

Условие

Задача 1 «Хроматография»

Хроматография – метод разделения веществ, основанный на разной скорости движения растворов в пористой среде. Широко используется в химическом анализе, но основан на физических принципах. В данной работе вам необходимо исследовать основы этого метода.

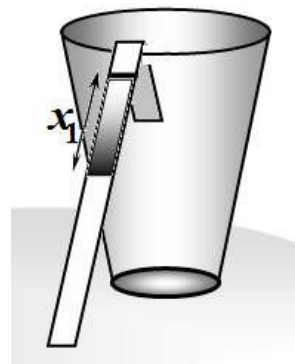
Приборы и оборудование: Два сосуда, один с чистой водой (№1), второй с раствором поваренной соли (№2), полоски фильтровальной бумаги с нанесенными цветными полосами, деревянная палочка, линейка, секундомер, простой карандаш.

Внимание: намокание полосок фильтровальной бумаги происходит достаточно медленно – каждый эксперимент занимает 10-15 минут. Число выданных вам полосок также ограничено, поэтому тщательно планируйте свою работу по выполнению данного задания!

Карандашом нанесите на все выданные вам полоски фильтровальной бумаги шкалы с интервалом в 0,5 см, начиная от нанесенной цветной полосы.

Пробное задание. Знакомство с эффектом.

Согните полоску с нанесенной черной полосой (и нанесенной вами шкалой) так, чтобы изгиб находился вблизи черной полосы. Поместите полоску на край стакана с водой (№1) так, чтобы короткий конец полоски был погружен в воду на глубину примерно равную 0,5 см. Вода начнет медленно двигаться по полоске. Когда она достигнет окрашенной нанесенной полосы и продолжит свое движение на полоске начнет появляться и смещаться окрашенная размытая сверху и достаточно резкая снизу окрашенная область. Пронаблюдайте этот эффект! В дальнейшем вам предстоит количественно исследовать движение края этой области, т.е. зависимость $x(t)$.



Также как описано выше поместите полоску фильтровальной бумаги в стакан с раствором поваренной соли (№2). В этом случае нанесенная краска по прошествии некоторого времени разделяется на две окрашенных по разному широким цветных полосы (красную и синюю). Движение границ этих полос Вам предстоит исследовать в части 3.

Часть 1. Движение вниз!

Повторите описанный в «пробном задании» эксперимент (естественно используйте другую полоску бумаги) с проведением измерений.

1.1 Измерьте зависимость координаты резкого края окрашенной области от времени $x_1(t)$. Постройте график полученной зависимости.

1.2 Рассчитайте среднюю скорость движения края на каждом отрезке (между нанесенными вами полу сантиметровыми делениями). Постройте график зависимости скорости движения

этого края от его координаты $v(x)$. Предложите простую формулу для примерного описания полученной зависимости $v(x)$. На бланке, где построена

экспериментальная зависимость $v(x)$, постройте график предложенной Вами теоретической зависимости.

Часть 2. Движение вверх!

Исследуйте движение границы окрашенной области вверх, когда полоска расположена вертикально (закрепите ее на палочке, прикрепленной к стакану). В этом эксперименте также используйте полоску с черной полосой.

2.1 Измерьте зависимость координаты резкого края окрашенной области от времени $x_2(t)$. Постройте график полученной зависимости.

2.2 Рассчитайте среднюю скорость движения края на каждом отрезке (между нанесенными вами полу сантиметровыми делениями). Постройте график зависимости скорости движения этого края от его координаты $v(x)$.

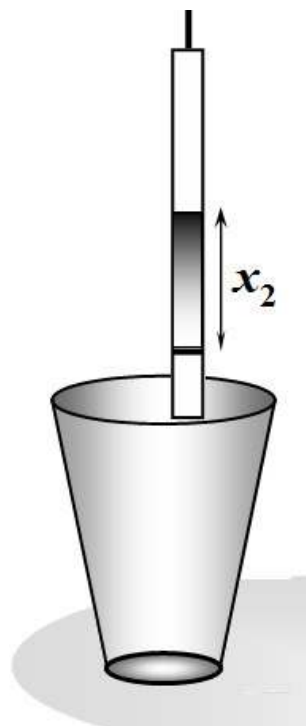
2.3 Проверьте, выполняется ли найденная Вами в п.1.2 зависимость скорости от координаты в этом случае.

Часть 3. Кто быстрее!

В этой части используйте полоску фильтровальной бумаги с коричневой полосой. Полоску опускайте в стакан с раствором **поваренной соли** так, как описано в Пробном задании.

3.1 Измерьте зависимости координат краев этих полос от времени. Постройте графики полученных зависимостей.

3.2 Проверьте, можно ли считать скорости смещения краев окрашенных областей пропорциональными друг другу.



Решение

Часть 1. Движение вниз!

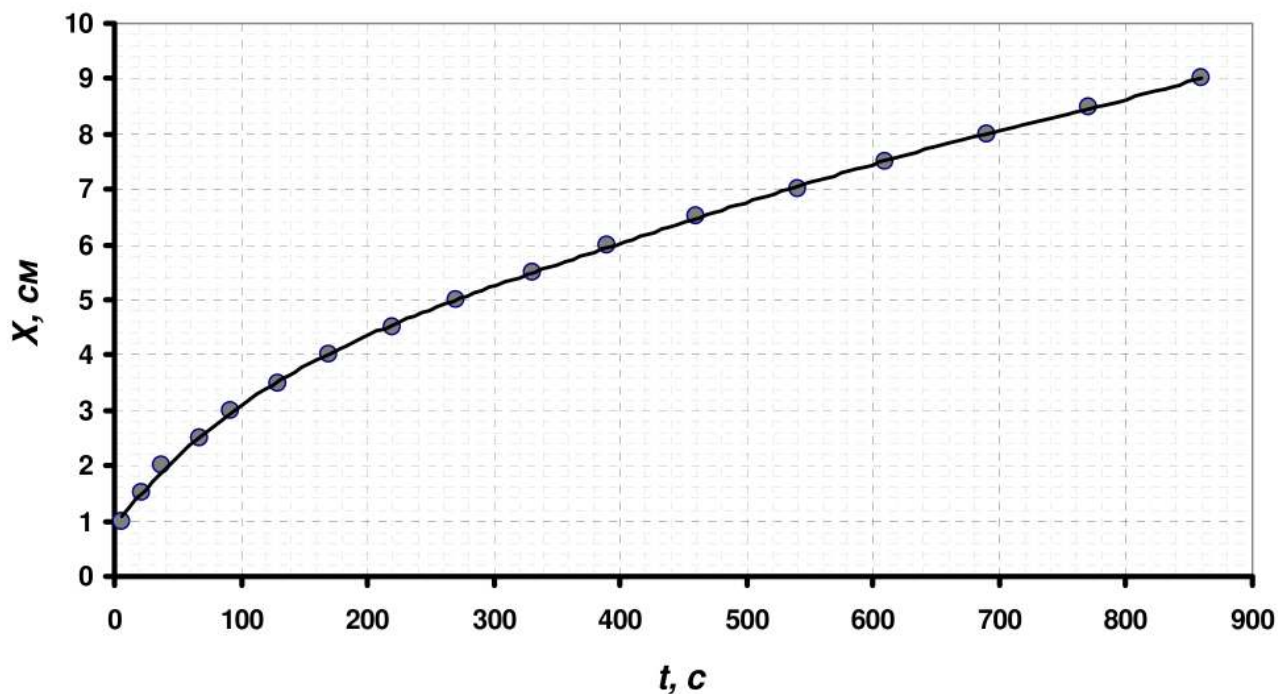
1.1 Результаты измерений данной зависимости приведены в таблице 1 и на графике 1.

Таблица 1 «Движение вниз»

X_1 , см	t , с	X^2 , см ²	V см/с	$1/X$, см ⁻¹
1,0	6	1,00		
1,5	21	2,25	0,0313	0,667
2,0	38	4,00	0,0217	0,500
2,5	67	6,25	0,0185	0,400
3,0	92	9,00	0,0159	0,333
3,5	130	12,25	0,0128	0,286
4,0	170	16,00	0,0111	0,250
4,5	220	20,25	0,0100	0,222
5,0	270	25,00	0,0091	0,200
5,5	330	30,25	0,0083	0,182
6,0	390	36,00	0,0077	0,167
6,5	460	42,25	0,0067	0,154
7,0	540	49,00	0,0067	0,143
7,5	610	56,25	0,0067	0,133
8,0	690	64,00	0,0063	0,125
8,5	770	72,25	0,0059	0,118
9,0	860	81,00		

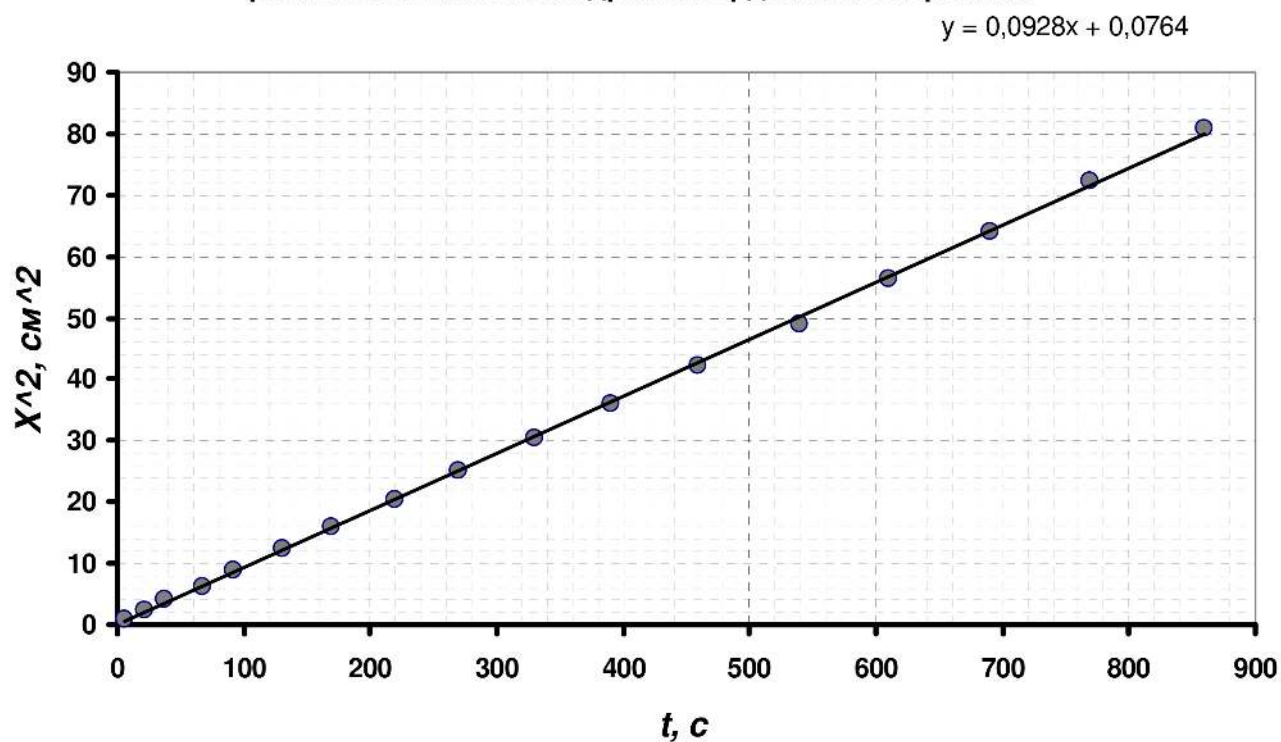
$X_1, \text{см}$	$t, \text{с}$	$X^2, \text{см}^2$	$V \text{ см/с}$	$1/X, \text{см}^{-1}$
1,0	6	1,00		
1,5	21	2,25	0,0313	0,667
2,0	38	4,00	0,0217	0,500
2,5	67	6,25	0,0185	0,400
3,0	92	9,00	0,0159	0,333
3,5	130	12,25	0,0128	0,286
4,0	170	16,00	0,0111	0,250
4,5	220	20,25	0,0100	0,222
5,0	270	25,00	0,0091	0,200
5,5	330	30,25	0,0083	0,182
6,0	390	36,00	0,0077	0,167
6,5	460	42,25	0,0067	0,154
7,0	540	49,00	0,0067	0,143
7,5	610	56,25	0,0067	0,133
8,0	690	64,00	0,0063	0,125
8,5	770	72,25	0,0059	0,118
9,0	860	81,00		

Закон движения "Вниз"
рис. 1 Зависимость координаты от времени



1.2 Для проверки предложенного закона движения следует построить график зависимости квадрата смещения от времени (рис. 2)

Закон движения "Вниз"
рис. 2 Зависимость квадрата координаты от времени



Задача 9-2. Сила трения $F_{\text{тр}} = \mu N$, частота $\nu = 50$ Гц, скорость $v = 2$ м/с, $\text{tg } \alpha = 0,5$. Груз массой $m = 0,50$ кг движется с ускорением

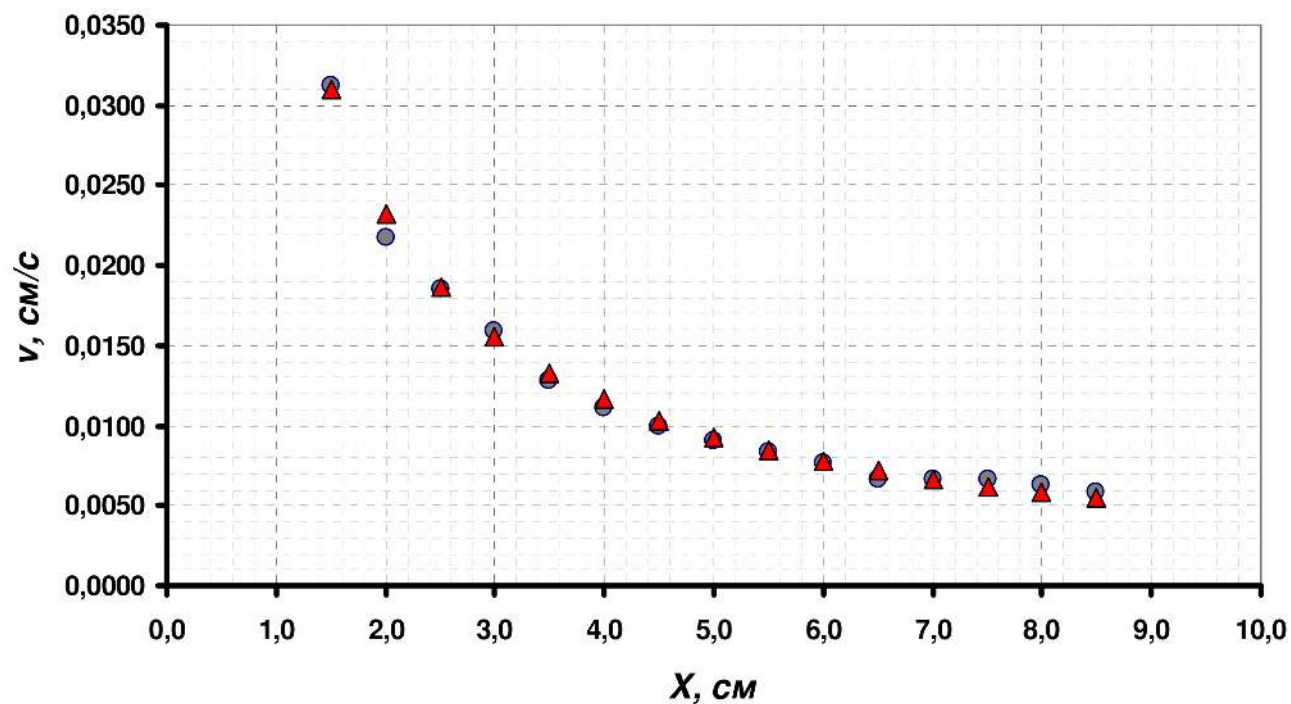
$$a = \frac{F - F_{\text{тр}}}{m}$$

Путь за время τ равен

$$S = \frac{a\tau^2}{2}. \quad (4)$$

$$b = 0,093 \frac{\text{см}^2}{\text{с}}$$

Закон движения "Вниз"
рис. 3 Зависимость скорости от координаты

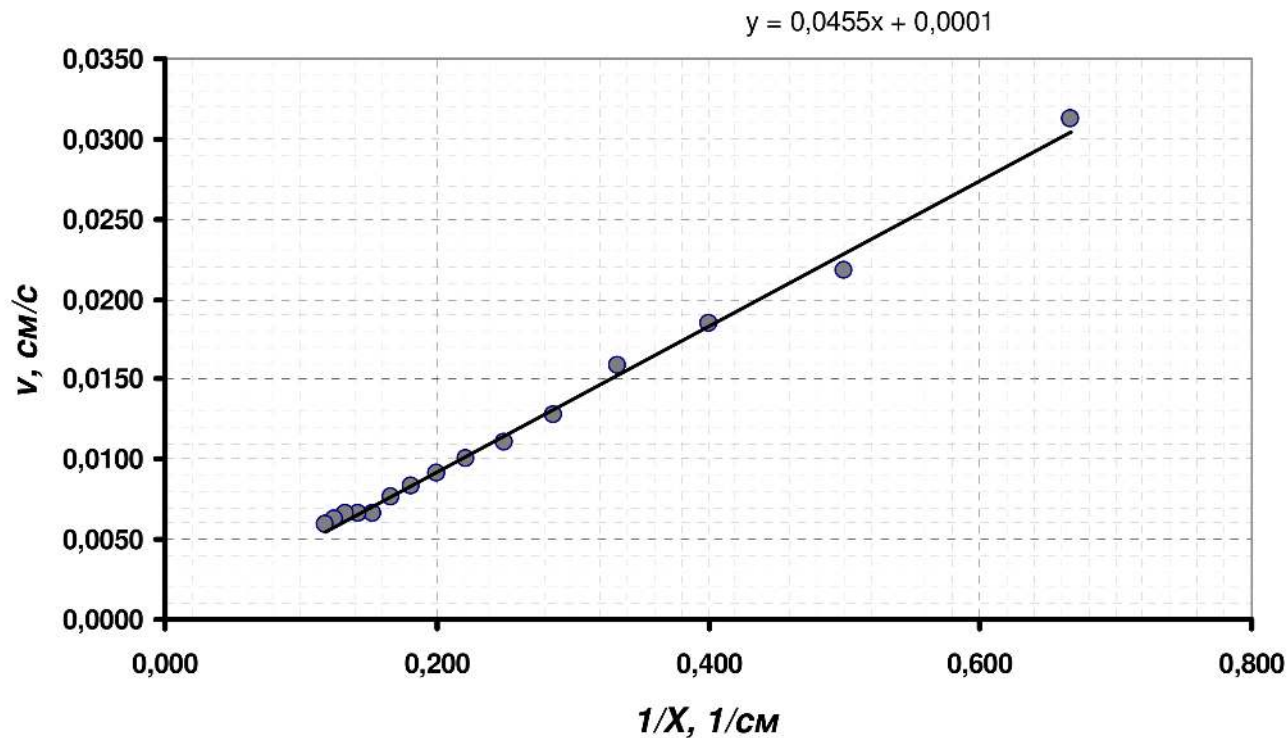


Задача 9-3. Закон движения "Вниз"

рис. 3 Зависимость скорости от координаты

Эту же зависимость можно проверить и с помощью графика зависимости $v(1/x)$ - рис. 4, который является примерно линейный с коэффициентом наклона, равным $b/2$.

Закон движения "Вниз"
рис. 4 Зависимость скорости от 1/x



Часть 2. Движение вверх!

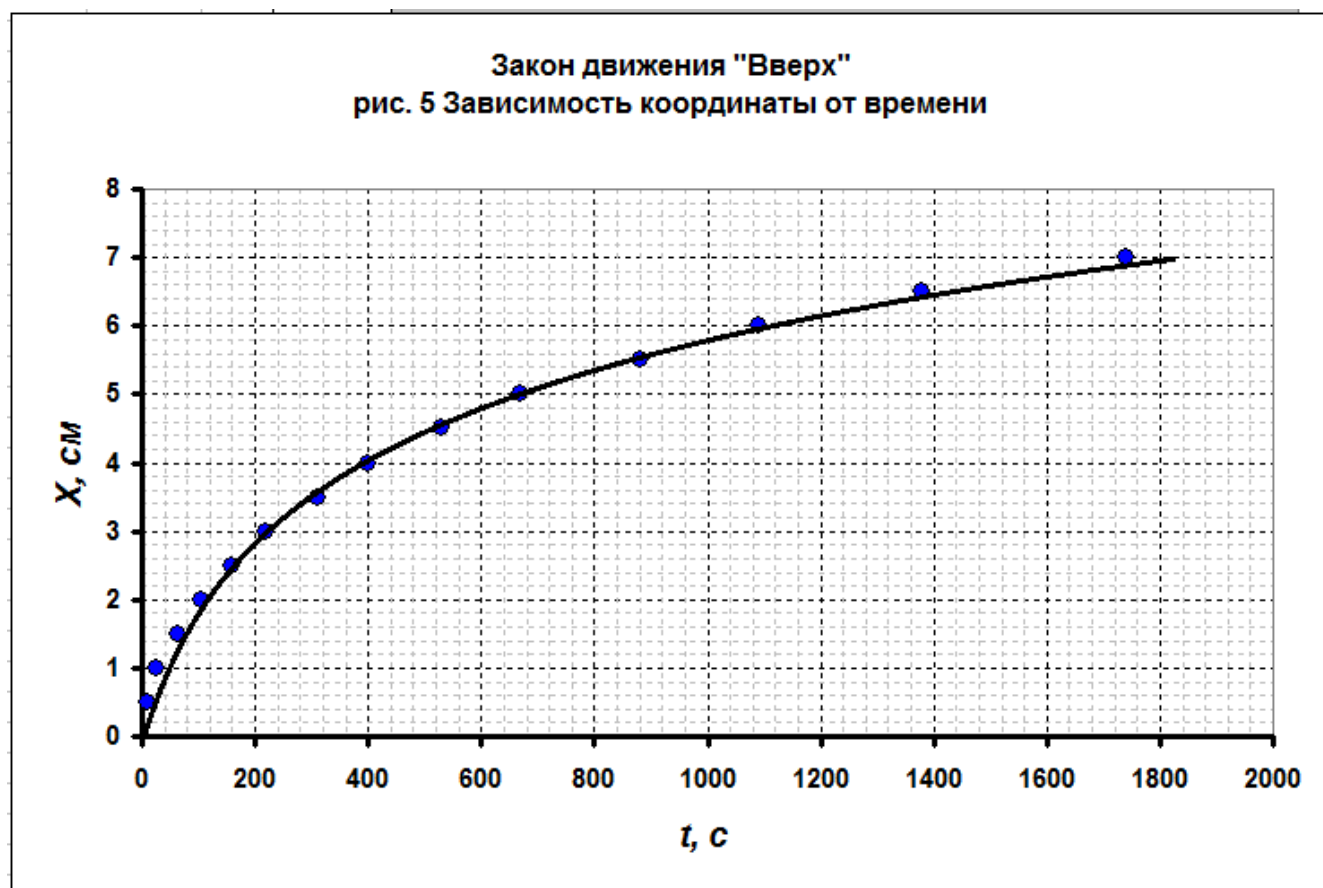
2.1 Результаты измерений и необходимых расчетов приведены в Таблице 2.

Таблица 2. Движение «вверх»

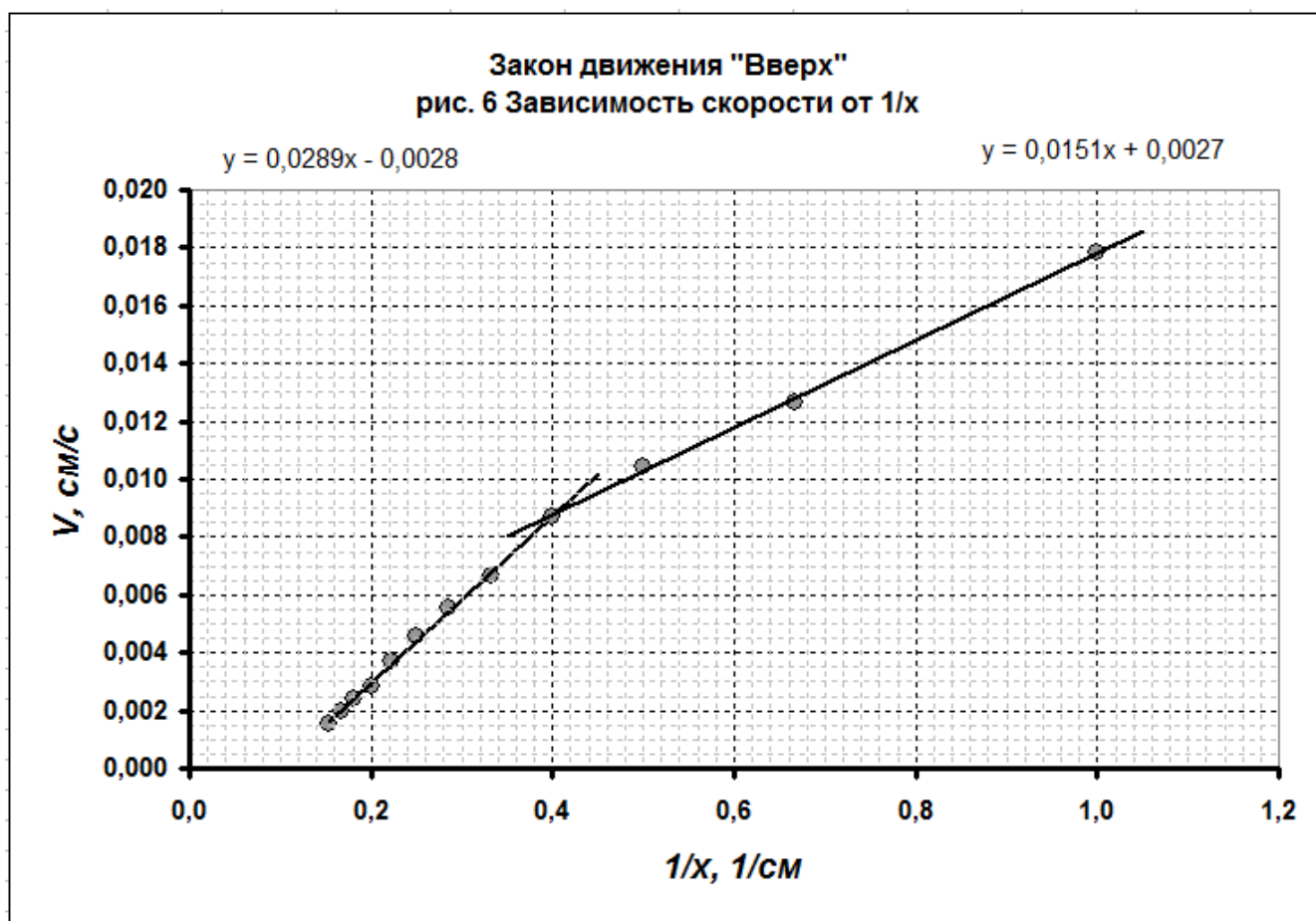
$X_1, \text{см}$	$t, \text{с}$	$1/X, \text{см}^{-1}$	$V \text{ см/с}$
0,5	8	2,000	
1,0	26	1,000	0,0179
1,5	64	0,667	0,0127
2,0	105	0,500	0,0104
2,5	160	0,400	0,0087
3,0	220	0,333	0,0067
3,5	310	0,286	0,0056
4,0	400	0,250	0,0045
4,5	530	0,222	0,0037
5,0	670	0,200	0,0029
5,5	880	0,182	0,0024
6,0	1090	0,167	0,0020
6,5	1380	0,154	0,0015
7,0	1740	0,143	

График зависимости координаты от времени качественно напоминает аналогичный график

для движения «вниз» (рис. 5).



Однако, зависимость скорости от $1/x$ не является линейной, на наблюдается явный излом, говорящий о различных механизмах намкания (Рис.7), поэтому найденная зависимость (2) в данном случае не выполняется.



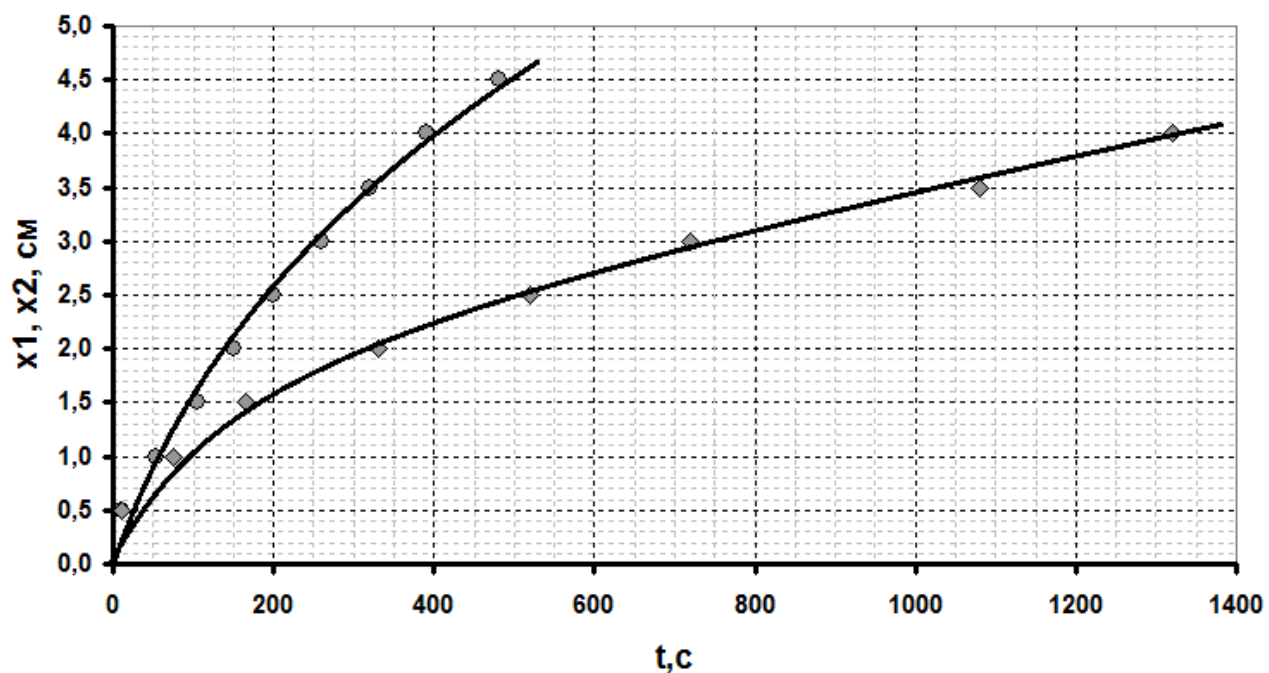
Часть 3. Кто быстрее! Результаты измерений зависимости координат цветных границ от времени приведены в таблице 3. Графики этих зависимостей показаны на рис. 7

Таблица 3. Цветные границы.

X, см	T ₁ , с	T ₂ , с
0,5	11	11
1,0	54	75
1,5	105	165
2,0	150	330
2,5	200	520
3,0	260	720
3,5	320	1080
4,0	390	1320
4,5	480	

Рис. 7 Зависимости координат цветных границ от времени

Рис. 7 Зависимости координат цветных границ от времени



3.2 Если бы скорости движения границ были пропорциональны друг другу в любой момент времени, то и координаты границ также бы оказались пропорциональны. Однако такой зависимости не наблюдается, поэтому нельзя считать, что скорости границ пропорциональны.