

Условие

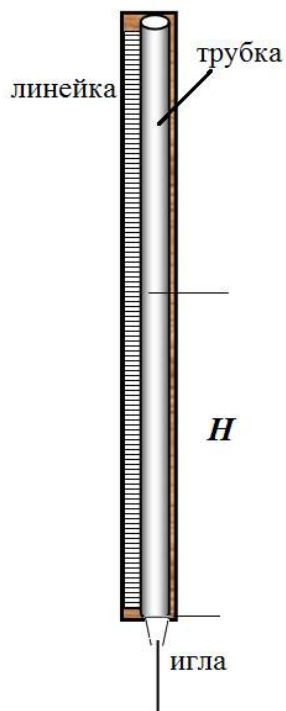
Задание 11- 2. Размер капли.

Приборы и оборудование: Линейка с прикрепленной трубкой, и вставленной иглой от шприца, шприц одноразовый, секундомер с памятью этапов, стакан, штатив.

В данной работе вам необходимо измерить размеры маленьких, быстропадающих капель.

Пластиковая трубка прикреплена к линейке, в трубку вставлена тонкая игла от шприца. Воду в трубку можно добавлять с помощью шприца. Следите, чтобы столб воды в трубке был без разрывов. Буквально вдавливайте воду в трубку при присоединенной игле. Используйте шкалу шприца для измерения объемов вливаемой воды.

1. Измерьте зависимость высоты столба воды в трубке от объема налитой воды. Используя полученные данные рассчитайте внутренний диаметр трубки.
2. Заполните трубку водой до высоты H примерной равной 30-35 см. Исследуйте зависимость высоты уровня воды в трубке от времени $H(t)$, при ее вытекании через иглу. Постройте график полученной зависимости. Дайте ему качественное объяснение.
3. Еще раз заполните трубку водой. Исследуйте зависимость числа упавших капель от времени $N(t)$. Постройте график полученной зависимости. Лучше использовать том же листе, на котором вы построили предыдущую зависимость (шкалы времени одинаковы, для числа капель придется сделать новую шкалу). **Надеемся, что до 200 Вы считать умеете!**
4. Используя данные, полученные в пп. 2-3 постройте зависимость высоты уровня воды в трубке от числа выпавших капель $H(N)$. Очень кратко опишите процедуру построения этого графика.
5. На основании полученного в п.4 графика ответьте на вопрос: можно ли считать размеры капель одинаковыми (не зависящими от высоты уровня воды в трубке).
6. С помощью, полученной в п.4 зависимости $H(N)$ рассчитайте объем одной капли. Оцените погрешность полученного значения.



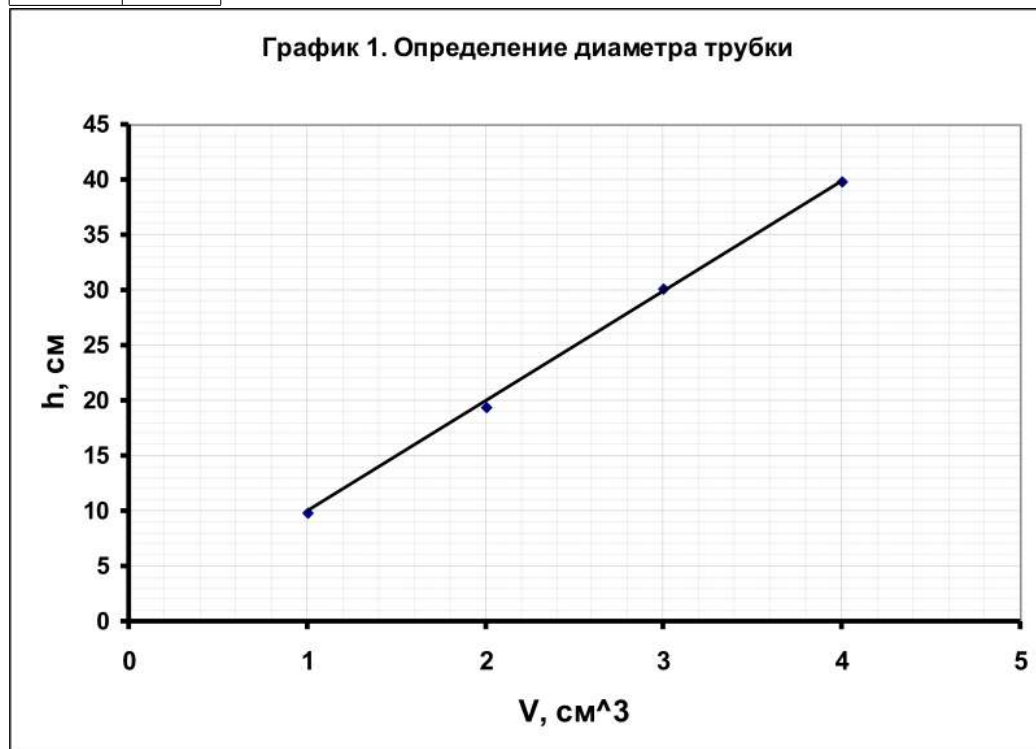
Решение

Задание 11- 2. Размер капли.

1. Результаты измерений зависимости высоты столбика воды в трубке от объема залитой воды приведены в Таблице 1 и на графике 1.

Таблица 1.

$V, \text{см}^3$	$h, \text{см}$
1	9,8
2	19,4
3	30,2
4	39,8



Полученная зависимость является линейной. Коэффициент наклона графика, рассчитанный по МНК равен

$$K = \frac{\Delta h}{\Delta V} = 10 \text{см}^{-2}. \quad (1)$$

Очевидно, что теоретическая зависимость высоты столбика от объема имеет вид

$$V = \frac{\pi d^2}{4} h \Rightarrow \frac{\Delta h}{\Delta V} = \frac{4}{\pi d^2} \quad (2)$$

Из этих соотношений следует, что внутренний диаметр равен

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi K}} = 0,36 \text{см}. \quad (3)$$

Для дальнейших расчетов нам понадобится величина равная, объему жидкости, приходящаяся на единицу длины трубки, $v = \frac{\Delta V}{\Delta h} = 0,10 \text{см}^2$.

Для определения объема капли проще всего (теоретически) измерить зависимость высоты столба жидкости в трубке от числа упавших капель. Однако этот метод обладает одним существенным недостатком – на практике на не осуществим! Капли падают достаточно

часто, поэтому одновременно засекают высоту столба воды и подсчитывают число капель не возможно. Поэтому в данном задании и рекомендован такой «обходной маневр».

2-3 Результаты измерений зависимости высоты столба уровня воды в трубке h и числа упавших капель N от времени приведены в таблице 2. Ни же приведены графики полученных зависимостей.

Таблица 2.

h , см	t , с	$\frac{h}{h_{\max}}$	N	t , с	$\frac{N}{N_{\max}}$
40	0,00	1,00	0	0,00	0,00
38	6,24	0,95	20	8,34	0,10
36	12,32	0,90	40	16,49	0,20
34	19,19	0,85	60	25,06	0,30
32	26,33	0,80	80	33,67	0,40
30	33,57	0,75	100	42,93	0,50
28	41,58	0,70	120	52,60	0,60
26	50,48	0,65	140	62,11	0,70
24	60,93	0,60	160	71,72	0,80
22	73,70	0,55	180	83,15	0,90
20	85,93	0,50	200	94,58	1,00

График 2. Зависимость высоты столба от времени

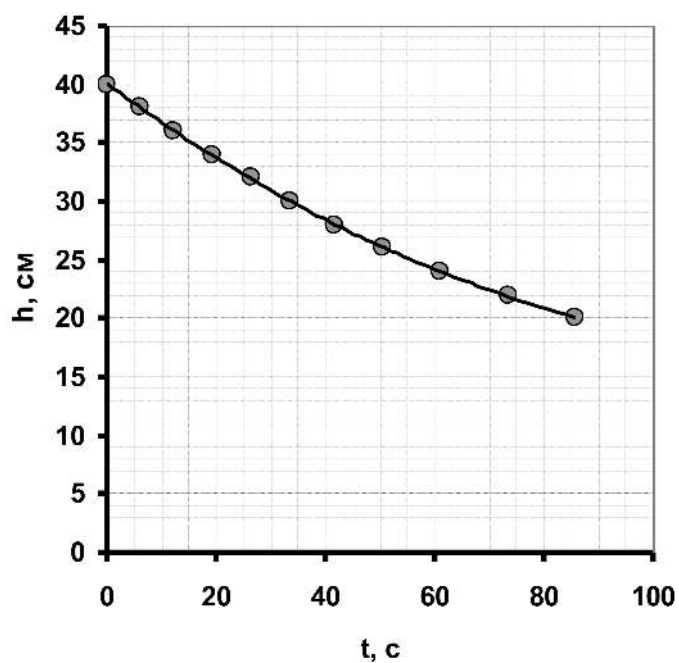
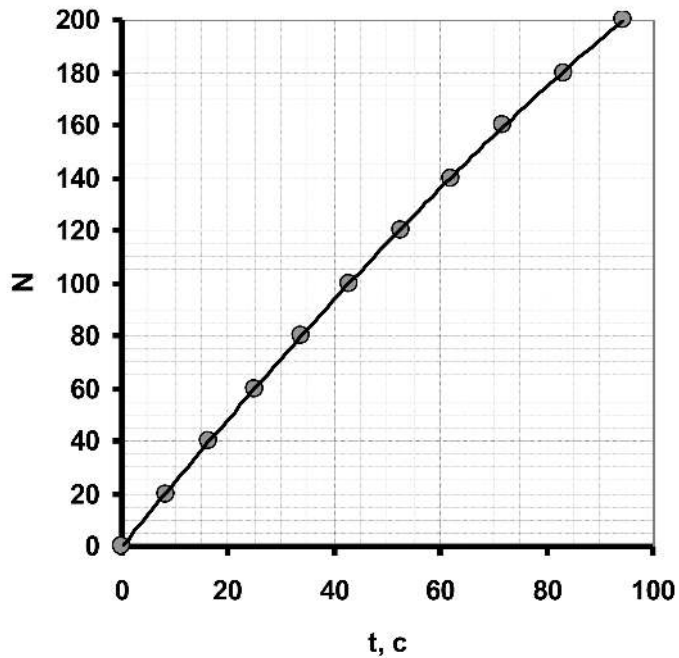
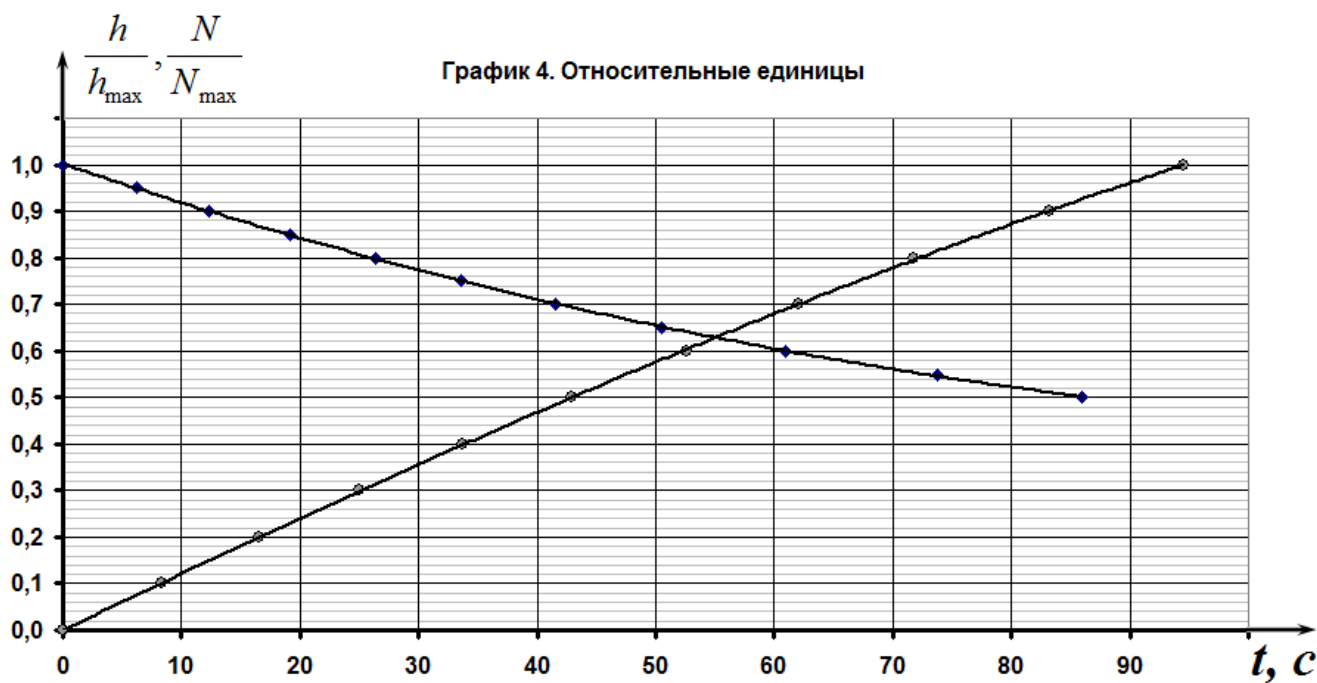


График 3. Зависимость числа капель от времени



Обе полученные зависимости являются нелинейными, что объясняется зависимостью скорости вытекания от давления, создаваемого столбом воды в трубке.

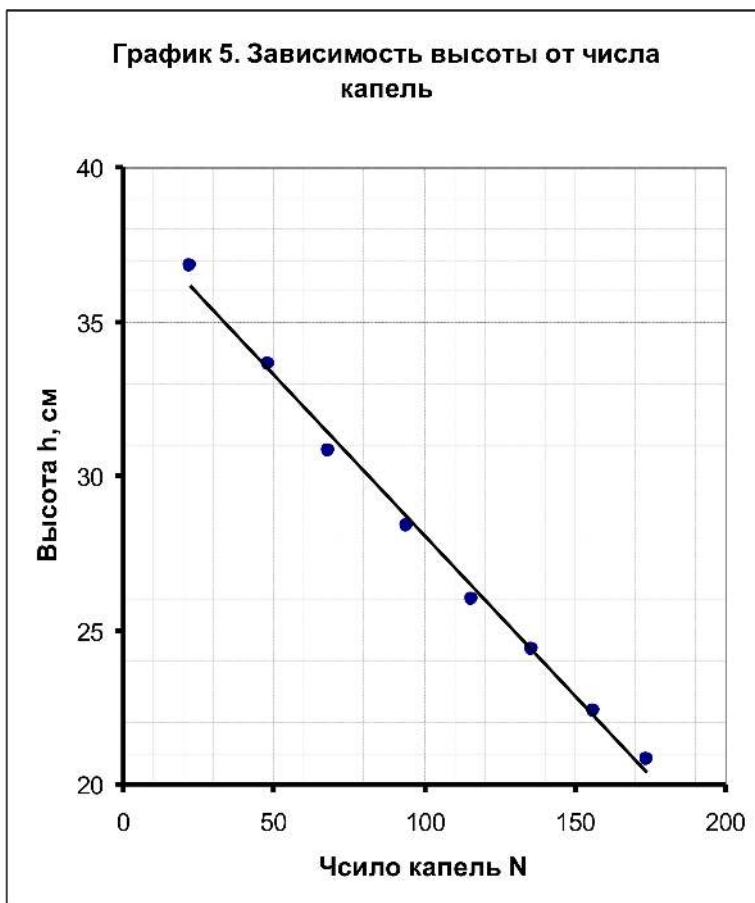
Для построения зависимости высоты столба воды в трубке от числа упавших капель необходимо снять значения высоты h и числа капель N в один и тот же момент времени. Но в таблице времена, в которые фиксировались значения h и N не совпадают. Поэтому полученные зависимости необходимо «сгладить», что можно сделать различными способами. Мы используем следующий метод: построим графики 2 и 3 в относительных единицах (как отношения $\frac{h}{h_{\max}}$ и $\frac{N}{N_{\max}}$) на одном бланке и в одном масштабе (График 5)



Теперь с помощью этого графика можно снять значения в фиксированные моменты времени. Эти значения приведены в Таблице 3.

Таблица 3.

t, c	$\frac{h}{h_{\max}}$	$\frac{N}{N_{\max}}$	$h, \text{см}$	N
10	0,92	0,11	36,8	22
20	0,84	0,24	33,6	48
30	0,77	0,34	30,8	68
40	0,71	0,47	28,4	94
50	0,65	0,58	26,0	116
60	0,61	0,68	24,4	136
70	0,56	0,78	22,4	156
80	0,52	0,87	20,8	174



Получена практически линейная зависимость. Это означает что изменение высоты уровня воды в трубке при выпадении определенного числа капель постоянно. То есть объемы всех капель можно считать приблизительно одинаковыми.

Коэффициент наклона графика равен высоте столба воды в трубке, соответствующей объему одной капли.

Численное значение этого коэффициента, рассчитанное по МНК, равно

$$h_1 = (0,104 \pm 0,006)\text{см.}$$

Используя результат п.1, находим, что объем одной капли равен $V_1 = (10,4 \pm 0,6)\text{мм}^3$.

Отметим, что основной вклад в погрешность определения объема капли вносит погрешность определения коэффициента наклона графика 5.