

## 9 класс

### Задание 1. Соль (хлорид натрия)

Оборудование: Цилиндр измерительный объемом 100 мл, пробирка, стакан с водой, шприц, 2 комплекта порошка поваренной соли (в комплект входит три порции поваренной соли (NaCl) массой 5г, 10г, 20г.).

**Указание:** Перед началом работы тщательно продумайте последовательность ваших действий. При выполнении работы описывайте, что вы делали. Для выполнения задания используйте **только один комплект**. Второй комплект вам выдан для проведения пробного эксперимента. Дополнительные порции соли выдаваться не будут.

Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1,0 \text{ г/см}^3$ .

1. Определите плотность  $\rho_{\text{п}}$  порошка хлорида натрия.
2. Определите соотношение масс соли и воды ( $\alpha = M_{\text{с}}/M_{\text{в}}$ ) в насыщенном растворе поваренной соли при комнатной температуре (известно, что  $\alpha < 0,5$ ).

**Примечание:** насыщенным раствором называется **жидкость** в которой перестает растворяться соль.

3. Определите плотность  $\rho_{\text{к}}$  кристаллов хлорида натрия.
4. Оцените погрешность в определении  $\alpha$ ,  $\rho_{\text{п}}$ ,  $\rho_{\text{к}}$ .

**Указание для организаторов:** рекомендуется использовать соль «экстра» мелкого помола.

Порции соли должны быть отмерены с точностью  $\pm 0,1$  г.

Шприц рекомендуем брать объемом 20 мл с ценой деления 1 мл.

Цилиндр измерительный объемом 100 мл, должен быть узким, с ценой деления 1 мл/дел.

Емкость стакана с водой 0,2 – 0,5 л.

**Решение**

**Кармазин С., Чжан М.**

1. Для определения плотности порошка соли навеску массой 20 грамм следует высыпать в сухой мерный стакан или в шприц и измерить объем этого количества соли. Организаторам следует заранее определить плотность порошка той партии соли, которая используется в эксперименте. Ориентировочно,  $(1100 < \rho < 1200)$  кг/м<sup>3</sup>.
2. Для определения отношения  $\alpha$  масс соли и воды в насыщенном растворе высыпая навеску соли массой 5 грамм в пробирку и добавляем фиксируемые порции воды с помощью шприца. Дискретность (шаг) добавляемых порций воды выбирается участником олимпиады самостоятельно. После каждого добавления воды тщательно перемешиваем раствор. Теоретически процедура должна продолжаться до полного исчезновения кристалликов соли в воде. Однако, в соли может находиться некоторое небольшое количество посторонних нерастворимых примесей. Поэтому добиваться абсолютно полного исчезновения осадка не целесообразно. Эксперимент следует продолжать до тех пор, пока количество кристалликов в осадке не изменится при очередном добавлении 1 мл воды. Табличное значение  $\alpha = 0,36$ . Практически, удовлетворительным результатом следует считать  $0,32 < \alpha < 0,35$ .
3. Для определения плотности кристаллов хлорида натрия, находящуюся в измерительном цилиндре порцию соли следует залить небольшим количеством воды. Туда же можно вылить содержимое пробирки. В любом случае, необходимо обеспечить насыщенность раствора в мерном стакане, т.е. наличие в нем достаточного количества нерастворенной соли. В этом состоянии фиксируется объем содержимого в стакане. Затем в мерный стакан высыпается навеска соли массой 20 грамм и снова фиксируется объем содержимого. Необходимо, чтобы уровень воды в мерном цилиндре был выше уровня соли. Так как добавленная соль не может раствориться в насыщенном растворе, ее объем равен разности полученных объемов. Табличное значение плотности NaCl  $\rho = 2165$  кг/м<sup>3</sup>.

**Критерии оценивания.**

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. Определена плотность порошка поваренной соли                              | <b>3 балла</b>  |
| а) обоснование метода  | 0,5 балла       |
| б) результаты измерений  | 0,5 балла       |
| в) попадание в узкие ворота (1,1 – 1,2) г/см <sup>3</sup>                    | 2 балла         |
| широкие ворота (1,0 – 1,3) г/см <sup>3</sup>                                 | 1 балл          |
| 2. Определено отношение $\alpha$ масс соли и воды в насыщенном растворе NaCl | <b>5 балла</b>  |
| а) обоснование метода  | 2 балла         |
| б) результаты измерений  | 1 балл          |
| в) попадание в узкие ворота (0,32 – 0,35)                                    | 2 балла         |
| широкие ворота (0,30 – 0,37)   | 1 балл          |
| 3. Определена плотность кристаллического NaCl                                | <b>6 баллов</b> |
| а) обоснование метода  | 2 балла         |
| б) результаты измерений  | 1 балл          |
| в) попадание в узкие ворота (2,1 – 2,2) г/см <sup>3</sup>                    | 3 балла         |
| средние ворота (2,0 – 2,3) г/см <sup>3</sup>                                 | 2 балла         |
| широкие ворота (1,8 – 2,5) г/см <sup>3</sup>                                 | 1 балл          |
| 4. Оценка погрешностей   | <b>1 балл</b>   |

**Примечание:** за отсутствие единиц измерений в ответе на любой вопрос снимается 1 балл.

## **9 класс**

### **Задание 2. Ластик со скрепками**

**Задание:** Определите плотность груза (ластика – резинки). Опишите предпринятые действия, которые привели к увеличению точности результата эксперимента.

Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

**Приборы и оборудование:** Неоднородная трубка, нитки, одинаковые скрепки (50 штук), груз, стаканчик с водой, салфетки для поддержания порядка, ножницы по требованию.

**Внимание!** При выполнении эксперимента оборудование, кроме перечисленного в задании, использовать запрещено.

### Рекомендации для организаторов

Надо предусмотреть несколько ножниц на аудиторию для разки ниток, либо изначально выдать каждому участнику 3-4 нитки длиной около 50 см.

Вместо ластика можно использовать любое не намакающее тело, имеющее плотность от 1,5 до 2,5 кг/дм<sup>3</sup>. Желательно, чтобы формы тела была неправильная и без мелких полостей. Ластик надо выбирать крупный (имеющий массу около 40 г).

Скрепки нужны металлические (можно в оплетке), не самые крупные (длиной 25-30 мм) с суммарной массой равной примерно половине массы ластика (50 штук должны иметь массу около 20 г). Для каждого участника все скрепки должны быть одинаковыми!

Неоднородную трубку можно изготовить из пластиковой (ПВХ) водопроводной трубы  $d = 16$  мм, длиной  $L$  около 40 см, забив внутрь пластилин так, чтобы центр тяжести трубки оказался примерно на трети ее длины. Важно, чтобы трубка не гнулась под собственным весом и под весом ластика и скрепок. Желательно, чтобы положения центра масс трубок у разных участников отличались незначительно.

Линеек, миллиметровой бумаги и других измерителей плеч рычага у детей быть не должно.

Емкость стакана с водой 0,2 – 0,5 л.



трубка пластиковая  $d = 16$  мм  
разрезать по  $L = 40$  см



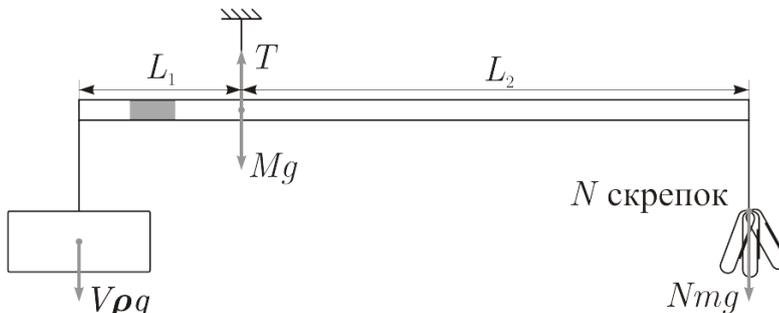
скрепки 28 мм (в коробке 100 шт.)

### Возможное решение

Замятнин М.

Для определения плотности ластика воспользуемся методом гидростатического взвешивания. Задача осложняется неоднородностью рычага и отсутствием измерителей длин.

Добьемся равновесия неоднородного рычага на нити, и определим положение его центра тяжести. Затем уравновесим на рычаге ластик максимально возможным количеством скрепок. При подвешивании тел надо стремиться использовать самые большие расстояния от центра тяжести рычага. При этом важно обратить внимание на то, что общая масса всех скрепок примерно вдвое меньше массы ластика. Центр тяжести рычага тоже находится не посередине, а примерно на трети его длины, поэтому для повышения точности измерений, более тяжелое тело необходимо подвесить к короткому плечу рычага. Пусть для равновесия ластика в воздухе потребовалось  $N_1$  скрепок в воздухе.



По правилу моментов относительно точки подвеса рычага

$$V\rho gL_1 = N_1mgL_2,$$

где  $m$  – масса одной скрепки,  $V$  – объем ластика.

Не изменяя расстояния между точками крепления нитей, полностью погрузим ластик в воду. Добьемся нового равновесия, уменьшив количество скрепок до  $N_2$ . Новое уравнение будет иметь вид

$$V(\rho - \rho_0)gL_1 = N_2mgL_2.$$

Разделив одно уравнение на другое, получим

$$\rho = \rho_0 \frac{N_1 - N_2}{N_1}.$$

Погрешность плотности ластика определяется погрешностью числа скрепок.

**Возможные критерии оценивания**

1. Идея гидростатического взвешивания	1 балл
2. Описание метода (используем рычаг, который должен быть сбалансирован; в процессе измерений не изменяем точки подвеса ластика и скрепок)	2 балла
3. Вывод расчётной формулы	3 балла
3. Определение центра масс рычага	1 балл
4. Явное указание на действия, увеличивающие плечи рычага	1 балл
5. Результаты измерений	3 балла
6. Значение плотности	3 балла
узкие ворота $\pm 5\%$	(3 балла)
средние ворота $\pm 10\%$	(2 балла)
широкие ворота $\pm 15\%$	(1 балл)
7. Оценка погрешности	1 балл