

Олимпиада "Физтех". 2024 год, профиль «научно-технический»

10 класс. Решение экспериментального тура.

1. Падение ко дну 2.0

I. Теория

1. Распишем второй закон Ньютона для установившейся скорости v шарика и выразим скорость через остальные величины:

$$mg - \rho_2 gV = 6\pi\eta rv,$$
$$\frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_1 - \rho_2) = 6\pi\eta rv,$$
$$v = \frac{2}{9\eta} r^2 g(\rho_1 - \rho_2),$$

где ρ_1 - плотность шарика, ρ_2 - плотность жидкости.

2. Распишем добавочную силу, и проинтегрируем по площади:

$$dF = \eta \frac{v}{d} dS,$$
$$F = \eta v \int \frac{dS}{d}.$$

Пользуясь указанием и упуская сложное интегрирование по углам, получаем приближенный к реальному результат:

$$F = \frac{4\pi r^2}{R - \frac{2}{3}r} \eta v.$$

Видно, что при $r \mapsto R$ данная сила быстро увеличивается. Распишем второй закон Ньютона для движения шарика повторно с новым слагаемым:

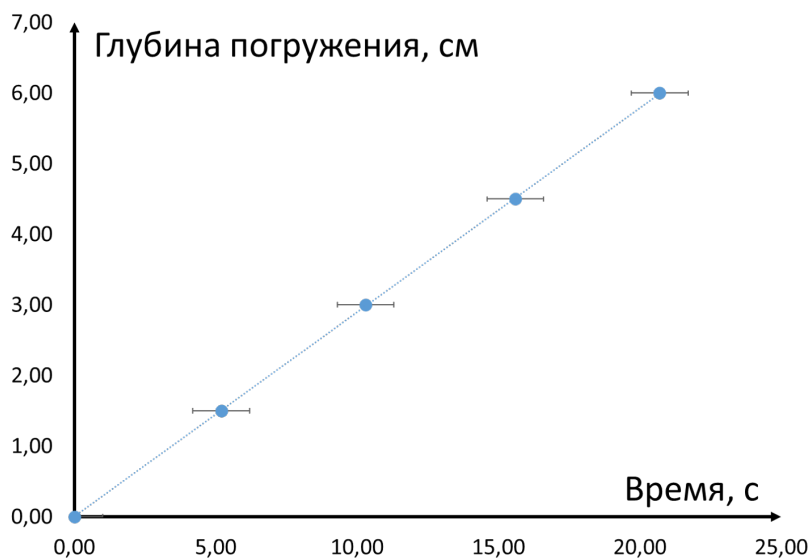
$$\frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_1 - \rho_2) = \left(6\pi r + \frac{4\pi r^2}{R - \frac{2}{3}r}\right) \eta v.$$

Отсюда получим v :

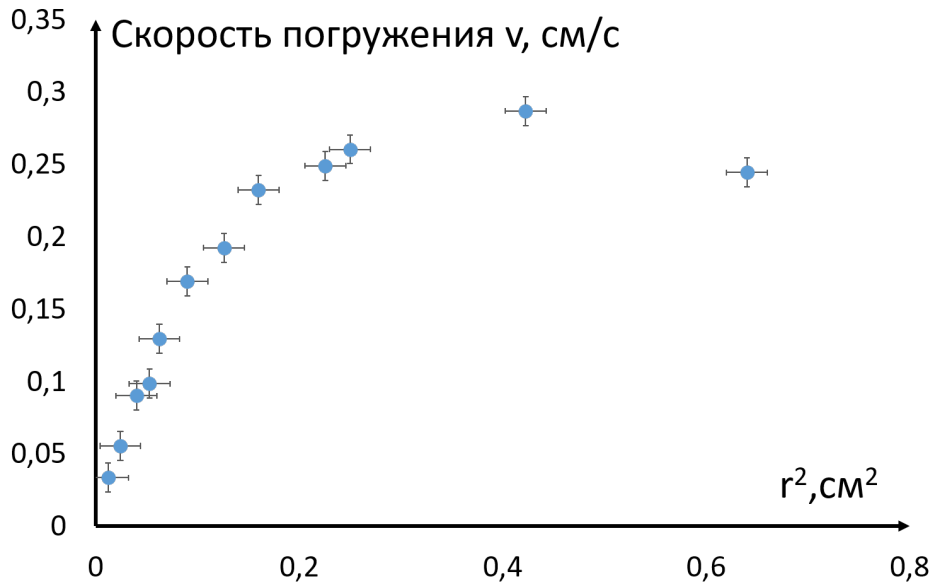
$$v = \frac{\frac{4}{3}r^2(R - \frac{2}{3}r)g}{6 + 4r} \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{\eta}$$

II. Эксперимент

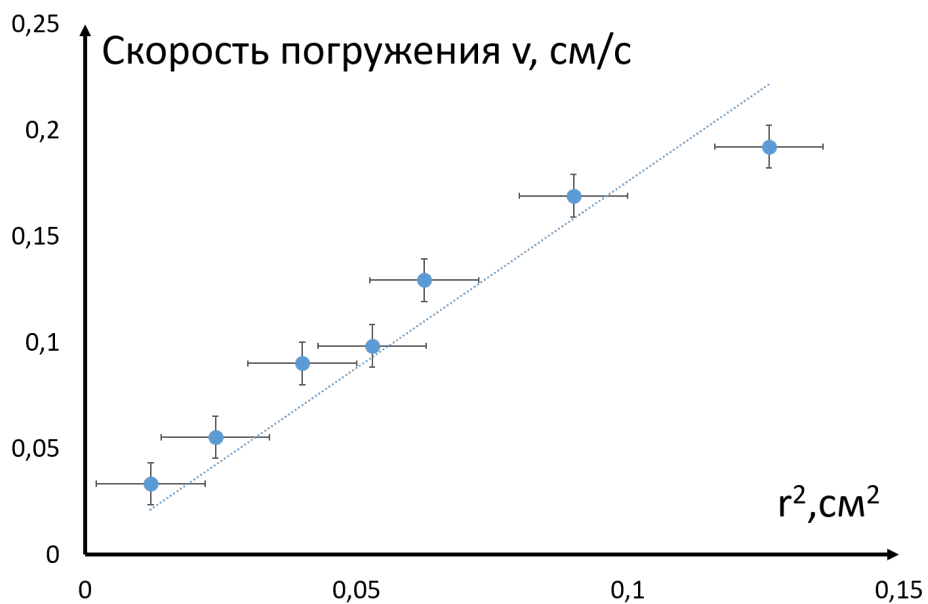
1. Слепим шарик из пластилина, запустим его тонуть, снимем глубину погружения от времени при помощи секундомера и линейки. В рамках погрешности измерения времени достижения риски на мерном цилиндре ($\Delta t \approx 1$ с) график движения можно считать прямой. С угловым коэффициентом $v = 0.29$ см/с.



2. Для того, чтобы измерить плотность исследуемой жидкости, отольем немного в маленький мерный цилиндр на весах (предварительно его затаривируем!). При $m = 12.38 \pm 0.01$ г, $V = 12 \pm 1$ мл. Значит $\rho = 970 \pm 10$ кг/м³. Уточнить результаты можно при помощи шприца.
3. Добавив в мерный цилиндр кусочек пластилина измеряем изменение объема в нём, а также изменение показаний весов. $\Delta m = 3.35 \pm 0.01$ г, $\Delta V = 2.5 \pm 0.5$, а $\rho = 1340 \pm 300$ кг/м³
4. Шарик измеряем штанген-циркулем в 3 перпендикулярных измерениях для нахождения средней величины и среднего отклонения, дабы уточнить результаты измерения диаметра. Построив график в приближении линеаризации выведенного в теории уравнения замечаем, что данные не ложатся на прямую. А значит теория Стокса не применима на всем диапазоне радиусов. Что мы получили в пункте I.2.



5. Однако, если мы хотим определить вязкость, нам нужно найти линейную область. Она находится при малых радиусах шарика относительно радиуса трубки. Находим угловой коэффициент $k = 1.75 \pm 0.05$ 1/(с * см). Зная плотности жидкости и шара находим вязкость (не забывая о размерности коэффициента). $\eta = \frac{2}{9k}g(\rho_1 - \rho_2) = 4.6$ Па/с.

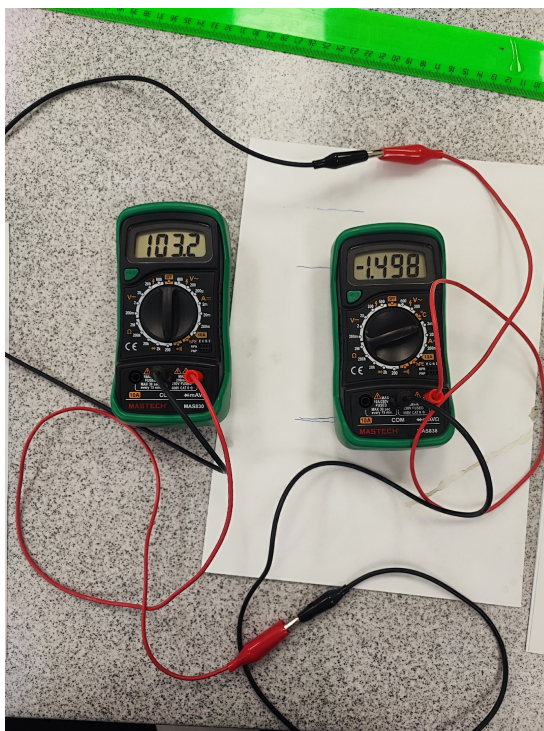


Олимпиада "Физтех". 2024 год, профиль «научно-технический»

10 класс. Решение экспериментального тура.

2. Мультиметр-ВАХметр

1. Для начала подключим мультиметры друг к другу (порты COM и универсальный), один в режиме амперметра, другой в режиме омметра. В таком случае можно будет внутреннее сопротивление мультиметра в режиме амперметра для каждого из доступных режимов.

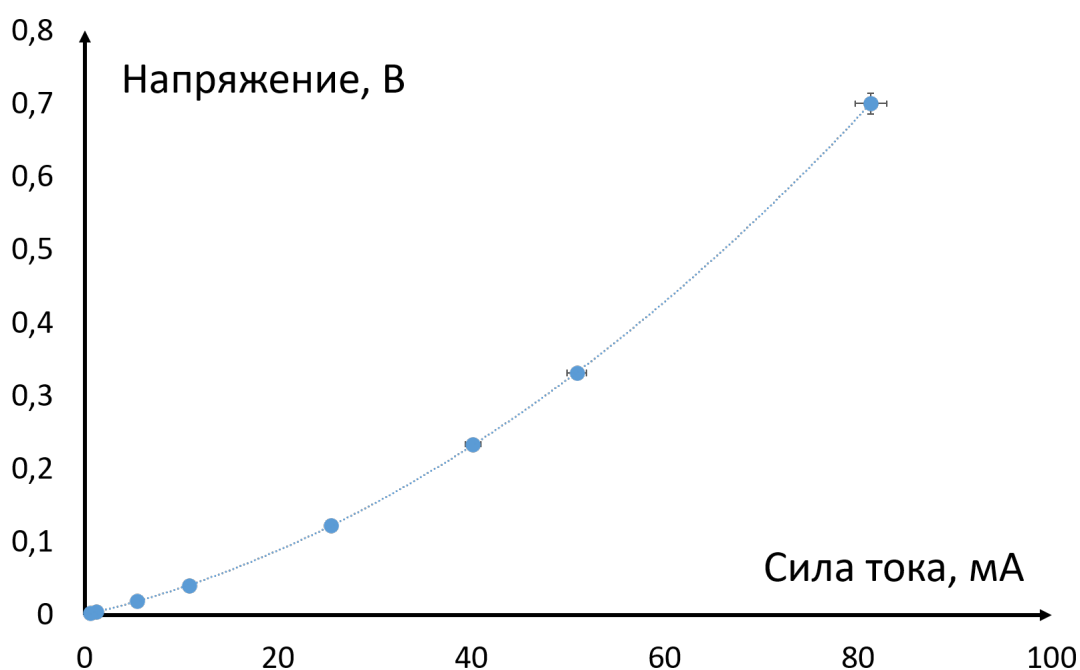


Режим	Значение r , Ом
200 μ	1010
2m	104.6
20m	11.8
200m	2.4

*Примечание: Выданные мультиметры не имеют режима 200 μ .
Количество точек в итоговом ВАХ будет 6, а не 8.*

2. В нашем наборе появляются 4 резистора, мы можем измерить 4 точки ВАХ лампочки. Соберем цепь последовательно батарейка-амперметр-лампочка. Параллельно будем подключать второй мультиметр в режиме вольтметра и снимать напряжение сначала на амперметре (для вычисления силы тока в цепи), а затем на лампочке. После данных измерений мы получим 4 точки на ВАХ (они кстати уже хорошо показывают нелинейность для лампочки), для более точного измерения подключим вторую лампочку. Если последовательно, тогда будет падать напряжение на второй лампочке вдвое, если параллельно, тогда на второй лампочке ток будет падать вдвое. Так мы сможем получить 8 точек ВАХ.

Примечание: Возможно снять дополнительную точку на 1.2 Вольта, где батарейка подключена последовательно к лампочке. Тогда лампочку необходимо отдельно измерить на омметре.



Примечание: ВАХ на графике снят для лампочки 3.5В, 1.00Вт.