

Задание 8.2. Баба сеяла горох (II). 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 формулы, связывающие измеренные вами величины между собой. С помощью графика и полученных формул определите долю объёма α , занимаемую непосредственно горошинами в заполненном горохом объёме, объём V_v воды, находящейся в стакане, а также число N горошин, первоначально находившихся в стакане.

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

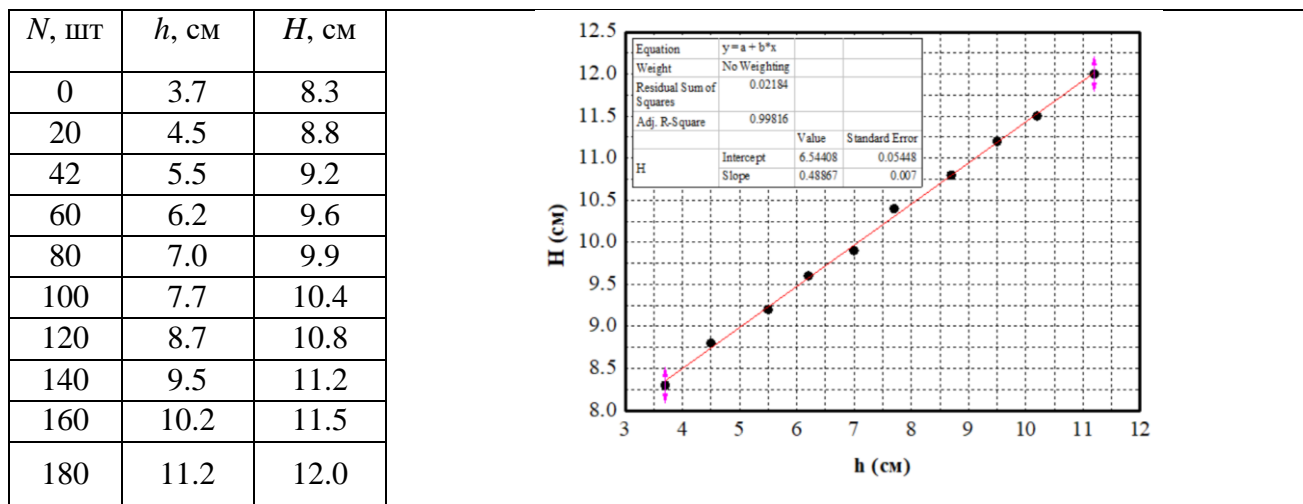
2) Выливать воду и вынимать горох из стакана запрещается!

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

Возможное решение. В данном эксперименте использовался мерный стакан объемом 100 мл. Досыпая горох в стакан небольшими порциями, проводим измерения.

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

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



Видно, что H линейно зависит от h . На графике зависимости $H(h)$ величина α является угловым коэффициентом, а V_B/S определяется точкой пересечения графика с вертикальной осью.

Наиболее простым способом определения объема воды является поиск деления на мерном цилиндре, соответствующего высоте H , равной величине смещения графика по вертикальной оси.

Выше представлен график зависимости $H(h)$ и полученные значения искомых величин.

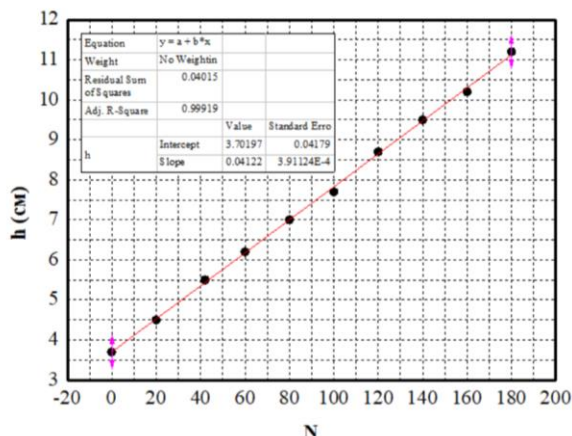
$$V_B = 41 \text{ мл}, \quad \alpha = 0,5$$

(Перед проведением контрольного эксперимента в сосуд было налито $V_{B0} = 40$ мл воды).

Для определения количества горошин N , первоначально находившихся в стакане, необходимо добавлять в сосуд горох определёнными порциями, с известным количеством горошин ΔN в этих порциях. В приведённом выше численном примере горошины добавлялись порциями по 20 шт. Если построить график зависимости h от N , то по его наклону можно определить, на сколько, в среднем, миллиметров повышается уровень столба гороха при добавлении одной горошины, или наоборот, какому количеству горошин соответствует высота в 1 мм. Теперь, зная первоначальную высоту столба гороха в сосуде, можно определить число горошин в нём. В нашем примере $\Delta h/\Delta N = 0,41$ мм/горошину. Так как из таблицы видно, что первоначальная высота

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

равнялась 37 мм, то начальное количество горошин составляло $37/0,41 = 90$ шт. (Засыпалось $N = 100$ шт.).



Горох впитывает воду, при этом объем гороха изменяется существенно, а уровень воды в цилиндре практически неизменен. Это приводит к тому, что смещение графика зависимости $H(h)$ по вертикальной оси становится меньше и оценка объема воды в работе получается заниженной. Для точек, снятых через 1 ч. 40 минут после засыпания гороха для объема воды был получен результат 36 мл. Также за это время уровень гороха в цилиндре вырос на 11 мм. Соответственно, расчетное значение количества горошин изменилось в большую сторону до 117 горошин.