

9 класс

Задача 1. Песочные часы

Часть 1. Масса песка.

1.1. (1 балл) Исследуйте, зависит ли массовый расход  $\mu$  (кг/с) песка в песочных часах от высоты  $h$  столба песка в верхней колбе (рис. 1). Сделайте вывод.

1.2. (4 балла) Определите массу  $m$  песка внутри песочных часов. Обратите внимание на то, что колбы песочных часов имеют разную длину. Колбы часов можно считать цилиндрическими.

**Внимание!** Следует аккуратно обращаться с песочными часами, не сломать узкую горловину, соединяющую верхнюю и нижнюю колбы. Пластмассовые опоры снимать можно. За поломку колбы часов снимается **5 баллов** и новые часы не выдаются!

**Часть 2. Скорость хода часов.** В этой части эксперимента вы работаете с моделью песочных часов, собранных вами.

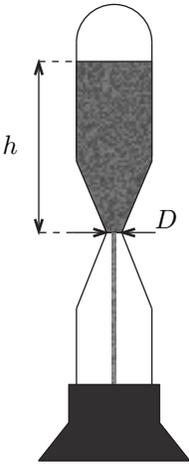


Рис. 1

2.1. (2 балла) Предположим, что массовый расход песка  $\mu$  зависит только от его плотности  $\rho$ , ускорения свободного падения  $g$ , высоты  $h$  столба песка, и разности  $(D - d)$ , где  $D$  — диаметр отверстия в пробке,  $d$  — параметр, зависящий от свойств песка,  $C$  — безразмерная константа. Методом размерностей и по результатам предыдущего опыта определите коэффициенты  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  в формуле:

$$\mu = C \rho^\alpha g^\beta h^\gamma (D - d)^\delta.$$

2.2. (3 балла) Снимите зависимость массового расхода  $\mu$  (мг/с) песка, высыпавшегося из отверстия в пробке бутылки, от диаметра отверстия  $D$ . Так как эксперимент может оказаться продолжительным, то для проверки воспроизводимости достаточно трижды повторить опыт по измерению массового расхода  $\mu$  только для отверстия диаметром  $D = 3$  мм. Определите наибольшее отклонение от среднего значения.

2.3. (4 балла) Определите значение параметра  $d$ .

2.4. (1 балл) Оцените погрешность  $d$ .

**Внимание!** Будьте аккуратны и не рассыпайте песок мимо ёмкости.

**Оборудование.** Песочные часы, миллиметровая бумага, секундомер, весы (до 200 г), брусок, пластмассовая бутылка без дна, пластиковые крышки от бутылок с отверстиями различного диаметра (3; 4; 5; 6) мм, 2 прямоугольные ёмкости для песка (одна из них с песком), деревянный штатив.

## Задача 2. Грелка

Саморазогревающаяся солевая грелка (рис. 2) представляет собой тонкий прочный пакет с ацетатом натрия, в котором плавает легкая белая таблетка (кнопка-активатор). Ацетат натрия при комнатной температуре является переохлажденной жидкостью (комнатная температура **ниже** температуры ее кристаллизации).

При нажатии на кнопку активатора запускается процесс кристаллизации с выделением большого количества теплоты. Вы увидите, как внутри пакета распространяется волна кристаллизации. После нажатия кнопки активатора остановить работу **невозможно!**

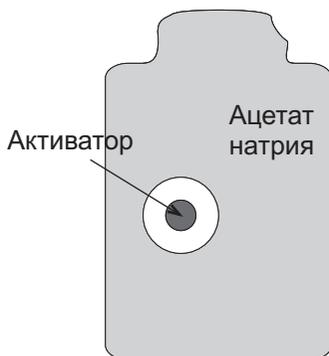


Рис. 2

**Внимание!** Перед тем как активировать грелку (запустить процесс кристаллизации), прочитайте условие до конца. Продумайте, что и в какой последовательности вы будете измерять. Подготовьте оборудование. Вам выдано две одинаковые грелки. В процессе эксперимента вам придется их обе активировать, но эксперимент с ними вы сможете провести только один раз! **Дополнительные грелки вам выдаваться не будут!**

### Задание.

1. (2 балла). Используя первую из грелок, определите температуру кристаллизации ацетата натрия.

2. (5 балла). Положите в большую кювету вторую грелку и залейте ее водой массой 120 г. **Запомните уровень воды!** Запустите процесс кристаллизации, закройте кювету крышкой с ручкой и отверстием под термометр.

- Снимите зависимость температуры воды от времени (в диапазоне от 0 до 30 минут с момента активации).
- Постройте график этой зависимости.
- Оцените время протекания процесса кристаллизации.

3. (4 балла). Налейте в большую кювету теплую воду примерно той же температуры, которой достигала вода в п.2. эксперимента до прежнего уровня.

Закройте кювету крышкой и определите мощность тепловых потерь кюветы с водой в окружающую среду.

4. (4 балла). По результатам п.2 и п.3 определите удельную теплоту кристаллизации  $\lambda_a$  ацетата натрия.

При расчетах примите: удельная теплоемкость воды  $c_v = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ , удельная теплоемкость ацетата натрия  $c_a = 2300 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$  в жидком и твёрдом состоянии одинаковая, удельная теплоемкость пластика большой кюветы  $c_k = 2000 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ .

*Примечание.* В данной работе погрешность рассчитывать **не требуется**. За порчу термометра возможен штраф **–5 баллов!** Будьте аккуратны с горячей водой!

**Оборудование.** 2 солевых грелки, термометр, вода, секундомер, один большой и два маленьких пластиковых кювета, крышка большого кювета с прорезью для термометра, пластиковая лента для извлечения крышки, вода, весы (нагружать которые *не более* чем до 290 г !), измерительная лента, шприц, самоклеющиеся стикеры.