

Условие

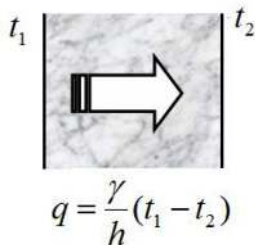
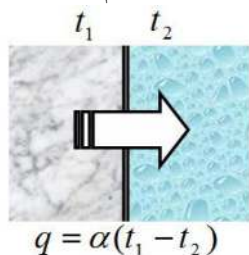
Задание 10-1. Теплоотдача.

В данном задании рассматриваются процессы установления теплового равновесия в различных системах. Для решения задачи Вам понадобятся следующие (почти очевидные) теоретические сведения.

1. Если два тела приведены в тепловой контакт, то количество теплоты, перетекающее через единицу площади соприкосновения (поток теплоты) в единицу времени пропорционально разности температур тел

$$q = \alpha(t_1 - t_2), \quad (1)$$

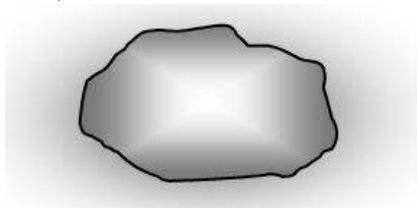
коэффициент α называется коэффициентом теплоотдачи и является характеристикой соприкасающихся тел.



2. Поток теплоты в единицу времени через слой вещества толщиной h пропорционален разности температур границ слоя и обратно пропорционален толщине слоя h :

$$q = \frac{\gamma}{h}(t_1 - t_2). \quad (2)$$

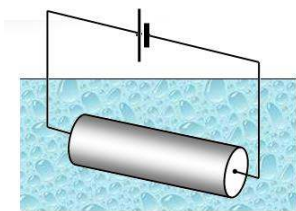
Коэффициент γ называется коэффициентом теплопроводности и является характеристикой вещества.



Во всех задачах данного раздела рассматривается стационарный режим, когда распределение температур не зависит от времени.

Задача 1.1. Радиоактивный метеорит.

Оказалось, что сплошной однородный метеорит состоит из радиоактивного материала. Вследствие радиоактивного распада внутри метеорита постоянно выделяется теплота. Теплопроводность метеорита очень велика. Метеорит помещают в жидкость, температура которой поддерживается постоянной. Оказалось, что установившаяся температура метеорита превышает температуру окружающей жидкости на величину $(\Delta t)_0$.



1.1.1 Чему будет равна разность температур метеорита и окружающей жидкости $(\Delta t)_1$, если все линейные размеры метеорита увеличить в n раз?

Задача 1.2. Цилиндрический нагреватель.

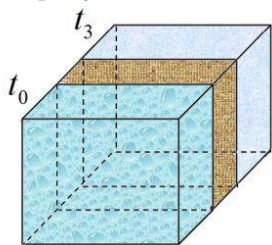
В качестве нагревателя электронагревателя служит однородный цилиндр, подключенный торцами к токоподводящим контактам, электрическим сопротивлением которых можно пренебречь. Теплопроводность нагревателя очень велика. Нагреватель подключен к источнику постоянного напряжения. В кипящей воде (при нормальном атмосферном давлении) температура нагревателя равна $t_0 = 120^\circ\text{C}$. Все линейные размеры цилиндра увеличивают на 25%.

1.2.1 Чему будет равна температура такого увеличенного цилиндра в кипящей воде, при его подключении к тому же источнику напряжения?

2

Задача 1.3. Теплоизоляция.

Для изучения теплоизоляционных свойств материала, из него изготовили плоскую пластину, которую поместили в сосуд в качестве перегородки, разделив сосуд на две части. Сосуд заполняют водой. Причем с одной стороны от пластины температуру воды поддерживают постоянной и равной $t_0 = 100^\circ\text{C}$. С другой стороны пластины - вода, находящаяся при постоянной температуре $t_3 = 10,0^\circ\text{C}$. После установления теплового равновесия проводят измерения температур поверхностей пластины, которые обозначим: t_1 - температура стороны пластины, обращенной к горячей воде; t_2 - температуру стороны, контактирующей с холодной водой. По результатам измерений оказалось, что $t_2 = 15,0^\circ\text{C}$.



1.3.1 Чему равна температура другой стороны пластины t_1 ? 1.3.2 Чему будут равны температуры обеих сторон пластины, если толщину пластины увеличить в 2 раза? Температуры воды с разных сторон от пластины остались неизменными.

При решении данной задачи допускается проведение промежуточных численных расчетов.

3

Решение

Задание 10-1. Потери энергии.

В данном случае вариаций численных результатов меньше, кроме того, результаты не так очевидны, поэтому приведем результаты наших измерений. Конечно результаты зависят от массы использованного шарика.

1. Коэффициент трения можно измерить с помощью наклонной плоскости, в качестве которой можно использовать линейку, покрытую бумагой. Необходимо измерить угол наклона

линейки, при котором начинается скольжение короба по бумаге. Тогда

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha. \quad (1)$$

По нашим измерениям $\mu = 0,33$. Скорее всего этот коэффициент должен лежать в диапазоне $0,3 - 0,4$.

2. Отношение масс измеряется методом рычага, в качестве которого опять же используется линейка. У нас $\frac{m_{\text{кор}}}{m_{\text{шар}}} \approx 0,64$.

3. результаты измерений зависимости длины пути x , проходимым коробом от начальной высоты шарика для столкновения типа В, когда шарик попадет в коробку, приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

h	x					$\langle x \rangle$
30	18,5	19,5	18,5	19,0	18,5	18,8
26	17,5	16,0	17,0	17,0	16,5	16,8
23	14,5	14,0	14,0	14,5	14,5	14,3
21	13,0	13,0	13,5	13,0	13,0	13,1
19	12,0	11,5	12,0	12,0	12,0	11,9
15	9,0	9,5	10,0	9,5	10,5	9,7
12	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
10	6,0	6,0	5,5	6,0	6,0	5,9
8	4,5	4,5	4,5	4,7	4,4	4,5
5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,1

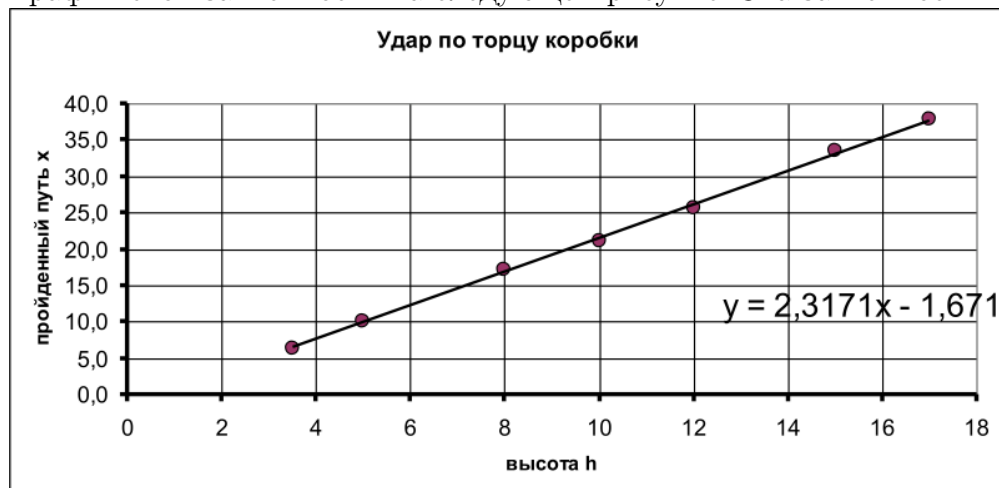
Для каждой высоты проведено 5 измерений пройденного пути, рассчитано среднее значение. График полученной зависимости показан на рисунке. **Получена практически линейная зависимость.**



Для второго случая, когда шарик ударяет по торцу коробки и отскакивает, получены следующие результаты.

h	x	$\langle x \rangle$				
3,5	7,0	6,5	6,0	6,5	6,0	6,4
5	10,0	10,0	9,5	10,5	10,5	10,1
8	17,5	17,3	17,0	16,5	17,5	17,2
10	21,0	20,0	21,5	21,0	22,0	21,1
12	25,5	25,0	26,0	25,5	26,5	25,7
15	33,0	34,0	33,5	33,5	33,0	33,4
17	37,5	38,0	37,5	38,0	38,0	37,8

График этой зависимости на следующем рисунке. Эта зависимость также линейна.



4. Рассчитаем какая доля механической энергии остается. Начальная энергия шарика

$$E_0 = m_{\text{шар}}gh \quad (1)$$

Энергия после удара расходуется на преодоление трения, поэтому равна (для случая, когда шарик остается в коробке)

$$E_1 = \mu(m_{\text{шар}} + m_{\text{кор}})gs. \quad (2)$$

В этом случае доля остающейся энергии равна

$$\eta = \mu \left(1 + \frac{m_{\text{кор}}}{m_{\text{шар}}} \right) \frac{s}{h} = 0,36$$

Тогда коэффициент потерь равен

$$k = 1 - \eta = 0,64,$$

С погрешностью порядка 7% (рассчитано по МНК).

В случае удара по торцу (шарик не попадает в коробку):

$$\eta = \mu \frac{m_{\text{кор}}}{m_{\text{шар}}} \frac{s}{h} = 0,49$$

Тогда коэффициент потерь равен

$$k = 1 - \eta = 0,51,$$

5. Основные причины потерь: не упругость удара и вращение шарика, на кинетическую энергии которого расходуется часть потенциальной энергии. При попадании шарика в коробку большая часть энергии переходит в тепловую (на деформацию пластилина).