

МОЕ ПОРТФОЛИО



ОСТЫВАНИЕ ВОДЫ В КАЛОРИМЕТРЕ



Статья посвящена исследованию остывания воды в калориметрах, в результате которого было установлено, что во всех опытах остывание жидкости хорошо аппроксимируется экспоненциальной функцией, несмотря на условия процесса. По итогам работы предложен способ повышения эффективности школьных калориметров.

Вступление

В начале этого года мы начали изучать тепловые явления. Этот раздел физики показался нам очень интересным. Поэтому когда появилась возможность написать научную работу, мы выбрали именно эту тему. Мы решили разобрать несколько частных случаев, встречающихся в нашей обычной жизни и во время проведения физических опытов. Сюда входит и остывание жидкости в различных калориметрах, зависимость температуры тел от времени и многое другое.

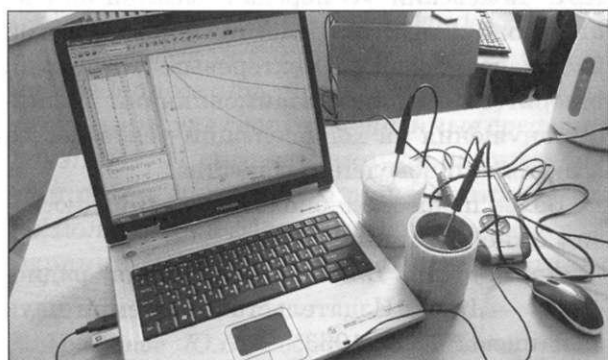


Фото 1. Оборудование и материалы

Д. Иванов, А. Беляков,
учащиеся VIII класса МОУ «Лицей № 1» г. Подольска
Научный руководитель: **М.М. Юмашев,**
учитель физики МОУ «Лицей № 1» г. Подольска

А можно ли обойтись без калориметра?

Во всех опытах, в которых нужно сохранить теплоту, используются калориметры. Но так ли велика необходимость в них? Проверим это на опыте. Сравним свойства разных калориметров. За эталон мы взяли школьный калориметр.

Оборудование и материалы

Ноутбук, школьный калориметр, измерительный цилиндр, алюминиевый стакан, измерительный прибор LabQest (LabQest —

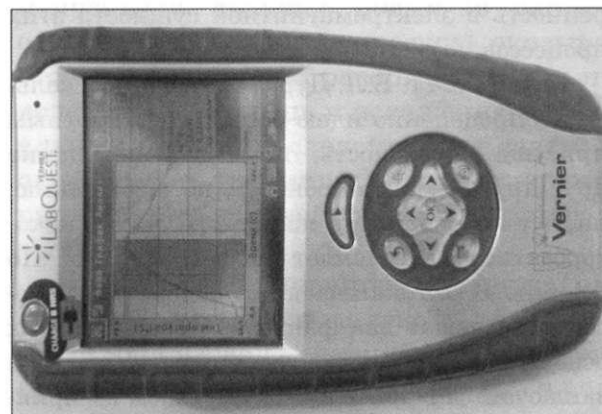


Фото 2. Измерительный прибор LabQest

устройство измерения и обработки данных), датчик температуры TMP-VTA, электрочайник, горячая вода (фото 1-2).

При работе с LabQuest можно обойтись без ноутбука, но удобнее с ноутбуком, так как больше экран (фото 3).

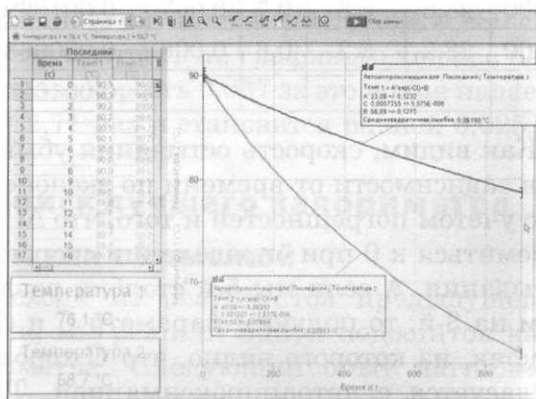


Фото 3. Экран ноутбука с графиками температур

Ход опыта

1. Ставим на некотором расстоянии друг от друга алюминиевый стакан и калориметр.
2. Опускаем в стакан и калориметр датчики температуры.
3. Заливаем горячую воду в стакан и калориметр.
4. Запускаем фиксацию измерений на 15 мин.
5. После окончания сбора данных выливаем воду в раковину.

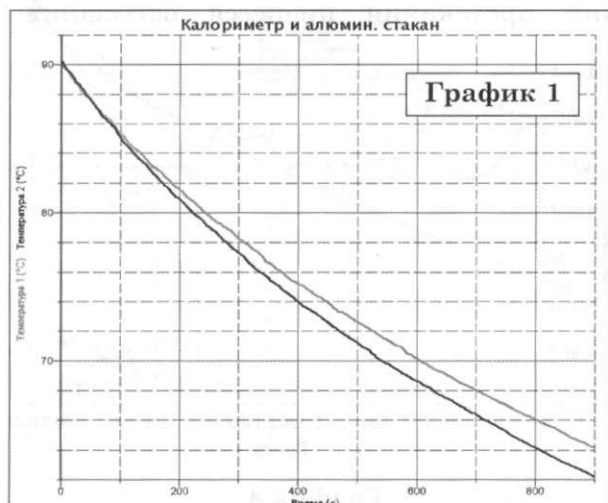


График 1

Анализ графика

Температура 1 — калориметр, температура 2 — стакан.

График 1 — экспонента ($C = 11,26 \times 10^{-3}$).

График 2 — экспонента ($C = 12,00 \times 10^{-3}$).

C — показатель экспоненты, характеризующий скорость остывания жидкости.

Вывод

Как видно из эксперимента, обычный школьный калориметр не дает значительного эффекта по сравнению с алюминиевым стаканом.

Выясним физический смысл параметра «С»

Уравнение экспоненты (зависимости температуры остывания воды от времени) $T = A \cdot \exp(-C \cdot t) + B$ задано в самом приборе при автоаппроксимации. Это уравнение можно увидеть в статье на втором графике в прямоугольнике, где B — конечная температура остывания воды (или температура окружающей среды), так как при $t \rightarrow \infty T = B$. В этом опыте $B = 22$.

Выясним физический смысл параметра C , который в данном опыте равен $0,001050 \text{ c}^{-1}$.

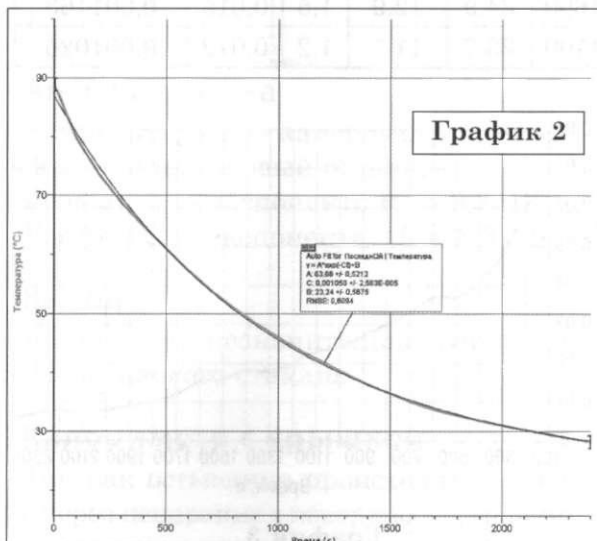


График 2

В таблице, соответствующей приведенному графику, первые 2 столбика — зависимость температуры от времени, 3-й — температура за вычетом конечной, 4-й — изменение температуры через каждые 100 с, 5-й — скорость остывания, которая уменьшается по мере остывания воды.

| t , с | T , град | $T - 22$ | ΔT | $\Delta T/\Delta t$ | $(\Delta T/\Delta t)/$ $(T - 22) = C$ |
|------------|---------------|----------|------------|---------------------|--|
| 0 | 86,3 | 65,3 | | | |
| 100 | 79,6 | 57,6 | 6,7 | 0,067 | 0,001163 |
| 200 | 73,6 | 51,6 | 6 | 0,06 | 0,001163 |
| 300 | 68,8 | 46,8 | 4,8 | 0,048 | 0,001026 |
| 400 | 64,7 | 42,7 | 4,1 | 0,041 | 0,00096 |
| 500 | 61 | 39 | 3,7 | 0,037 | 0,000949 |
| 600 | 57,3 | 35,3 | 3,7 | 0,037 | 0,001048 |
| 700 | 54 | 32 | 3,3 | 0,033 | 0,001031 |
| 800 | 51 | 29 | 3 | 0,03 | 0,001034 |
| 900 | 48,3 | 26,3 | 2,7 | 0,027 | 0,001027 |
| 1000 | 45,9 | 23,9 | 2,4 | 0,024 | 0,001004 |
| 1100 | 43,6 | 21,6 | 2,3 | 0,023 | 0,001065 |
| 1200 | 41,6 | 19,6 | 2 | 0,02 | 0,00102 |
| 1300 | 39,8 | 17,8 | 1,8 | 0,018 | 0,001011 |
| 1400 | 38 | 16 | 1,8 | 0,018 | 0,001125 |
| 1500 | 36,4 | 14,4 | 1,6 | 0,016 | 0,001111 |
| 1600 | 34,9 | 12,9 | 1,5 | 0,015 | 0,001163 |
| 1700 | 33,7 | 11,7 | 1,2 | 0,012 | 0,001026 |

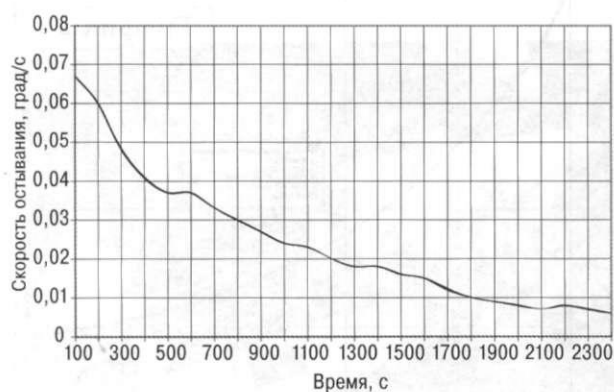


График 3

| | | | | | |
|------|------|------|-----|-------|----------|
| 1800 | 32,7 | 10,7 | 1 | 0,01 | 0,000935 |
| 1900 | 31,8 | 9,8 | 0,9 | 0,009 | 0,000918 |
| 2000 | 31 | 9 | 0,8 | 0,008 | 0,000889 |
| 2100 | 30,3 | 8,3 | 0,7 | 0,007 | 0,000843 |
| 2200 | 29,5 | 7,5 | 0,8 | 0,008 | 0,001067 |
| 2300 | 28,8 | 6,8 | 0,7 | 0,007 | 0,001029 |
| 2400 | 28,2 | 6,2 | 0,6 | 0,006 | 0,000968 |
| | | | | | 0,001024 |

Как видим, скорость остывания убывает в зависимости от времени по экспоненте с учетом погрешностей и того, что Δt не стремится к 0 при определении скорости остывания. А если мы 5-й столбик разделим на 3-й, то получим параметр C и его график, из которого видно, что C хорошо согласуется с автоаппроксимацией. Так как среднее арифметическое C по нашим расчетам $0,001024 \text{ с}^{-1}$, а при автоаппроксимации $0,001050 \text{ с}^{-1}$.

При $t = 1/C \exp(-C \cdot t) = 1/e$, где $e = 2,71...$

Таким образом физический смысл имеет не сам параметр C , а величина обратная ему.

Возможно, целесообразно ввести постоянную времени остывания τ в каждом опыте: $\tau = 1/C$, имеющую понятный физический смысл, и зависящую от условий протекания процесса остывания:

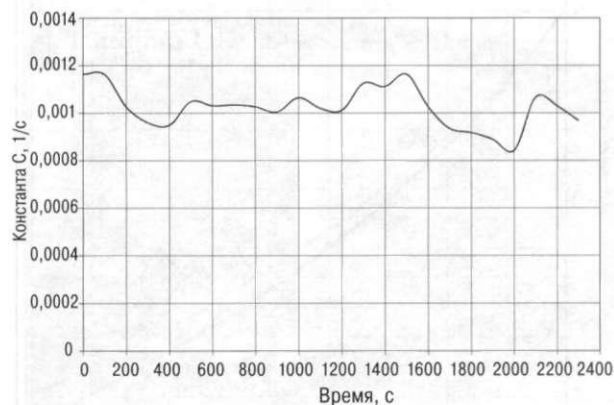


График 4

$\tau = 1/C$ — время, в течение которого скорость остывания падает в $e = 2,71$ раз.

Другими словами, это время, после которого процесс остывания воды в данном калориметре **практически** можно считать законченным.

В нашем случае $\tau = 1/0,001024 = 980$ с.

Если смотреть на график, то как раз начальная скорость 0,067 за это время падает в $e = 2,71$ раз и становится равной 0,025.

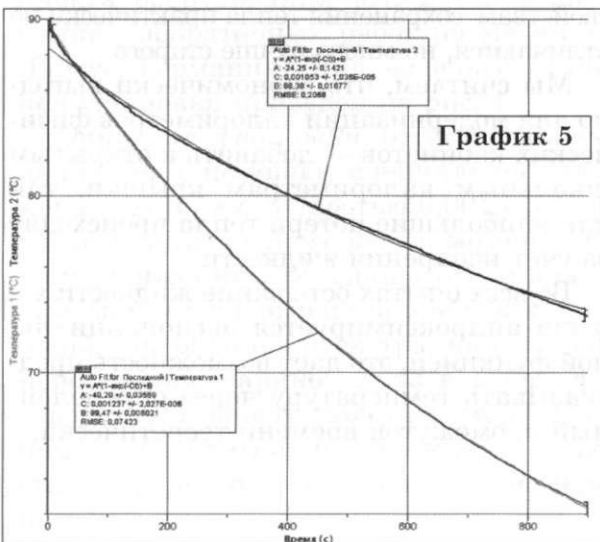
Поиск лучшего калориметра

Стакан с крышкой

Исходя из результатов предыдущего опыта, мы решили найти недостаток калориметра. Следующий опыт наглядно иллюстрирует преимущество закрытого крышкой стакана над открытым школьным калориметром.

Ход работы

1. Накрываем стакан крышкой (в крышке заранее делается отверстие для датчика). 2. Наливаем воду в стакан, затем в калориметр. 3. Накрываем стакан крышкой, вставляем в отверстие крышки датчик, другой датчик опускаем в калориметр.



Анализ графика

Температура 1 — калориметр, температура 2 — стакан с крышкой.

График 1 — экспонента ($C = 12,4 \times 10^{-4}$).

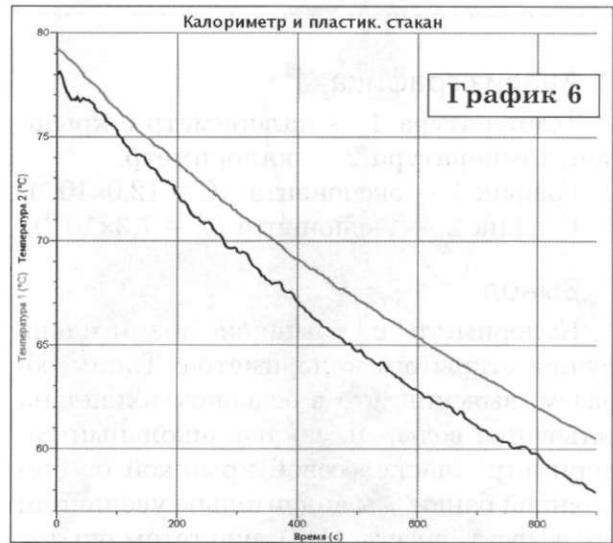
График 2 — экспонента ($C = 10,5 \times 10^{-4}$).

Вывод

Стакан с крышкой значительно эффективнее калориметра. Это говорит о том, что остывание происходит в основном через испарение с поверхности.

Пластиковый стакан

Сравним пластиковый стакан (толщина стенок 3 мм) с калориметром.



Анализ графика

Температура 1 — калориметр, температура 2 — пластиковый стакан.

График 1 — экспонента ($C = 9,7 \times 10^{-4}$).

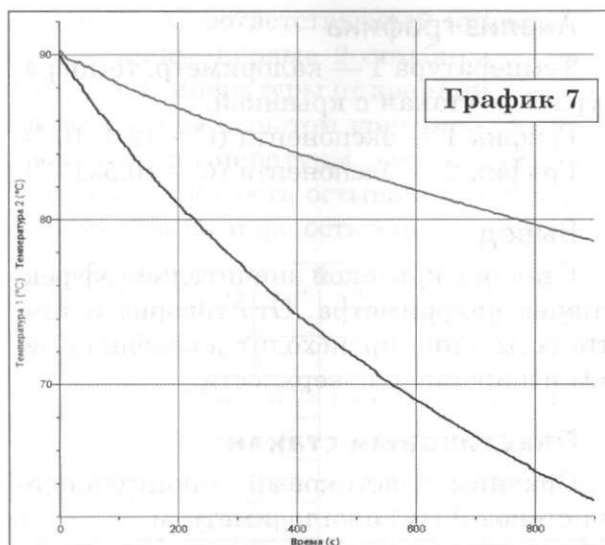
График 2 — экспонента ($C = 8,3 \times 10^{-4}$).

Вывод

Калориметр незначительно лучше просто пластикового стакана

Калориметр с крышкой

Так как остывание происходит в основном через испарение с поверхности, сравним калориметры с крышкой и без крышки.



Анализ графика

Температура 1 — калориметр с крышкой, температура 2 — калориметр.

График 1 — экспонента ($C = 12,0 \times 10^{-4}$).

График 2 — экспонента ($C = 7,3 \times 10^{-4}$).

Вывод

Калориметр с крышкой значительно лучше открытого калориметра. Таким образом, выяснив, что в основном влияет на остывание воды, и, закрыв школьный калориметр пластмассовой крышкой от стеклянной банки, мы значительно увеличили его эффективность. По результатам опытов мы рекомендуем для уменьшения тепловых потерь при проведении лабораторных работ использовать наш опыт. Как выглядит усовершенствованный калориметр видно на фото 1. Пластмассовые крышки есть практически у всех, в них легко сделать отверстия для термометров и заливки воды.

Три калориметра

После проведения данной работы мы узнали, что для проведения ГИА будут

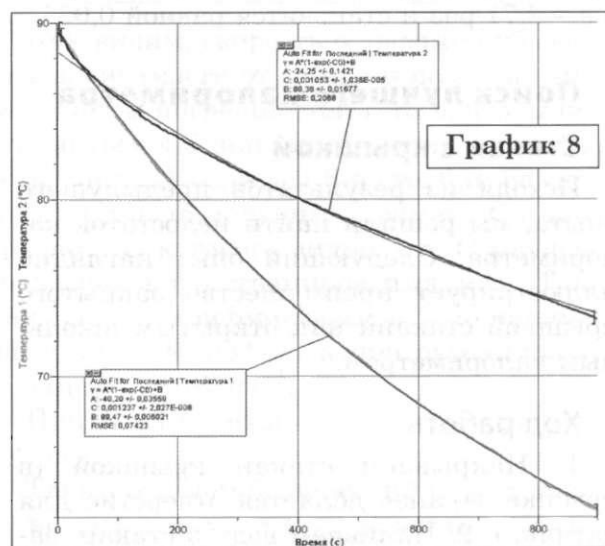
применять новые калориметры и решили сравнить старый школьный, новый и наш усовершенствованный.

Температура 1 — калориметр, температура 2 — новый калориметр, температура 3 — калориметр с крышкой.

График 1 — экспонента ($C = 5,72 \times 10^{-4}$).

График 2 — экспонента ($C = 3,32 \times 10^{-4}$).

График 3 — экспонента ($C = 3,38 \times 10^{-4}$).



Выводы

В итоге можно сделать заключение, что модернизированный калориметр и новый по свойствам сохранения тепла практически не отличаются, но много лучше старого.

Мы считаем, что экономически выгодно для модернизации калориметров физических кабинетов — добавить к открытым школьным калориметрам крышки, так как наибольшие потери тепла происходят за счет испарения жидкости.

Во всех опытах остывание жидкости хорошо аппроксимируется экспоненциальной функцией, это дает возможность предсказывать температуру через определенный промежуток времени теоретически.