

Остывание воды и плавление льда

Условие

Задание 1

«Остывание воды и плавление льда»

Внимание! Проведение измерений требует большого времени. Ознакомьтесь со всем условием, тщательно спланируйте проведение эксперимента. Ампула со льдом будет выдана вам по первому требованию. Учитывайте, что на каждого участника приготовлена только одна ампула! Рекомендуем сначала провести все необходимые измерения, а потом проводить их обработку!

Приборы и оборудование: Пластиковый стакан в калориметре, термометр, секундомер, пластиковая ампула со льдом, горячая вода, мензурка.

Удельная теплоемкость воды $c_0 = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$; плотность воды $\rho_0 = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; удельная теплоемкость льда $c_1 = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$.

Часть 1. «Потерями теплоты пренебречь!»

Все измерения проводите со стаканом, помещенным в пластиковую бутылку, которая играет роль калориметра. Налейте в стакан 150 мл горячей воды. Ее температура должна превышать 50°C. Дождитесь когда температура воды опустится до 45°C и в этот момент погрузите в воду ампулу со льдом и запускайте секундомер. Сначала температура воды опускается очень быстро – будьте готовы быстро записывать результаты! При проведении измерений постоянно слегка перемешивайте воду в стаканчике.

1.1. Измерьте зависимость температуры воды в стакане от времени в диапазоне температур 45°C ÷ 30°C. 1.2. Определите примерно момент времени, когда весь лед в ампуле растает. Укажите значение температуры воды в этот момент времени. 1.3. Определите массу льда, который вам был выдан. Деления шкалы на ампуле заданы в миллилитрах. 1.4. Пренебрегая потерями теплоты, оцените значение удельной теплоты плавления льда.

Часть 2. «Потери теплоты учесть!»

В данной части задания вам необходимо учесть потери теплоты, переходящей от горячей воды в окружающую среду. Для этого необходимо изучить процесс остывания воды в стакане без льда. Налейте в стакан столько горячей воды, чтобы ее уровень в стакане был таким же, как и в первой части задания.

2.1 Измерьте зависимость температуры воды в стакане (без льда) от времени в диапазоне температур $45^{\circ}\text{C} \div 30^{\circ}\text{C}$.

2.2 Постройте графики зависимостей температуры воды от времени, полученных в пп. 1.1 и 2.1.

Потоком теплоты q называется отношение количества теплоты δQ отданной водой к промежутку времени $\Delta\tau$, за который эта теплота отдана

$$q = \frac{\delta Q}{\Delta\tau}. \quad (1)$$

Подсказка. Для расчета потока теплоты рекомендуется использовать следующую методику. У вас получены значения времен τ_k когда температура воды опустилась до температуры t_k . Для каждого значения температуры t_k скорость ее изменения приблизительно рассчитайте по формуле

$$\left(\frac{\Delta t}{\Delta\tau}\right)_k = \frac{t_{k+1} - t_{k-1}}{\tau_{k+1} - \tau_{k-1}},$$

то есть используйте соседние в таблице значения температур и времен.

2.3 Обычно полагают, что поток теплоты между телами пропорционален разности их температур. Для проверки этой гипотезы постройте график зависимости потока теплоты, от воды в окружающую среду, от температуры воды (используйте данные, полученные в п. 2.1). Сделайте обоснованный вывод о применимости высказанной гипотезы о потоке теплоты в этом эксперименте.

2.4 Представьте зависимость потока теплоты от воды в окружающую среду от температуры воды в виде

$$q_0 = at^{\circ} + b, \quad (2)$$

Определите численные значения параметров этой зависимости. Оцените температуру воздуха в калориметре.

2.5 По данным, полученным в п. 1.1, рассчитайте зависимость суммарного потока теплоты от воды (в воздух и в лед) от температуры.

2.6 Используя найденную зависимость (2), рассчитайте поток теплоты от воды ко льду. Постройте график зависимости этой величины от времени.

2.7 На полученном графике укажите интервал времени, в течение которого происходило плавление льда. Найдите среднее значение потока теплоты от воды ко льду в этом интервале.

2.8 Рассчитайте удельную теплоту плавления льда с учетом потерь теплоты в окружающую среду.

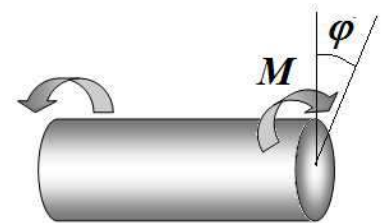
Задание 2.

«Кручение»

Приборы и оборудование: Штатив с зажимом, пластиковая трубка (гелевый стержень), металлическая спица, набор грузов (гвозди), линейка деревянная, линейка пластиковая для измерений, пластилин.

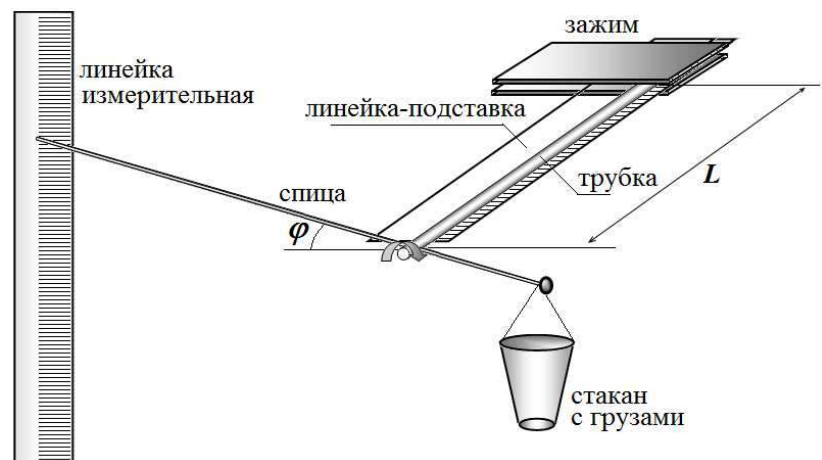
Точное значение массы одного гвоздя вам будет указано. В ходе измерений смещать спицу относительно стержня не следует!

Кручение – один из распространенных видов деформаций. В качестве меры деформации используется угол кручения φ , а характеристикой упругих сил – момент силы упругости M , который в состоянии равновесия равен моменту внешних сил, приложенных к телу. В состоянии равновесия при малых деформациях угол кручения пропорционален приложенному моменту сил (закон Гука)



$$\varphi = KM \quad (1)$$

где K некоторый коэффициент пропорциональности. В данной работе вам необходимо проверить выполнимость закона Гука для деформации кручения пластиковой трубки и исследовать зависимость коэффициента



пропорциональности K от длины деформируемой части трубки L . Для проведения исследований вам предлагается использовать следующую установку. Исследуемая трубка вместе с линейкой-подставкой (для уменьшения прогиба) зажата в лапке штатива. Конец трубки

проткнут длинной спицей, на один конец которой подвешен пластиковый стаканчик, в который можно помещать грузы – одинаковые гвозди. Второй конец спицы движется вблизи вертикальной измерительной линейки. Передвигать спицу относительно трубки стержня не следует. В качестве подставки для линейки используется кусок пластилина. При необходимости линейку можно передвигать. Измерения следует проводить, начиная с больших длин свободной части трубки L .

Часть 1. Закон Гука.

Измерения проводите при максимальной длине трубки. Углы деформации следует измерять в радианах. При малых углах тангенс угла приблизительно равен самому углу, измеренному в радианах.

1.1 Измерьте зависимость угла кручения φ от числа гвоздей, помещенных в стакан. Измерения проведите в двух направлениях: при нагрузке (постепенно увеличивая массу груза) и при разгрузке (уменьшая массу груза в стакане).

1.2 Постройте график полученной зависимости. Сделайте обоснованный вывод о применимости закона Гука в этом случае.

1.3 Объясните, почему зависимости угла кручения от приложенного момента сил полученные при нагрузке и разгрузке не совпадают.

1.4 Рассчитайте значение коэффициента пропорциональности K в формуле (1) с максимальной возможной точностью. Используйте для этого данные полученные только при «нагрузке» стержня. Укажите физический смысл этого коэффициента.

Часть 2. Коэффициент пропорциональности.

В данной части работы измерения угла кручения проводите только в одном направлении – при последовательном увеличении нагрузки на стержень. Считайте, что закон Гука выполняется!

2.1 Проведите измерения зависимости угла кручения от числа гвоздей, помещенных в стакан для разных длин L деформируемой части стержня.

2.2 На одном бланке постройте графики полученных зависимостей.

2.3 Рассчитайте значения коэффициента K для всех длин L деформируемой части стержня.

2.4 Из теории упругости следует, что коэффициент зависит от длины деформируемой части трубки по закону

$$K = CL^\alpha, \quad (2)$$

где C и α - некоторые постоянные величины. Проверьте выполнимость данной формулы в данной задаче. Определите численные значения параметра α . Ответ обоснуйте графически.