

7.2. Баба сеяла горох (I) (Воробьев И.). В прозрачном цилиндрическом мерном стакане находятся зёрна гороха, залитые водой.

Исследуйте зависимость высоты H уровня воды в сосуде от высоты h слоя залитого водой гороха и постройте график полученной зависимости. Выведите формулу, связывающую измеренные вами величины между собой. С помощью графика и полученной формулы определите **долю объёма α** , занимаемую непосредственно горошинами в заполненном горохом объёме, а также **объём $V_{\text{в}}$ воды**, находящейся в стакане.

Примечание 1. Перед началом эксперимента тщательно продумайте последовательность его выполнения, ибо ваши действия могут оказаться необратимыми.

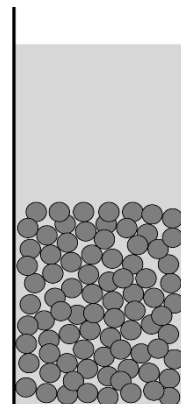
Примечание 2. Выливать воду и вынимать горох из мерного стакана запрещается!

Оборудование: мерный стакан с горохом, залитым водой; пакет с сухим горохом; линейка с миллиметровыми делениями; лист миллиметровой бумаги для построения графика.

Указания организаторам. Оптимальным является использование мерного стакана объемом 100 мл, который может быть как пластиковым, так и стеклянным. Исходно сосуд заполняется горохом на примерно на 20 - 25% высоты. Примерно вдвое большее количество должно остаться в пакете. **Воду в сосуд с горохом наливают непосредственно перед началом тура (за 5 - 10 минут до запуска в аудиторию участников олимпиады).** Во всех сосудах должен быть одинаковый объем воды, равный 30 - 40% объема сосуда.

Возможное решение. В данном эксперименте использовался мерный стакан объемом 100 мл. Досыпая горох в стакан небольшими порциями, проводим измерения. Чтобы зёрна гороха распределялись равномерно, рекомендуется потряхивать сосуд.

Пусть высота слоя залитого водой гороха h , а высота уровня воды в сосуде H (измеренная от основания сосуда). Объем полного содержимого сосуда V_0 складывается из объема V_v воды в нем и объема зерен гороха. Обозначим площадь сечения сосуда S , а долю объема, занимаемую непосредственно горошинами в заполненном горохом объеме α (коэффициент заполнения).



$$V_0 = HS = V_v + \alpha hS, \quad \text{или} \quad H = V_v/S + \alpha h.$$

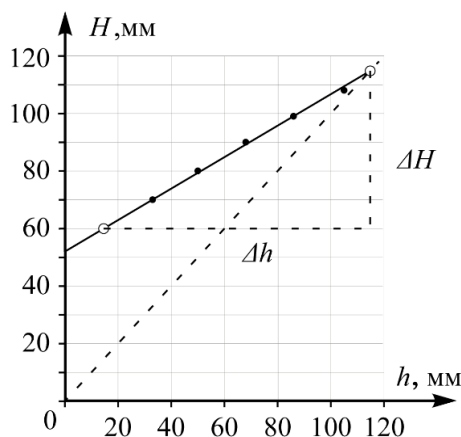
Видно, что H линейно зависит от h . На графике зависимости $H(h)$ величина α является угловым коэффициентом, а V_v/S определяется точкой пересечения графика с вертикальной осью. Измерим диаметр сосуда D , вычислим площадь его сечения $S = \pi D^2 / 4$ и определим искомый объем V_v .

№	h , мм	H , мм
1	33	70
2	50	80
3	68	90
4	86	99
5	105	108

Следует заметить, что если в эксперименте используется мерный стакан с делениями, то нет необходимости измерять площадь сечения стакана. Достаточно досыпать горох в стакан до такого уровня, при котором уровень гороха сравнивается с уровнем воды $H_1 = h_1$. Зная коэффициент заполнения объема α и объем V_1 , соответствующий уровню H_1 , вычисляем объем воды в стакане $V_v = (1 - \alpha) V_1$.

В таблице приведены результаты измерений. Ниже представлен график зависимости $H(h)$ и полученные значения искомых величин. $D = 27,5$ мм; $S = 5,94$ см²; $\alpha = 0,55$; $V_v/S = 5,2$ см; $V_v = 30,9$ мл.

(Перед проведением контрольного эксперимента в сосуд было налито $V_{v0} = 30$ мл воды).



LIV Всероссийская олимпиада школьников по физике
Региональный этап. Экспериментальный тур. 25 января 2020 г.

Критерии оценивания

- | | | |
|----|---|----------------|
| 1. | Обоснована взаимосвязь измеряемых величин (метод, формула) | 2 балла |
| 2. | Оформлена таблица (обозначения, единицы измерения)
(если в таблице не указана величина и(или) единицы измерения – 0,5 балла) | 1 балл |
| 3. | Проведено не менее 5 измерений (разных точек)
(если измерений менее 5 шт., то за пункт ставилось 0 баллов) | 1 балл |
| 4. | Оформлен график | 2 балла |
| | а) подписаны оси (величины и единицы измерения) | 0,5 балла |
| | б) оформлен масштаб на осях | 0,5 балла |
| | в) правильно нанесены экспериментальные точки | 0,5 балла |
| | г) проведена прямая линия | 0,5 балла |
| 5. | Определен коэффициент α с точностью не хуже 10%
(значение должно лежать в диапазоне 0,6-0,8) | 2 балла |
| 6. | Определен объём V_b | 2 балла |
| | с точностью не хуже 10%
(значение лежит в диапазоне 45-55 мл) | 2 балла |
| | с точностью не хуже 20%
(значение лежит в диапазоне 40-60 мл) | 1 балл |