 В$	U_{R1} мВ	10	20	30	40	50	60	70	80
	$U_{ЭБ}$ В	0,128	0,151	0,165	0,176	0,182	0,194	0,200	0,208
	I_B мкА	100	200	300	400	500	600	700	800

$U_{ЭК} = 4,5 В$	U_{R1} мВ	10	20	30	40	50	60	70	80
	$U_{ЭБ}$ В	0,225	0,248	0,262	0,272	0,278	0,280	0,285	0,290
	I_B мкА	100	200	300	400	500	600	700	800

Значение тока базы определяем из закона Ома: $I_B = U_{ЭБ}/R_1$, $R_1 = 100 Ом$

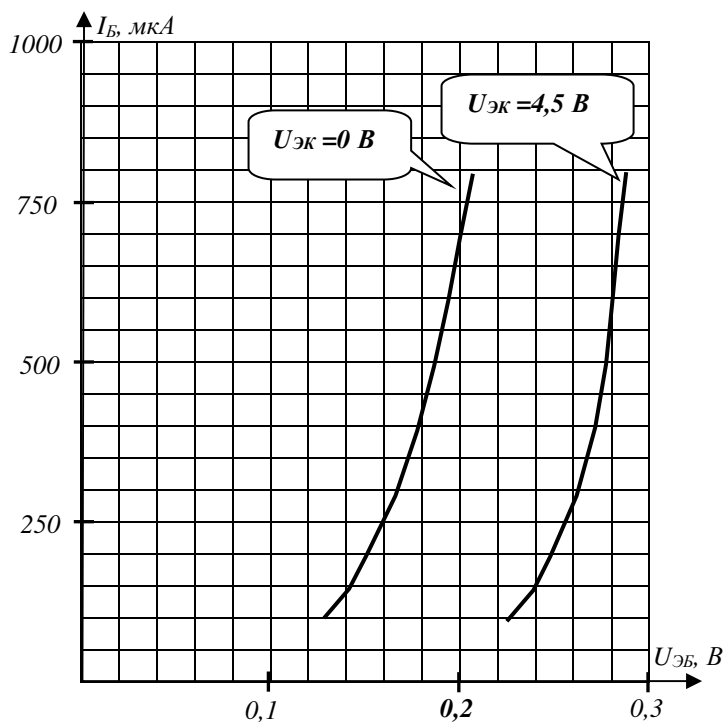


График входных характеристик транзистора

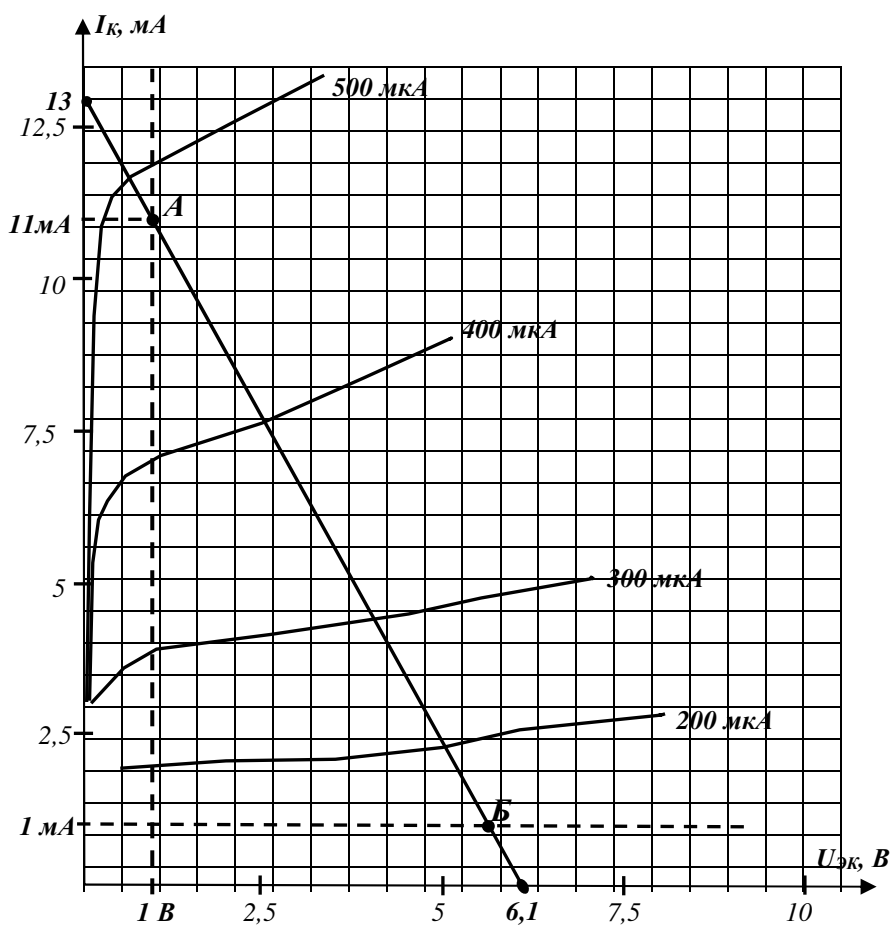
2. Выходные характеристики транзистора

2.1

$U_{DC},$ B	$U_{RI}=20\text{ мВ}$ $I_B=200\text{ мкА}$			$U_{RI}=30\text{ мВ}$ $I_B=300\text{ мкА}$			$U_{RI}=40\text{ мВ}$ $I_B=400\text{ мкА}$			$U_{RI}=50\text{ мВ}$ $I_B=500\text{ мкА}$			
	U_{R2} B	$U_{ЭК}$ B	I_K $мА$	U_{R2} B	$U_{ЭК}$ B	I_K $мА$	U_R B	$U_{Э}$ B	I_K $мА$	U_R B	$U_{Э}$ B	I_K $мА$	
U_1	1,5	0,9	0,6	1,9	1,4	0,1	3	1,4	0,1	3	1,4	0,1	3
U_2	3,0	1	2	2,1	1,8	1,2	3,9	2,8	0,2	6	2,9	0,1	6,2
U_3	4,5	1	3,5	2,1	1,95	2,55	4,17	3,3	1,2	7,1	4,4	0,1	9,4
U_4	6,1	1,1	5	2,35	2,1	4	4,5	3,6	2,5	7,7	5,4	0,7	11,5
U_5	7,7	1,2	6,5	2,56	2,2	5,5	4,7	3,9	3,8	8,4	5,6	2,1	12
U_6	9,3	1,3	8	2,78	2,4	6,9	5,1	4,2	5,1	9	6	3,3	12,8

2.2 $U_{ЭК}=U_{DC}-U_{R2}$, $I_K=U_{R2}/R_H$, где $R_H=842\text{ Ом}$

2.3



Графики выходных характеристик

3. Усиление транзистора по току

3.1

$U_{DC} = 3\text{ В}$									
U_{R2}, B	0,6	0,9	1,5	1,7	2,6	2,8	2,8	2,8	2,8
I_K, mA	1,3	1,9	3,2	3,6	5,6	6	6	6	6
$U_{RI}, мВ$	1,3	2	3,2	4	6	15	30	36	36
$I_B, мкА$	13	20	32	40	60	150	300	360	360

$U_{DC} = 4,5 \text{ В}$												
$U_{R2}, \text{ В}$	0,4	0,8	1,1	1,6	3	2,3	2,8	3,4	3,8	4,3	4,4	4,4
$I_K, \text{ мА}$	0,9	1,7	2,35	3,4	6,4	4,9	6	7,3	8,1	9,2	9,4	9,4
$U_{R1}, \text{ мВ}$	1	1,6	2,3	3,4	6,1	4,6	5,6	7	8	11,6	19	28
$I_B, \text{ мкА}$	10	16	23	34	61	46	56	70	80	116	190	280

$U_{DC} = 6,1 \text{ В}$											
$U_{R2}, \text{ В}$	0,7	1,5	2,1	2,9	3,6	4,4	4,8	5,7	5,5	5,9	5,9
$I_K, \text{ мА}$	1,5	3,2	4,5	6,2	7,7	9,4	10,3	12,2	11,8	12,6	12,6
$U_{R1}, \text{ мВ}$	1,4	2,8	3,7	5,5	6,6	8,3	9,3	12,9	11,2	16,4	21
$I_B, \text{ мкА}$	14	28	37	55	66	83	93	129	112	164	210

По закону Ома определяем значения силы тока коллектора и базы:

$$I_K = U_{R2}/R_H, \text{ где } R_H = 842 \text{ Ом}, \quad I_B = U_{R1}/R_I, \text{ где } R_I = 100 \text{ Ом}$$

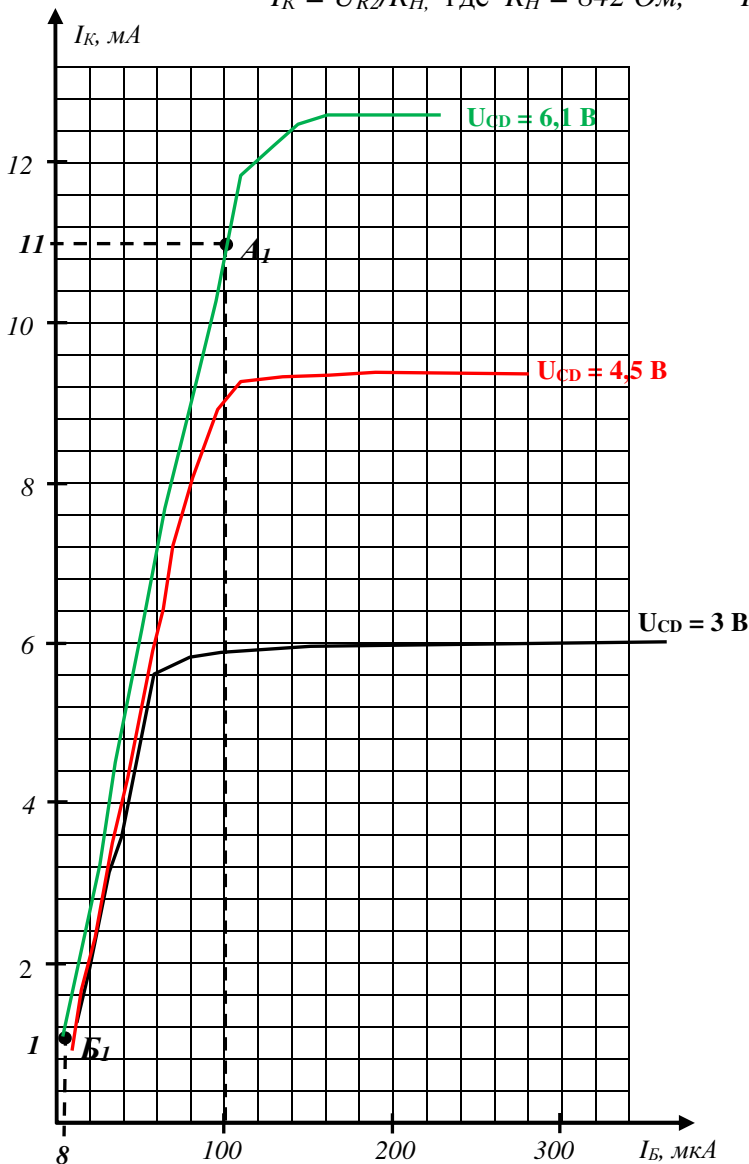


График $I_K = f(I_B)$ при $U_{DC} = (3; 4,5; 6,1) \text{ В}$

3.2 Из графика $I_K=f(I_B)$ можно сделать вывод, что ток коллектора прямо пропорционален току базы в определенных интервалах значений тока базы! $I_K \sim I_B$

Более предпочтительным является напряжение источника $U_{CD} = 6,1 \text{ В}$, так как усиление сигнала без искажений можно осуществлять при больших значениях тока базы.

$$3.3 \beta = \Delta I_K / \Delta I_B = (11,8 - 1,5) / (112 - 14) \cdot 10^3 \approx 100$$

4. Рабочая область и ограничения

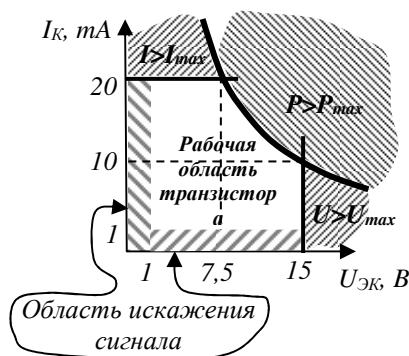
4.1 Каждый транзистор имеет предельные эксплуатационные данные по току, напряжению и мощности. Предельные эксплуатационные данные транзистора МП41:

$$I_{Kmax} = 20 \text{ мА}, \quad U_{ЭКmax} = 15 \text{ В}, \quad P_{Kmax} = 150 \text{ мВт}.$$

Чтобы избежать искажений входного сигнала для транзистора малой мощности нужно устранить работу транзистора при напряжении эмиттер - коллектор менее 1 В и токе коллектора менее 1 мА.

Итак, допустимый рабочий диапазон транзистора (на графике нештрихованная область):

- по напряжению $1 \text{ В} \leq U_{ЭК} < 15 \text{ В}$;
- по току $1 \text{ мА} \leq I_K < 20 \text{ мА}$;
- по мощности $P_K = I_K U_{ЭК} < 150 \text{ мВт}$.



4.2 Для определения максимального и минимального тока коллектора необходимо построить на графике выходных характеристик транзистора нагрузочную прямую, уравнение которой определяется значением сопротивления нагрузки и напряжения источника тока.

Согласно закону Кирхгофа $I_K R_H + U_{ЭК} = U_{DC}$, $R_H = 468 \text{ Ом}$, $U_{DC} = 6,1 \text{ В}$

$$468 I_K + U_{ЭК} = 6,1$$

Уравнение нагрузочной прямой $I_K = 13 \cdot 10^{-3} - U_{ЭК} / 468$

Определим точки пересечения прямой с осью тока коллектора и осью напряжений:
 $I_{K1} = 6,1 / 468 \approx 13 \text{ мА}$ при $U_{ЭК1} = 0 \text{ В}$, $I_{K2} = 0 \text{ мА}$ при $U_{DC2} = U_{ЭК2} = 6,1 \text{ В}$.

Нагрузочная прямая построена на графике выходных характеристик транзистора.

Максимальный, минимальный ток коллектора соответствуют точкам А и В на выходной характеристике транзистора, так как допустимый ток коллектора $I_K \geq 1 \text{ мА}$, а допустимое напряжение эмиттер-коллектор $U_{ЭК} \geq 1 \text{ В}$.

$$I_{Kmax} \approx 11 \text{ мА}, \quad I_{Kmin} \approx 1 \text{ мА}$$

По графику зависимости $I_K=f(I_B)$ определим максимальный и минимальный ток базы, точки А₁, В₁:

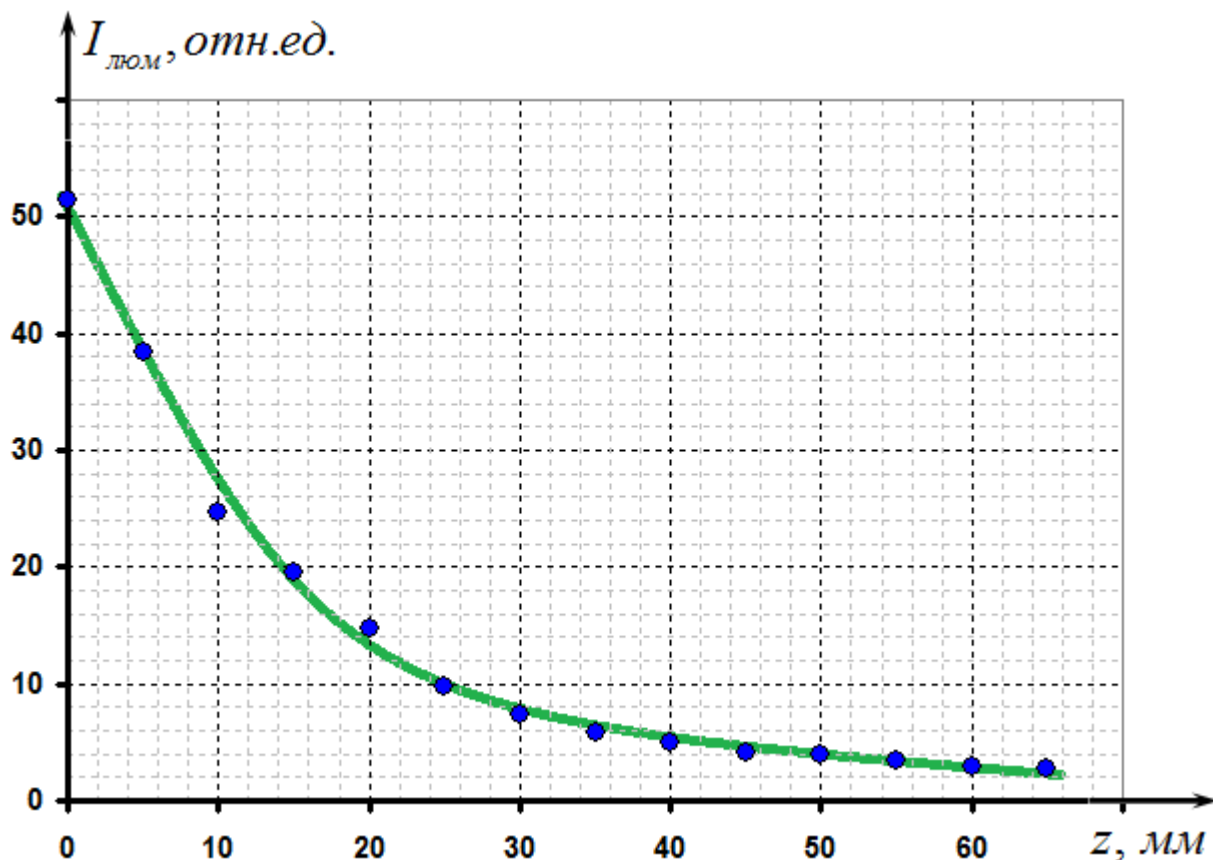
$$I_{Bmax} \approx 100 \text{ мкА} \quad I_{Bmin} \approx 8 \text{ мкА}$$

Задача 11-2. Поглощение и люминесценция.

Результаты измерений зависимости интенсивности люминесценции от расстояния до края раствора приведены в Таблице. Ниже показан график полученной зависимости.

Таблица результатов измерений и расчетов.

z , мм	$I_{\text{люм}}$	I_0	$g(z)$	$\ln \frac{I_{\text{люм}}}{I_{\text{люм}(0)} \cdot g(z)}$
0	51,5	458	1,00	0,00
5	38,4	449	0,98	-0,27
10	24,7	439	0,96	-0,69
15	19,6	431	0,94	-0,91
20	14,7	424	0,93	-1,18
25	9,8	416	0,91	-1,56
30	7,4	410	0,90	-1,83
35	5,9	403	0,88	-2,04
40	5	398	0,87	-2,19
45	4,2	393	0,86	-2,35
50	3,9	386	0,84	-2,41
55	3,4	381	0,83	-2,53
60	3	378	0,83	-2,65
65	2,7	373	0,81	-2,74



Также в таблице приведены результаты измерений зависимости интенсивности света $I_0(z)$ от расстояния до источника без поглощающей среды. Для расчета коэффициента поглощения раствора следует учесть 2 фактора, приводящие к уменьшению интенсивности:

геометрический $g(z)$, связанный с расходимостью светового пучка, и поглощение света. Из формулы приведенной в условии задачи следует, что зависимость интенсивности люминесценции от расстояния имеет вид

$$I_{\text{люм}}(z) = I_{\text{люм}(0)} g(z) \exp(-kz) \quad (1)$$

Геометрический фактор можно найти по измеренной зависимости интенсивности света от источника без поглощения:

$$g(z) = \frac{I_0(z)}{I_0(0)} \quad (2)$$

Зависимость (1) является линейной, если ее представить в полулогарифмическом масштабе

$$\ln \frac{I_{\text{люм}}}{I_{\text{люм}(0)} \cdot g(z)} = -kz \quad (3)$$

На рисунке показан график этой зависимости.

Видно, что начальный участок графика является линейным (как впрочем, и конечный). Коэффициент наклона графика дает значение коэффициента поглощения, который оказался равным $k \approx 0,06 \text{ мм}^{-1}$.

Погрешность данного коэффициента может быть оценена по методу наименьших квадратов.

Нижнему участку графика доверия меньше, так как в этом

диапазоне интенсивность люминесценции оказывается малой, поэтому существенную роль играют погрешности измерений (главным образом постоянная засветка).

