

# Набор «Калориметрия» PASCO. Базовая комплектация

TD-8557B



## Комплектуемое оборудование

1	Чашка калориметра с крышкой	5	Латунный образец
2	Спиртовой термометр (от -20 до +110 °С)	6	Алюминиевый образец
3	Пароосушитель и пластиковая трубка	7	Цинковый образец
4	Образец из нержавеющей стали	8	Медный образец

## Рекомендуемое дополнительное оборудование

Для получения информации о вспомогательном оборудовании и материалах, например, о парогенераторе и весах

Изделие	Артикул
Парогенератор	TD-8556A
Тройные рычажные весы	SE-6723

Для получения дополнительной информации смотрите каталог PASCO или посетите веб-сайт по адресу

[www.pasco.com](http://www.pasco.com)

## Введение

Набор «Калориметрия» PASCO в базовой комплектации — это доступное средство для изучения основ термодинамики и роли тепла в физических процессах. При использовании с весами, льдом и источником тепла набор «Калориметрия» PASCO в базовой комплектации предоставляет всё необходимое оборудование для проведения различных лабораторных работ по калориметрии.

Чашка калориметра представляет собой сосуд с толщиной стенки 1,3 см, глубиной 10 см и внутренним диаметром 7,5 см. Масса каждого из пяти используемых металлических образцов составляет 80 г (0,08 кг). У каждого образца есть отверстие для подвешивания на нити в воде. При использовании парогенератора в качестве источника тепла можно применять пароосушитель и пластиковые трубки для предотвращения образования конденсата в чашке калориметра.

## Лабораторные работы

В настоящем методическом пособии описываются четыре важнейших вводных лабораторных работы.

### Лабораторная работа № 1. Что такое калория?

Данная лабораторная работа призвана дать фундаментальные представления о таких понятиях, как температура и тепло, а также продемонстрировать закон сохранения энергии.

### Лабораторная работа № 2. Теплоёмкость и удельная теплоёмкость

В рамках лабораторной работы осуществляется измерение удельной теплоёмкости алюминия, латуни, меди, нержавеющей стали и цинка.

### Лабораторная работа № 3. Скрытая теплота испарения.

В лабораторной работе осуществляется исследование теплообменного процесса фазового перехода пара в воду.

### Лабораторная работа № 4. Скрытая теплота плавления.

В лабораторной работе осуществляется исследование теплообменного процесса фазового перехода льда в воду.

## Теоретические сведения о калориметрии

Калориметр представляет собой сосуд (или устройство), обеспечивающий тепловую изоляцию среды лабораторной работы от окружающей. Фактически калориметр гарантирует полную независимость результатов лабораторной работы, так как температурные условия внутри сосуда не зависят от внешних воздействий — никакое тепло снаружи не проникает внутрь и никакое тепло изнутри не выходит наружу.

Однако ни один калориметр не способен обеспечить идеальные условия, поскольку всё равно существуют нежелательные и неподдающиеся учёту утечки тепла, влияющие на результаты лабораторных работ по калориметрии. Для сведения к минимуму нежелательных утечек тепла всегда руководствуйтесь нижеприведенными правилами в процессе проведения лабораторной работы.

1. Время между установлением начальной и конечной температуры должно быть минимальным.

Иными словами, критически важные этапы лабораторной работы должны проводиться максимально быстро, чтобы сократить время нежелательных утечек тепла между измерениями. От вас не требуется чрезмерная спешка — вам просто необходимо тщательно планировать проведение лабораторной работы.

2. Если это возможно, то значение температуры помещения должно быть приблизительно средним между начальным и конечным значениями температур лабораторной установки.

Если температура в помещении выше, чем температура лабораторной установки, то тепло будет отдаваться из окружающей среды в калориметр. Если температура в помещении ниже, чем температура лабораторной установки, то тепло из калориметра будет отдаваться в окружающую среду. Любые равные понижения и повышения температур лабораторной установки приводят к тому, что отдача тепла из калориметра и отдача тепла в калориметр будут приблизительно равной, что минимизирует общее влияние на лабораторную работу.

3. Измерение масс жидкостей необходимо осуществлять при температурах, максимально близких к критическим.

Это уменьшает эффект потери массы при испарении. Разностный метод определения масс жидкостей является весьма полезным (см. описание отдельных лабораторных работ).

ПРИМЕЧАНИЕ: для соблюдения вышеуказанных правил часто бывает полезно провести быструю подготовительную лабораторную работу, чтобы определить оптимальные начальные массы и температуры.

## Калориметр

В крышке чашки калориметра есть два отверстия. Одно отверстие используется для погружения термометра, а второе — для подсоединения трубки парогенератора и пр. На ободке чашки находится углубление для удобства слива жидкостей из калориметра.

Элемент	Примерное значение
Масса с крышкой	26 г
Масса без крышки	21 г
Внешний диаметр	10 см
Внутренний диаметр	7,5 см
Высота с крышкой	12,3 см
Высота без крышки	11,4 см
Объём	500 см <sup>3</sup>

## Дополнительные элементы

### Прочие элементы, необходимые для проведения лабораторных работ

Горячая и холодная вода	Кипящая вода
Нить	Незамерзающая жидкость (100 г)
Лёд в воде	Тёплая вода
Теплоизолированная чаша, 450 мл	

# Лабораторная работа № 1. Что такое калория?

## Необходимое оборудование

### Необходимое оборудование

Калориметр	Горячая и холодная вода
Термометр	Теплоизолированная чаша (около 450 мл)
Весы	

## Введение

При контактном взаимодействии двух систем или объектов с разными температурами начинается перенос тепловой энергии от более тёплой системы к более холодной. В процессе подобного теплообмена более холодная система начинает нагреваться, а более тёплая — остывать. В определенный момент две взаимодействующие системы или объекты достигают средней температуры и теплообменный процесс завершается.

Стандартной единицей измерения теплообмена является калория. Калорией считается такое количество энергии, которое необходимо, чтобы поднять температуру одного грамма воды с  $14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Однако для наших задач мы можем обобщить данное определение и принять калорию как количество энергии, необходимое для увеличения температуры одного грамма воды на один градус Цельсия (смещения температурного диапазона являются несущественным).

В настоящей лабораторной работе вы будете смешивать холодную воду с тёплой. При этом температуры и массы холодной и тёплой воды известны. Определение калории позволит вам без труда рассчитать количество тепловой энергии, передаваемой тёплой водой холодной воде до момента установления равновесной температуры. На основании результатов расчётов вы сможете определить, имело ли место сохранение тепловой энергии в данном процессе.

## Порядок действий

1. Измерьте массу пустого калориметра,  $M_{\text{клр}}$ . Запишите полученный результат в таблицу 1.1. Измерьте массу пустой теплоизолированной чаши,  $M_{\text{чаш}}$ . Запишите полученный результат в таблицу 1.1.
2. Заполните калориметр холодной водой на треть объёма. Измерьте массу калориметра с водой,  $M_{\text{клр+холовод}}$ . Запишите полученный результат.
3. Заполните теплоизолированную чашу горячей водой на треть объёма. Температура воды должна быть как минимум на  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше температуры помещения. Измерьте массу чаши с горячей водой  $M_{\text{чаш+горвод}}$ . Запишите полученный результат.
4. Измерьте температуры горячей и холодной воды ( $T_{\text{гор}}$  и  $T_{\text{хол}}$ ) и запишите результаты.
5. Сразу же после измерения температур влейте горячую воду в холодную и следите за показаниями термометра до тех пор, пока температура не стабилизируется. Запишите значение конечной температуры  $T_{\text{кон}}$ .
6. Измерьте конечную общую массу калориметра и водной смеси  $M_{\text{кон}}$ .
7. Повторите эксперимент дважды с другими массами воды и температурами. Вы также можете добавить холодную воду в горячую, а не горячую в холодную.

## Данные

Таблица 1.1. Данные

	Опыт № 1	Опыт № 2	Опыт № 3
$M_{\text{клр}}$			
$M_{\text{чаш}}$			
$M_{\text{клр+холвод}}$			
$M_{\text{чаш+горвод}}$			
$T_{\text{хол}}$			
$T_{\text{гор}}$			
$T_{\text{кон}}$			
$M_{\text{кон}}$			

## Вычисления

На основании полученных данных выполните все необходимые вычисления для расчёта массы холодной и горячей воды ( $M_{\text{холвод}}$  и  $M_{\text{горвод}}$ ), а также изменения их температур ( $\Delta T_{\text{хол}}$  и  $\Delta T_{\text{гор}}$ ). Запишите полученные результаты в таблицу 1.2.

Используя выражения ниже, рассчитайте количество тепла, переданного горячей водой холодной воде,  $\Delta H_{\text{гор}}$  и  $\Delta H_{\text{хол}}$  соответственно. Запишите полученные результаты в таблицу.

$$\Delta H_{\text{хол}} = (M_{\text{холвод}})(\Delta T_{\text{хол}})(1 \text{ кал}/(\text{г}\cdot\text{К}))$$

$$\Delta H_{\text{гор}} = (M_{\text{горвод}})(\Delta T_{\text{гор}})(1 \text{ кал}/(\text{г}\cdot\text{К}))$$

Таблица 1.2. Вычисления

	Опыт № 1	Опыт № 2	Опыт № 3
$M_{\text{холвод}}$			
$M_{\text{горвод}}$			
$\Delta T_{\text{хол}}$			
$\Delta T_{\text{гор}}$			
$\Delta H_{\text{хол}}$			
$\Delta H_{\text{гор}}$			

## Вопросы

1. В каком случае внутренняя энергия была выше в чашках: до смешивания или после смешивания? Имело ли место сохранение энергии?
2. Дайте пояснения возможным источникам утечки или проникновения тепла, которые могли бы повлиять на результаты лабораторной работы.
3. Какова будет равновесная температура смеси, если к 200 г воды с температурой 85 °С добавить 150 г воды с температурой 15 °С?

## Лабораторная работа № 2. Удельная теплоёмкость

### Необходимое оборудование

Калориметр	Кипящая вода
Термометр	Холодная вода
Весы	Нить
Незамерзающая жидкость, около 100 г	Образцы: алюминий, латунь, медь, нержавеющая сталь, цинк

### Введение

Удельной теплоёмкостью вещества, обычно обозначаемой символом  $c$ , является количество тепла, необходимое для увеличения температуры одного грамма этого вещества на  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (или  $1\text{ K}$ ). Из определения калории, приведенного в лабораторной работе № 1 ясно, что удельная теплоёмкость воды составляет  $1,0\text{ кал}/(\text{г}\cdot\text{K})$ . Тогда для объекта, состоящего из вещества с удельной теплоёмкостью  $c_{\text{вещ}}$  необходимо количество теплоты  $\Delta H$  для увеличения его температуры на  $\Delta T$  будет равно:

$$\Delta H = (\text{масса объекта}) (c_{\text{вещ}}) (\Delta T)$$

В первой части настоящей лабораторной работы вам предстоит измерить удельные теплоёмкости алюминия, латуни, меди, нержавеющей стали и цинка. Во второй части вам предстоит определить удельную теплоёмкость незамерзающей жидкости.

**ВНИМАНИЕ!** В процессе проведения лабораторной работы используется кипящая вода и работа с ГОРЯЧИМИ металлами. Соблюдайте меры предосторожности.

### Часть 1. Определение удельной теплоёмкости пяти металлических образцов

1. Измерьте массу калориметра  $M_{\text{клр}}$  (он должен быть пустым и сухим). Запишите полученный результат в таблицу 2.1.
2. Измерьте массы образцов из алюминия, латуни, меди, нержавеющей стали и цинка. Запишите измеренные массы в таблицу 2.1 в строку  $M_{\text{обр}}$ .
3. Привяжите нить к каждому образцу, подвесьте их и погрузите их в кипящую воду. Выждите несколько минут, пока образцы не прогреются основательно.
4. Наполните калориметр холодной водой примерно на половину объёма. Убедитесь, что наполнили калориметр достаточным количеством воды, чтобы в неё можно было полностью погрузить любой металлический образец.
5. Измерьте температуру холодной воды  $T_{\text{хол}}$ . Запишите измеренные значения в таблицу.
6. Сразу же после измерения температуры выньте один металлический образец из кипящей воды, быстро вытрите его насухо и затем погрузите его в калориметр с холодной водой (образец должен быть полностью погружён в воду, но не должен касаться дна калориметра).
7. Перемешивайте воду до установления равновесной температуры воды с металлическим образцом. Запишите наивысшее значение температуры воды  $T_{\text{кон}}$ .
8. Сразу же после измерения температуры измерьте и запишите общую массу калориметра, воды и металлического образца  $M_{\text{общ}}$ .

9. Выньте образец, слейте воду из калориметра и просушите его.

10. Повторите шаги 4–9 для всех остальных металлических образцов.

## Часть 2. Удельная теплоёмкость незамерзающей жидкости

Повторите действия первой части данной лабораторной работы, но вместо металлических образцов нагрейте примерно 100 г незамерзающей жидкости до температуры 60 °С. Измерьте и запишите итоговую температуру и сразу же влейте незамерзающую жидкость в калориметр с холодной водой и начитайте перемешивать её до установления равновесной температуры (это займёт примерно 1 минуту). Запишите полученные данные и расчёты на отдельном листе бумаги. Вам понадобятся следующие данные:

- масса калориметра  $M_{\text{клр}}$ ;
- масса калориметра с водой  $M_{\text{воды}}$ ;
- температура холодной воды  $T_{\text{хол}}$ ;
- масса калориметра с водой и незамерзающей жидкостью  $M_{\text{общ}}$ ;
- температура воды с незамерзающей жидкостью  $T_{\text{кон}}$ .

## Данные и вычисления

Таблица 2.1. Данные и вычисления (часть 1)

	Опыт № 1	Опыт № 2	Опыт № 3	Опыт № 4	Опыт № 5
$M_{\text{клр}}$					
$M_{\text{образца}}$					
$T_{\text{хол}}$					
$T_{\text{кон}}$					
$M_{\text{общ}}$					
$M_{\text{воды}}$					
$\Delta T_{\text{воды}}$					
$\Delta T_{\text{образца}}$					
$c$					

### Часть 1

Используйте выражения ниже для каждого образца для определения массы использованной воды  $M_{\text{воды}}$ , изменения температуры воды после контакта с металлическим образцом  $\Delta T_{\text{воды}}$  и изменения температуры металлического образца после контакта с водой  $\Delta T_{\text{образца}}$ . Запишите полученные результаты в таблицу 2.1.

$$M_{\text{воды}} = M_{\text{общ}} - (M_{\text{клр}} + M_{\text{образца}})$$

$$\Delta T_{\text{воды}} = T_{\text{кон}} - T_{\text{хол}}$$

$$\Delta T_{\text{образца}} = 100\text{ °C} - T_{\text{кон}}$$

Согласно закону сохранения энергии тепло, отданное металлическим образцом, должно соответствовать теплу, полученному водой:

$$\text{тепло, отданное образцом} = (M_{\text{образца}}) (c_{\text{образца}}) (\Delta T_{\text{образца}}) = (M_{\text{воды}}) (c_{\text{воды}}) (\Delta T_{\text{воды}}) = \text{тепло, полученное водой,}$$

где  $c_{\text{воды}}$  — удельная теплоёмкость воды, равная 1,0 кал/(г·К).

Используя приведенное выше выражение и собранные данные, рассчитайте удельные теплоёмкости алюминия, латуни, меди, нержавеющей стали и цинка. Запишите полученные результаты в нижней строке таблицы 2.1.

### Часть 2.

$$M_{\text{клр}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$M_{\text{воды}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$T_{\text{хол}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$M_{\text{общ}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$T_{\text{кон}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Для определения удельной теплоёмкости незамерзающей жидкости  $c_{\text{незамерз}}$  воспользуйтесь методикой из первой части.

$$c_{\text{незамерз}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

### Вопросы

1. Как соотносятся удельные теплоёмкости образцов с удельной теплоёмкостью воды?
2. Дайте пояснения возможным источникам утечки или проникновения тепла, которые могли бы повлиять на результаты лабораторной работы.
3. На основании измеренных значений удельной теплоёмкости незамерзающей жидкости скажите, какое вещество является лучшим средством охлаждения автомобильного двигателя — вода или незамерзающая жидкость? Почему для охлаждения двигателя используют незамерзающую жидкость?

ДЛЯ ЗАМЕТОК

## Лабораторная работа № 3. Скрытая теплота испарения.

### Необходимое оборудование

Калориметр	Термометр
Парогенератор	Пароосушитель
Трубки	Весы

*Если в наличии парогенератора нет, то вместо него можно использовать перегонную колбу и газовую горелку Бунзена. Вторую перегонную колбу можно использовать в качестве пароосушителя.*

### Введение

Когда вещество переходит в другое состояние, его кристаллическая решетка меняется. Если вновь сформированная кристаллическая решетка имеет большую внутреннюю энергию, то вещество должно поглотить тепло для осуществления перехода в новое состояние. И наоборот, если новая кристаллическая решетка имеет меньшую

внутреннюю энергию, то вещество должно высвободить тепло для перехода в новое состояние.

В настоящей лабораторной работе вам предстоит определить, насколько больше энергии содержится в 1 г пара при 100 °С, чем в 1 г воде при той же температуре. Это разница называется скрытой теплотой испарения воды.

**ВНИМАНИЕ!** В процессе проведения лабораторной работы используется кипящая вода и пар. Соблюдайте меры предосторожности!

### Порядок действий

1. Измерьте температуру помещения  $T_{\text{пом}}$ .
2. Соберите установку из парогенератора и пароосушителя (см. рис. 3.1). Длины трубок следует подбирать приблизительно равным тем, что изображены на рисунке.
3. Измерьте массу пустого сухого калориметра  $M_{\text{клр}}$ .
4. Наполните калориметр холодной водой (на 10 °С ниже комнатной) на половину объема.
5. Включите парогенератор и дождитесь свободного выхода пара на протяжении как минимум одной минуты.
6. Измерьте температуру холодной воды  $T_{\text{нач}}$  и массу калориметра с водой  $M_{\text{клр+воды}}$ .
7. Зразу же после этого погрузите свободный конец короткой трубки в холодную воду в калориметре. Непрерывно перемешивайте воду термометром.

**ВАЖНО!** Нижняя часть пароосушителя должна быть выше уровня воды в калориметре, чтобы предотвратить перетекание воды из калориметра обратно в пароосушитель.

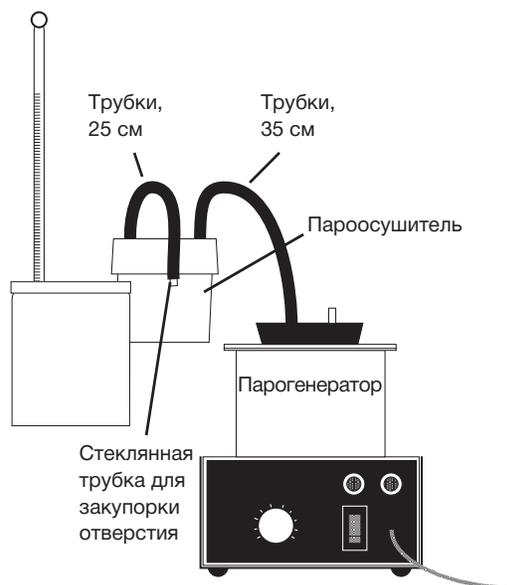


Рисунок 3.1.

8. Когда температура воды  $T$  превысит температуру помещения на столько же, на сколько она была изначально ниже температуры помещения, выньте трубку парогенератора. Продолжайте перемешивать воду до установления равновесной температуры и запишите её наивысшее значение  $T_{\text{кон}}$ .

**ВАЖНО!** Всегда вынимайте трубку парогенератора из воды, прежде чем отключить нагрев парогенератора. Вы можете объяснить почему это необходимо делать?

9. Сразу же после этого измерьте массу калориметра с водой и конденсированным паром  $M_{\text{кон}}$ .

## Данные

$T_{\text{пом}} =$  \_\_\_\_\_

$M_{\text{клр}} =$  \_\_\_\_\_

$T_{\text{нач}} =$  \_\_\_\_\_

$M_{\text{клр+воды}} =$  \_\_\_\_\_

$T_{\text{кон}} =$  \_\_\_\_\_

$M_{\text{кон}} =$  \_\_\_\_\_

## Вычисления

В процессе конденсирования пара в холодной воде тепловая энергия пара переносится в воду двумя путями. В первую очередь, высвобождается скрытая теплота испарения. Отдавая тепловую энергию, пар превращается в воду, но при этом конденсированная вода всё ещё имеет температуру кипения ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Таким образом, второй путь переноса тепла заключается в высвобождении тепловой энергии кипящей конденсированной водой и наступлении термического равновесия с холодной водой при некоторой конечной температуре  $T_{\text{кон}}$ .

Согласно закону сохранения энергии суммарная тепловая энергия, высвобожденная из пара, равна суммарной тепловой энергии, поглощённой холодной водой. Математически запишем это как:

$$(M_{\text{пар}})(H_{\text{ст}}) + (M_{\text{пар}})(1 \text{ кал}/(\text{г}\cdot\text{К}))(T_{\text{пар}} - T_{\text{кон}}) = (M_{\text{воды}})(1 \text{ кал}/(\text{г}\cdot\text{К}))(T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}})$$

$$M_{\text{пар}} = M_{\text{кон}} - M_{\text{клр+воды}} = \text{_____}$$

$$M_{\text{воды}} = M_{\text{клр+воды}} - M_{\text{клр}} = \text{_____}$$

$$T_{\text{пар}} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$H_{\text{ст}}$  — скрытая теплота испарения 1 г воды.

Используйте полученные данные и информацию выше для определения  $H_{\text{ст}}$ .

*ПРИМЕЧАНИЕ: термометр также поглощает часть тепловой энергии во время проведения лабораторной работы. Примем теплоёмкость термометра равной теплоёмкости 1 г воды (это довольно точная аппроксимация). Таким образом, мы добавляем 1 г к  $M_{\text{воды}}$  в выражении выше).*

$$H_{\text{ст}} = \text{_____}$$

## Вопросы

1. Почему ожог, вызванный 1 г пара при температуре 100 °С более опасен, чем ожог от 1 г воды при температуре 100 °С?
2. Попробуйте объяснить, каким образом тепло, выделяемое в процессе испарения воды, может влиять на климат и погоду.
3. Каким образом вода, используемая при приготовлении пищи, выполняет функцию охлаждающего средства? Подсказка: что происходит при полном выкипании воды?)

ДЛЯ ЗАМЕТОК

## Лабораторная работа № 4. Скрытая теплота плавления.

### Необходимое оборудование

Калориметр	Термометр
Тёплая вода	Лёд в воде (при температуре плавления)

### Введение

Ровно как и пар имеет более высокую внутреннюю энергию, чем вода, так и вода имеет более высокую внутреннюю энергию, чем лёд. Необходимо определённое количество энергии для того, чтобы молекулы воды преодолели силы, удерживающие их в кристаллической решётке льда. Точно такое же количество энергии высвобождается молекулами при формировании кристаллической решётки льда.

В данной лабораторной работе вам предстоит опытным путем определить разницу внутренних энергий 1 г льда при температуре 0 °С и 1 г воды при температуре 0 °С. Разность этих значений энергии называется скрытой теплотой плавления воды.

### Порядок действий

1. Измерьте температуру помещения  $T_{\text{пом}}$ .
2. Измерьте массу пустого сухого калориметра  $M_{\text{клр}}$ .
3. Наполните калориметр тёплой водой (на 15 °С выше комнатной температуры) на половину объёма.
4. Измерьте массу калориметра с водой  $M_{\text{клр+воды}}$ .
5. Измерьте начальную температуру тёплой воды  $T_{\text{нач}}$ .
6. Добавьте небольшие куски льда в тёплую воду. Непосредственно перед погружением удалите с них талую воду. Добавляйте лёд постепенно, непрерывно помешивая воду термометром до полного расплавления всех кусков льда.
7. Когда температура смеси будет ниже комнатной температуры настолько же, насколько температура тёплой воды изначально была выше комнатной температуры, и когда весь лёд растает, измерьте устоявшуюся температуру воды ( $T_{\text{кон}}$ ).
8. Сразу же после измерения температуры  $T_{\text{кон}}$  измерьте массу калориметра с водой  $M_{\text{кон}}$ .

### Рекомендуемая дополнительная лабораторная работа

Повторите предыдущую лабораторную работу, но вместо обычного льда используйте материал, который замораживается и хранится в специальных металлических или пластиковых ёмкостях, и используется в походных термосумках (так называемый «многоразовый лёд»).

### Данные

$T_{\text{пом}} =$  \_\_\_\_\_

$M_{\text{клр}} =$  \_\_\_\_\_

$M_{\text{клр+воды}} =$  \_\_\_\_\_

$$T_{\text{нач}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$T_{\text{кон}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$M_{\text{кон}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

### Вычисления

Согласно закону сохранения энергии количество тепла, поглощённого льдом при плавлении и последующем нагревании талой воды до равновесной температуры, должно соответствовать количеству тепла, отданного тёплой водой при охлаждении до конечной равновесной температуры. Математически это можно выразить следующим образом:

$$(M_{\text{льда}})(H_{\text{ст}}) + (M_{\text{льда}})(1 \text{ кал}/(\text{г}\cdot\text{К}))(T_{\text{кон}} - 0 \text{ }^\circ\text{C}) = (M_{\text{воды}})(1 \text{ кал}/(\text{г}\cdot\text{К}))(T_{\text{нач}} - T_{\text{кон}})$$

$$M_{\text{льда}} = M_{\text{кон}} - M_{\text{клр+воды}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

На основании полученных данных и информации, представленной выше, рассчитайте скрытую теплоту плавления 1 г воды  $H_{\text{ст}}$ .

$H_{\text{ст}}$  — скрытая теплота плавления 1 г воды.

### Вопросы

1. Какие преимущества, кроме удобства, по сравнению с обычным льдом имеет многоразовый лёд? Если вы не проводили дополнительную лабораторную работу, то просто поясните, какими свойствами должно обладать вещество, чтобы поглощать тепло лучше, чем лёд?
2. Спланируйте лабораторную работу для определения того, какое вещество из любых двух (например, лёд и многоразовый лёд) будет лучше подходить для охлаждения изолированных пищевых продуктов и при этом:
  - а) дольше удерживать низкую температуру;
  - б) удерживать более низкую температуру.

## Техническая поддержка

По всем вопросам, касающимся продуктов PASCO, обращайтесь в компанию PASCO.

Адрес: PASCO scientific  
10101 Foothills Blvd.  
Roseville, CA, 95747-7100, США  
Тел.: +1-916-786-3800 (для любой страны)  
800-772-8700 (США)  
Факс: +1-(916) 786-7565  
Веб-сайт: [www.pasco.com](http://www.pasco.com)  
Email: [support@pasco.com](mailto:support@pasco.com)

### Дополнительная информация

Для получения дополнительной информации о последней редакции настоящей инструкции посетите веб-сайт:

[www.pasco.com/manuals](http://www.pasco.com/manuals)

Для поиска введите артикул.

Дополнительная информация о данной и прочей продукции PASCO, требуемом программном обеспечении и наличии других вспомогательных средств указана на веб-сайте компании PASCO.

### Гарантия, авторское право и товарные знаки

#### Ограниченная гарантия

Описание гарантийных обязательств в отношении продукта содержится в каталоге PASCO.

#### Авторское право

*Инструкция* 012-15393A PASCO scientific защищено авторскими правами. Все права защищены. Некоммерческим образовательным учреждениям разрешается воспроизводить любую часть данного методического пособия только для использования в лабораториях и учебных классах, но не для продажи. Воспроизведение любой части методического пособия при любых других обстоятельствах без предварительного разрешения компании PASCO scientific запрещается.

#### Товарные знаки

PASCO и PASCO scientific являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками PASCO scientific в США и/или других странах. Все другие торговые названия, продукты и названия услуг являются или могут являться товарными знаками или знаками обслуживания и используются для указания конкретных продуктов или услуг соответствующих владельцев. Для получения подробной информации посетите веб-сайт [www.pasco.com/legal](http://www.pasco.com/legal).