

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 капль необходимо все измерения проводить со шприцом, в который вставлен поршень). Легкое нажатие на поршень позволяет реализовать контролируемый режим поштучного вытекания капль.



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/м³); 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.

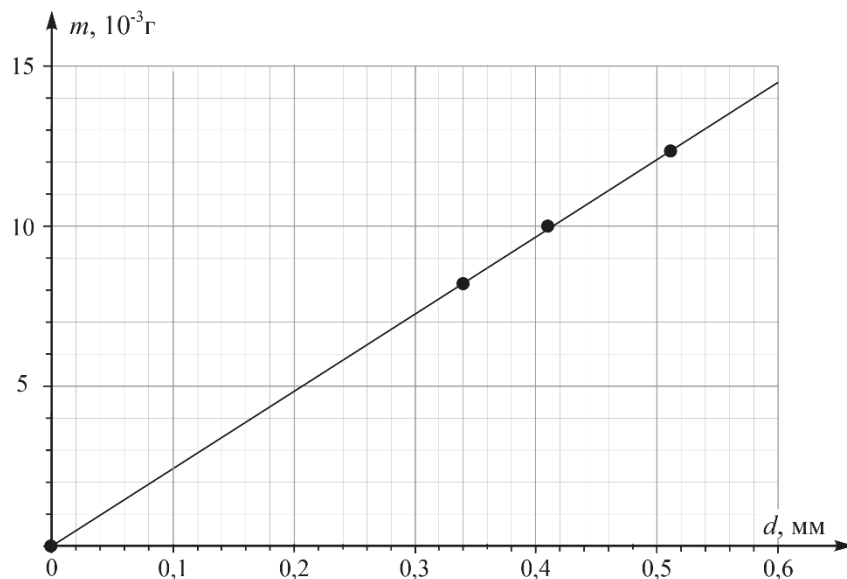
Измерения для каждой иглы следует провести многократно и результаты усреднить. Если в какой-то момент времени давление на поршень превысит необходимое, то вместо капель из иглы выльется струйка жидкости. В этом случае измерение придется начать сначала. Зная объем вытекшей воды и её плотность, найдём 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 |

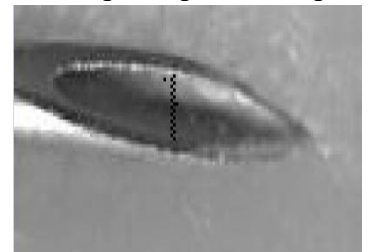
2. Строим график зависимость $m(d)$.



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 |