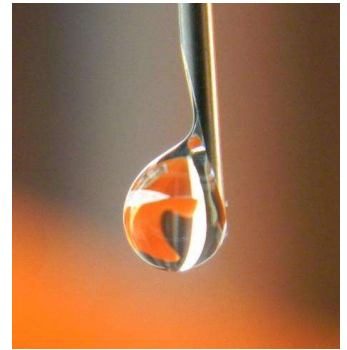


Задание 8.1. Иглокальвание (из 20 баллов). При медленном движении поршня шприца масса m капельки жидкости, отрывающейся от кончика иглы (при вертикальном положении шприца (см. рис.)), прямо пропорциональна внутреннему диаметру иглы d ($m = kd$). Коэффициент пропорциональности k зависит от типа жидкости. (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!

8.1. 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.

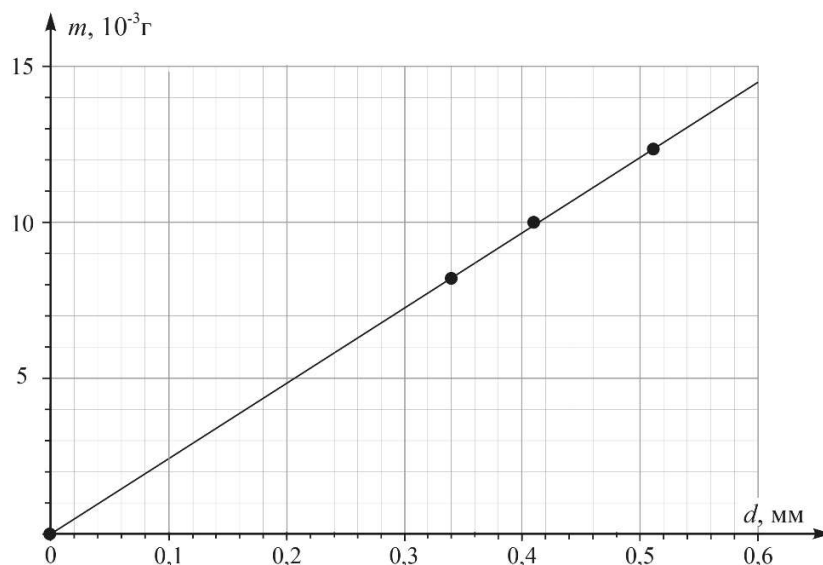
Измерения для каждой иглы следует провести многократно и результаты усреднить. Если в какой-то момент времени давление на поршень превысит необходимое, то вместо капель из иглы выльется струйка жидкости. В этом случае измерение придется начать сначала. Зная объем вытекшей воды и её плотность, найдём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

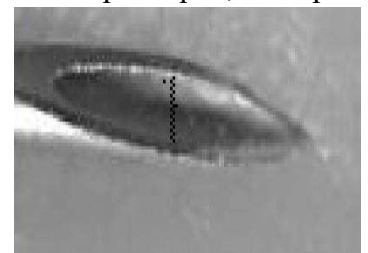
2. Строим график зависимость $m(d)$.



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

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.



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

№	Э-8.1. 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 <ul style="list-style-type: none"> - 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 <ul style="list-style-type: none"> 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

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

Задание Э-8.2. Лови момент

Определите массу m и длину l однородного стержня, находящегося внутри трубки. Приведите вывод расчётных формул для определения m и l .

Приборы и оборудование: Весы электронные; линейка; трубка. Внутри трубки у её торца A , помеченного красной меткой (на фото метка слева), закреплён однородный пыж (длина и масса пыжа указываются дополнительно). Другой конец B трубки заделан изоляцией. В трубке также находится стержень длиной l и массой m , который может в ней свободно перемещаться.

Внимание! 1) Снимать изоляцию с торца трубки запрещено.

2) Спланируйте измерения так, чтобы минимизировать влияние неоднородности (изоляция на торце B) на результат вычисления m .



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

8 класс

Возможные решения. У автора задания длина пыжа $z = 68$ мм, а масса $\mu = 2,1$ г.

1) Измерим длину трубки: $L = 400$ мм. Конец трубки A , которого касается пыж, положим на весы. Другой конец B положим на край линейки. К этому же концу сместим стержень. С помощью линейки приподнимем трубку так, чтобы она заняла почти горизонтальное положение, касаясь концом A площадки весов. При этом показание весов $m_1 = 20,5$ г. Затем сместим стержень так, чтобы он упёрся в пыж. Теперь показание весов $m_2 = 29,6$ г. Применим для этих случаев правило моментов (сократив обе части уравнений на g):

$$(1) \quad m_1 L = M \frac{L}{2} + m \frac{l}{2} + \mu \left(L - \frac{z}{2} \right);$$

$$(2) \quad m_2 L = M \frac{L}{2} + m \left(L - z - \frac{l}{2} \right) + \mu \left(L - \frac{z}{2} \right).$$

$$(3) \quad M = M_0 - m - \mu,$$

где $M_0 = (M + m + \mu) = 51,6$ г – масса трубки со стержнем и пыжом, определенная простым взвешиванием. Решая уравнения (1) – (3), получим:

$$(4) \quad m = \frac{L(M_0 + \mu - m_1 - m_2)}{z} - \mu = 19,1 \text{ г.}$$

$$(5) \quad l = \frac{2m_1 L - \mu(2L - z) - ML}{m} = \frac{(2m_1 - 2\mu - M)L + \mu z}{m} \approx 141 \text{ мм.}$$

Реальная масса стержня $m = 18,5$ г.

№	Э-8.2. Критерии оценивания (из 20 баллов)	Баллы
1	Измерена масса M_0 трубки с содержимым	1
2	Измерена длина L трубки	1
3	Измерена масса m_1 За однократное измерение	2 1 балл
4	Измерена масса m_2 За однократное измерение	2 1 балл
5	Уравнение (1)	2
6	Уравнение (2)	2
7	Уравнение (3) или найдена масса трубки	1
8	Из решения системы уравнений (1) – (3), получено уравнение (4)	2
9	Получен численный ответ с погрешностью не более 10%	2
10	Получен численный ответ с погрешностью не более 25% ставим 1 балл	
11	Получена формула (5) или аналогичная	3
12	Получен численный ответ с погрешностью не более 10%	2
13	Получен численный ответ с погрешностью не более 25% ставим 1 балл	

Альтернативный метод измерения:

Измерим суммарную массу трубки:

$$M_0 = M + m + \mu$$

Переместим стержень внутри трубки к концу с пыжом. Уравновесим стержень на краю стола. Запишем расстояние между краем трубки с пыжом и точкой равновесия в этом случае:

$$x_1 = \frac{M \frac{L}{2} + \mu \frac{z}{2} + m(z + \frac{l}{2})}{M_0}$$

Переместим стержень к противоположному концу и вновь уравновесим его. Запишем расстояние между краем трубки с пыжом и точкой равновесия в этом случае:

$$x_2 = \frac{M \frac{L}{2} + \mu \frac{z}{2} + m(L - \frac{l}{2})}{M_0}$$

Из записанных уравнений получим массу стержня:

$$m = \frac{M_0(x_1 + x_2 - L)}{z} + \mu \left(\frac{L}{z} - 1 \right)$$

Далее рассчитаем длину стержня:

$$l = L - z - \frac{M_0}{m}(x_2 - x_1)$$

№	Э-8.2. Критерии оценивания (из 20 баллов)	Баллы
1	Измерена масса M_0 трубки с содержимым	1
2	Измерена длина L трубки	1
3	Измерено положение центра масс при положении стержня рядом с пыжом x_1 За однократное измерение 1 балл	2
4	Измерено положение центра масс при положении стержня рядом у конца трубки без пыжа x_2 За однократное измерение 1 балл	2
5	Уравнение, верно описывающее координату x_1	2
6	Уравнение, верно описывающее координату x_2	2
7	Записано уравнение связи для массы трубки, массы пыжа и массы стержня.	1
8	Из решения системы, получено выражение для массы стержня	2
9	Получен численный ответ с погрешностью не более 10%	2
10	Получен численный ответ с погрешностью не более 25% ставим 1 балл	
11	Получена выражение для длины стержня	3
12	Получен численный ответ с погрешностью не более 10%	2
13	Получен численный ответ с погрешностью не более 25% ставим 1 балл	

Примечание:

Трубки в Москве были двух типов. Те, что суммарно весили 57 г, имели внутри стержень массой 22 г. Вторые суммарно весили около 53 г и имели внутри стержень массой 18 г.

Длина всех стержней были одинаковыми, ее значение составляло 13 см.