

Решение

Соберем установку, изображенную на рисунке 1. Для закрепления магнитных шариков на внешней поверхности трубки поместим в трубку цилиндрический магнит.

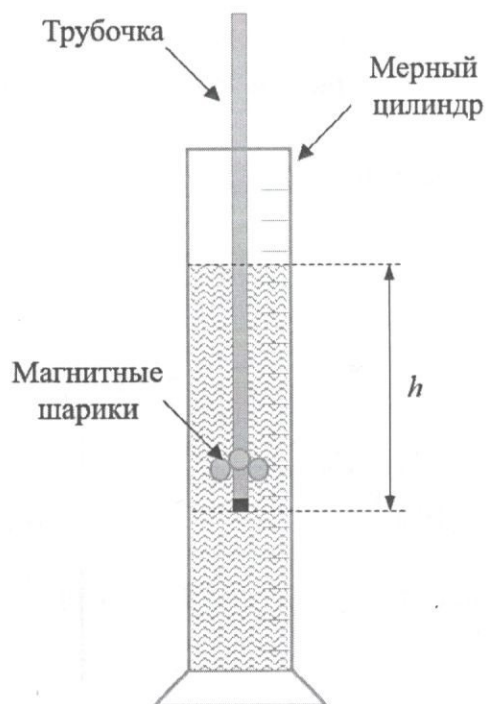


Рис. 1. Установка для измерения плотности шариков

Глубина погружения трубки зависит от количества шариков N , прикрепленных к трубке. Для системы трубка + шарики можно записать равенство сил, действующих вверх и вниз:

$$F_{\text{Ат}} + NF_{\text{Аш}} = Mg + Nmg, \quad (3)$$

где $F_{\text{Ат}}$ - сила Архимеда, действующая на трубку, $F_{\text{Аш}}$ - сила Архимеда, действующая на один шарик, Mg - сила тяжести, действующая на трубку, mg - сила тяжести, действующая на один шарик. Запишем уравнение 1 более подробно:

$$\rho_0 \frac{\pi D^2}{4} hg + N \rho_0 \frac{\pi d^3}{6} g = Mg + N \rho \frac{\pi d^3}{6}, \quad (4)$$

где D - диаметр трубочки, d - диаметр магнитного шарика, ρ_0 - плотность воды, ρ - плотность материала шариков, h - глубина погружения трубочки. Преобразуем полученное уравнение:

$$h - \frac{4M}{\rho_0 \pi D^2} = N \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 \right) \frac{2d^3}{3D^2}, \quad (5)$$

Видно, что зависимость $h(N)$ линейная с угловым коэффициентом, зависящим от плотности материала магнитных шариков, диаметра шариков и диаметра трубочки.

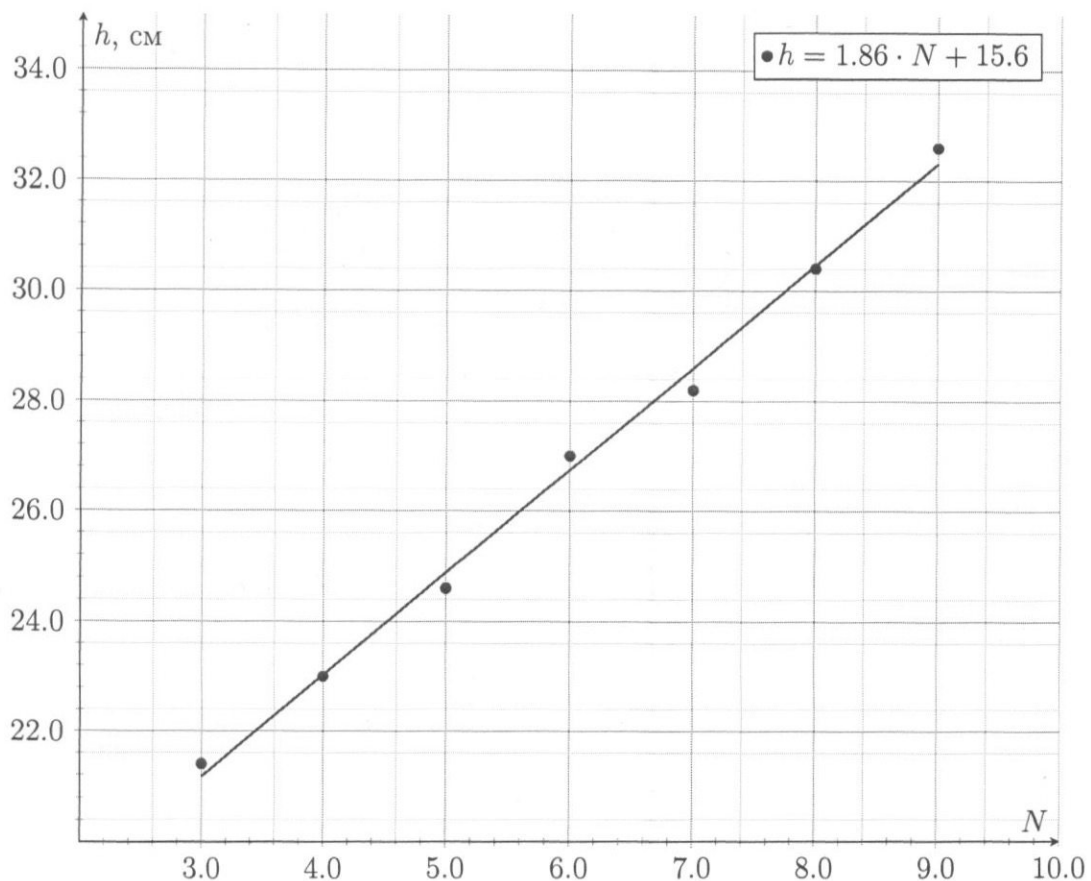
Снимем зависимость глубины погружения трубочки от количества шариков:

N	h , см
3.0	21.4
4.0	23.0
5.0	24.6
6.0	27.0
7.0	28.2
8.0	30.4
9.0	32.6

Построим график зависимости $h(N)$. И рассчитаем его угловой коэффициент:

$$A = \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1\right) \frac{2d^3}{3D^2} = 1.86 \pm 0.06 \text{ см}^{-1} \quad (6)$$

График зависимости h от N



Для определения диаметра трубочки воспользуемся методом прокатывания. Трубочка пройдет пол линейке $l_1 = 86 \pm 1$ мм, совершив $n_1 = 5$ оборотов. Таким образом диаметр

трубочки составит:

$$D = \frac{l_1}{n_1 \pi} = 5.48 \pm 0.07 \text{ мм} \quad (7)$$

Для определения диаметра шариков уложим в ряд $n_2 = 10$ шариков и измерим длину получившейся цепочки $l_2 = 50 \pm 1 \text{ мм}$.

$$d = \frac{l_2}{n_2} = 5.0 \pm 0.1 \text{ мм} \quad (8)$$

Окончательно рассчитаем плотность материала шариков:

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{3AD^2}{2d^3} + 1 \right) = 7.7 \pm 0.9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \quad (9)$$