

1. Охлаждение малыми порциями

Условие

Задача 9_1. Охлаждение малыми порциями

В данной задаче Вам предстоит исследовать зависимость температуры тёплой воды от количества добавленных в неё порций холодной воды.

Оборудование. Для каждого учащегося: калориметр с крышкой и мешалкой (без спирального нагревателя), термометр электронный, шприц (60мл), кружка с водой комнатной температуры (воды 0,5л). **На кабинет:** шприц (60мл или 100мл, 3 – 4шт, для набора тёплой воды), ёмкость с тёплой водой (температура $55 - 60^{\circ}\text{C}$, объём воды – 0,5л на одного учащегося), термометр электронный (1шт, для контроля температуры тёплой воды), весы электронные (2 шт. с отсчётом до 0,1г), часы настенные с секундной стрелкой или электронные с секундным отсчётом. **Справочные данные:** плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1,00 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,18 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$. **Подсказки.** 1) Теплоёмкость тела можно определить как произведение массы тела на его удельную теплоёмкость. 2) Теплоёмкость системы тел равна сумме теплоёмкостей тел, входящих в данную систему.

Часть 1. Теоретическая. Путь к тепловому балансу

Введём обозначения: C_0 – теплоёмкость тёплой воды, C_1 – теплоёмкость одной порции холодной воды, $C_{\text{к}}$ – теплоёмкость внутреннего стакана калориметра, t_0 – начальная температура тёплой воды, t_1 – температура холодной воды, t_n – температура воды в калориметре после добавления n -ой порции холодной воды, n – количество порций холодной воды, добавленных в тёплую воду. Иные необходимые величины введите и опишите самостоятельно.

Внимание. Теплоёмкостью внутреннего стакана калориметра пренебрегать нельзя. Теплоёмкостью других частей калориметра, термометра, тепловыми потерями пренебречь.*

В ходе эксперимента вам необходимо будет набрать в калориметр некоторый объём тёплой воды, а затем одинаковыми порциями добавлять в неё холодную воду и определять температуру смеси после добавления каждой порции холодной воды.

1.1 Укажите какие тела при описанном выше теплообмене отдают, а какие тела получают теплоту. **1.2** Составьте уравнение теплового баланса для описанного теплообмена, используя указанные выше обозначения. *Подсказка:* если потери тепла пренебрежимо малы, то установившаяся температура* t_n не зависит от того, добавили n порций холодной воды сразу или добавляли по одной порции.

1.3 Получите уравнение зависимости $t_n(n)$ температуры воды в калориметре t_n от количества добавленных в неё порций холодной воды n .

Часть 2. Экспериментальная. Тепло vs холод

2.1 Измерьте температуру воздуха $t_{\text{возд}}$ и холодной воды t_1 .

Рекомендации. Во внутренний стакан калориметра помещается 190мл воды. Рекомендуется набирать 80мл тёплой воды. Продумайте: какой будет у вас объём порций холодной воды.*

2.2 Укажите выбранный вами объём одной порции холодной воды V_1 .

Рекомендации. Заготовьте сразу таблицу для зависимости, указанной в п.2.3. Для уменьшения теплопотерь калориметр постоянно должен быть накрыт прозрачной крышкой. Вставьте в калориметр термометр, включите его. Тёплую воду набирайте шприцем, который находится на столе у организаторов олимпиады (ваш шприц для холодной воды) и вливайте её в калориметр через отверстие, которое закрывается синенькой крышкой. После того как набрали тёплую воду сразу закройте это отверстие. Возвратившись на рабочее место, сразу приступайте к выполнению эксперимента. По одной порции добавляйте холодную воду.

Два – три раза перемешайте воду мешалочкой. Следите за показаниями термометра, если показания 5 – 6 секунд не изменяются, то записывайте значение температуры в таблицу. Этот интервал времени отсчитывайте мысленно. Холодную воду заливайте через отверстие, в которое вливали тёплую воду. Не забывайте закрывать это отверстие крышкой. При достаточной расторопности эксперимент можно провести за 5 – 6 минут

2.3 Укажите набранный вами объём тёплой воды V_0 . Исследуйте зависимость $t_n(n)$ экспериментально. Результаты представьте таблично и графически.

2.4 Линеаризируйте уравнение, полученное вами в п.1.3. Подсказка: от обеих частей уравнения, полученного в п.1.3, нужно отнять t_1 и выполнить некоторые преобразования. Укажите какие величины в полученном вами линеаризованном уравнении будут аналогичны величинам y , b , a , x в линейном уравнении

$$y = b + ax. \quad (1)$$



2.5 Постройте график линеаризованной зависимости $t_n(n)$.

2.6 На основе результатов эксперимента определите температуру t_0 тёплой воды, перед добавлением первой порции холодной воды. Вычислите погрешности.

2.7 Выразите теплоёмкость внутреннего стакана калориметра C_k через теплоёмкость одной порции холодной воды C_1 . Вычислите теплоёмкость C_k . Определите с помощью весов массу внутреннего стакана калориметра m_k . Определите удельную теплоёмкость металла, из которого изготовлен внутренний стакан калориметра. Погрешности в этом пункте вычислять не нужно.

2.8 Какой оказалась бы температура воды в калориметре, если бы в него можно было добавить 20,0 порций холодной воды, при условии, что объём тёплой воды был бы такой же как в вашем эксперименте? Погрешности вычислять не нужно.

Часть 3. Оценка тепловых потерь

Хотя в части 1 было указано тепловыми потерями пренебречь, но всё же тепловые потери происходят.

3.1 С какого момента в вашем эксперименте нужно учитывать тепловые потери?

3.2 Предложите способ и выполните оценку доли k тепловых потерь в вашем эксперименте. Если необходимо, то проведите нужный для этого эксперимент.