

**Задание 7.1. Иглоукалывание (из 20 баллов).** При медленном движении поршня шприца масса  $m$  капельки жидкости, отрывающейся от кончика иглы (при вертикальном положении шприца (см. рис.)), прямо пропорциональна внутреннему диаметру иглы  $d$  ( $m = kd$ ). Коэффициент пропорциональности  $k$  зависит от типа жидкости. (Для замедления скорости вытекания капле необходимо все измерения проводить со шприцом, в который вставлен поршень). Легкое нажатие на поршень позволяет реализовать контролируемый режим поштучного вытекания капле.



**Задание.** В вашем распоряжении имеется три иглы с внутренними диаметрами

Калибр	Внутренний диаметр, мм	Цвет канюли
G21	0,51	Зелёный
G22	0,41	Темно-серый
G23	0,34	Голубой

Различить иглы можно по цвету наконечника или их внешним диаметрам. Иглы на шприце можно менять.

1. Исследуйте зависимость массы  $m$  капли воды от диаметра иглы  $d$ . Опишите метод определения массы капли.
2. Постройте график полученной зависимости. Имейте в виду, что точка  $d = 0, m = 0$  тоже принадлежит вашему графику.
3. С помощью графика определите значение  $k$ .
4. Определите массу  $m_x$  капли, которая отрывалась бы от иглы с внутренним диаметром  $d_x = 0,20$  мм.

**Приборы и оборудование.** Шприц 5 мл; три иглы в защитных футлярах; стакан с водой (плотность воды  $\rho = 1,00 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>); 1 лист миллиметровой бумаги формата А4 (для построения графика); салфетки для поддержания чистоты на рабочем месте.

**Внимание! Будьте крайне осторожны при работе с иглами. Они острые и вы можете себя травмировать!**

**После окончания работы помещайте иглу в защитный футляр!**

**7.1. Возможное решение (из 20 баллов).** Наберем в шприц воды. Наденем на его наконечник одну из игл. Расположим иглу вертикально над стаканом. Начнем медленно нажимать на шток поршня, подсчитывая число капель, соответствующее освободившемуся объему шприца, например, 1 мл. По результатам этих измерений определим массу одной капли.

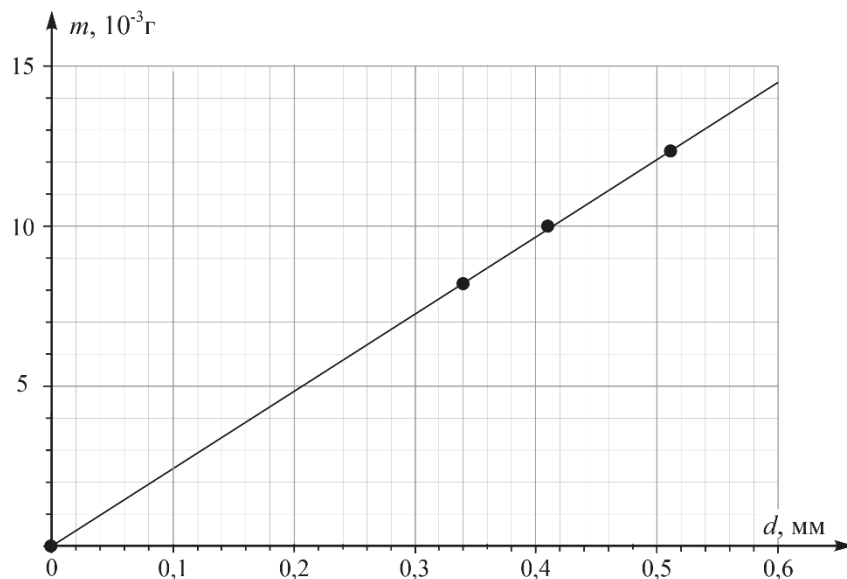
Измерения для каждой иглы следует провести многократно и результаты усреднить. Если в какой-то момент времени давление на поршень превысит необходимое, то вместо капель из иглы выльется струйка жидкости. В этом случае измерение придется начать сначала. Зная объем вытекшей воды и её плотность, найдём массу соответствующего числа капель, а по этим данным определим среднюю массу капли для иглы данного диаметра.

Результаты авторских измерений представлены в табл. 1.

1.

№	$d$ , мм	Число капель $n$	Масса $M$ капель, г	$m$ средняя, $10^{-2}$ г
1	0,00	0	0	0,00
2	0,34	122	1,00	0,82
3	0,41	100	1,00	1,00
4	0,51	82	1,00	1,22

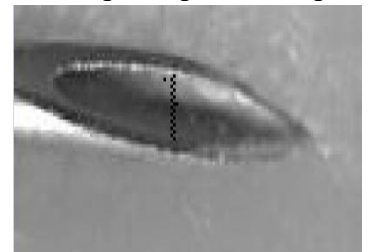
2. Строим график зависимости  $m(d)$ .



3. Из графика находим  $k = \frac{m}{d} = 2,4 \cdot 10^1 \frac{\Gamma}{\text{м}} = 2,4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}}$ .

4. Для иглы с внутренним диаметром  $d_x = 0,20$  мм масса капли  $m_x = 4,8 \cdot 10^{-6}$  кг.

**Примечание.** Внутренний диаметр иглы может отличаться от тех размеров, которые должны соответствовать калибрам, указанным в таблице. Например, при непосредственном измерении внутреннего диаметра иглы методом сканирования с разрешением 1200 пикселей на дюйм и подсчёта пикселей (см. фото), мы получили, что калибру G23 соответствует внутренний диаметр иглы в 380 мкм (что больше 340 мкм, указанных в таблице). На фотографии чёрный квадратик соответствует 1 пикселю.



Олимпиада школьников по физике имени Дж. Кл. Максвелла.  
Региональный этап. Экспериментальный тур. 24 января 2022 г.

7 класс

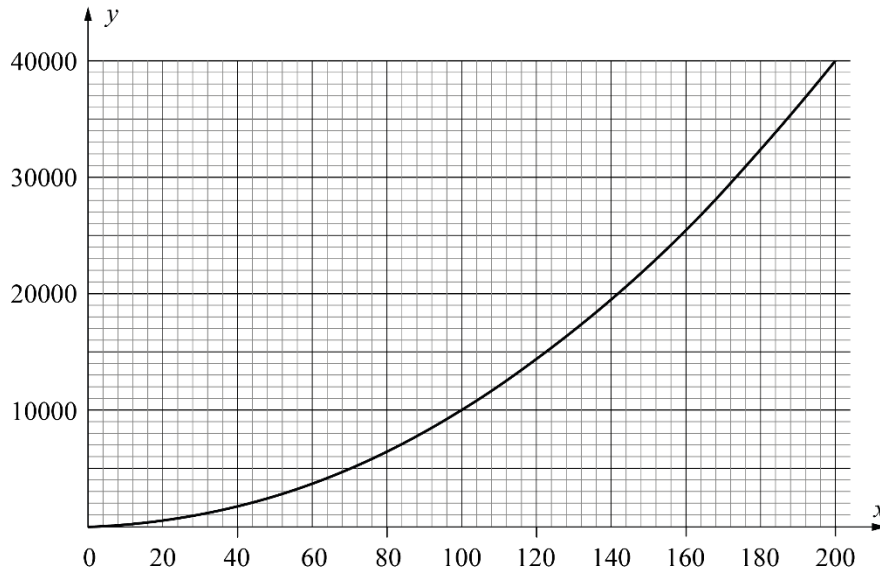
№	Э-7.1. Критерии оценивания (из 20 баллов)	Баллы
1	Идея определения массы капли через объем и плотность	2
2	Приведена таблица измерений. Объем $V$ вытекшей из шприца воды не менее 1,0 мл (если объем $V$ меньше 1,0 мл, но больше 0,5 мл, то ставим 3 балла; если объем менее 0,5 мл – то 1 балл.	6
3	Культура построения графика - подписаны оси и указаны единицы измерения 1 балл - равномерная и удобная шкала (1, 2, 5 мелких клеток между соседними оцифрованными штрихами) 1 балл - масштаб (график занимает более 60% поля листа) 1 балл - верно нанесено все точки 1 балл - проведена прямая линия 1 балл	5
4	Из графика найден коэффициент $k$ Попадание в диапазон $\pm 5\%$ 4 балла Попадание в диапазон $\pm 10\%$ 2 балла Попадание в диапазон $\pm 20\%$ 1 балл Указаны единицы измерения коэффициента $k$ 1 балл	5
5	Из графика найдена масса капли $m_x$	2

**Задание 7.2. Параллелепипед (20 баллов).** Определите плотность выданного вам деревянного бруска.

На большой грани бруска указан его номер. Перенесите этот номер в начало своего решения.

Выведите расчётную формулу для вычисления объема бруска. Обязательно описывайте введённые вами обозначения (например, длину, ширину и высоту бруска обозначим, как  $a$ ,  $b$  и  $c$  соответственно).

Для упрощения расчетов, воспользуйтесь графиком зависимости  $y = x^2$ .



**Приборы и оборудование.** Деревянный брусок; 5 листов бумаги формата А4 с поверхностной плотностью  $\sigma = 80 \text{ г/м}^2$ ; электронные весы (точность измерения 0,01 г); ножницы.

**7.2. Возможное решение (из 20 баллов).** Построим график зависимости

Приложим брусок к листу бумаги одной гранью, обведем его и повторим эту процедуру так, чтобы покрыть максимально возможную площадь листа прямоугольниками площадью  $ab$  ( $n$  прямоугольников размещаем плотно, без зазоров). Вырежем получившуюся фигуру и с помощью весов определим её массу:  $M_{ab} = m_{ab} n$ . По существу, мы используем метод рядов. Площадь одной грани  $S_{ab} = ab$ , а масса бумажного прямоугольника с площадью  $S_{ab}$  равна  $m_{ab} = M_{ab}/n$ . Они связаны соотношением  $m_{ab} = \sigma S_{ab} = \sigma ab$ .

Повторим те же измерения для двух других граней:  $ac$  и  $bc$ . Получим систему уравнений:

$$m_{ab} = \sigma S_{ab} = \sigma ab; \quad m_{ac} = \sigma S_{ac} = \sigma ac; \quad m_{bc} = \sigma S_{bc} = \sigma bc.$$

Перемножая эти три уравнения, получим:  $m_{ab} m_{ac} m_{bc} = \sigma^3 (abc)^2 = \sigma^3 V^2$ , где  $V$  – объем бруска. Можем рассчитать численное значение  $V^2$ , а  $V$  определим с помощью графика  $y = x^2$ .

С помощью весов найдем массу  $m_0$  бруска и, по известным массе и объему, рассчитываем его плотность  $\rho = \frac{m_0}{V}$ .

Олимпиада школьников по физике имени Дж. Кл. Максвелла.  
Региональный этап. Экспериментальный тур. 24 января 2022 г.  
7 класс

№	Э-7.2. Критерии оценивания (из 20 баллов)	Баллы
1	Результат взвешивания бруска (найдена масса $m_0$ )	2
2	Установлено соответствие площади грани с массой бумажного шаблона.	2
3	Нахождение масс шаблонов граней: 3 балла за каждую грань с применением метода рядов; 1 балл при однократном измерении. Всего измеряем три грани, поэтому $3 \times 3 = 9$	9
4	Вывод формулы $m_{ab} m_{ac} m_{bc} = \sigma^3(abc)^2 = \sigma^3 V^2$ или аналогичной	3
5	Нахождение объема бруска Попадание в диапазон $\pm 10\%$ 2 балла Попадание в диапазон $\pm 20\%$ 1 балл	2
6	Нахождение плотности бруска Попадание в диапазон $\pm 10\%$ 2 балла Попадание в диапазон $\pm 20\%$ 1 балл	2