

### Задача 3. «Не забудьте посолить»

Однажды юный физик Федя заметил, что кипение воды прекращается при добавлении соли. За разъяснениями он обратился к учителю физики. Опытный учитель привел сразу три объяснения:

- Во-первых, Федя, соль имеет комнатную температуру. Во-вторых, растворение соли происходит с поглощением тепла, в третьих, повышается температура кипения воды.
- А какой же решающий фактор? — спросил Федя.
- Это и будет твоим домашним заданием,— сказал учитель и вручил Феде справочник «Таблицы физических величин».

#### Часть 1. Фактор первый

«С первой причиной я разберусь и без справочника,» - подумал Федя. «Пусть  $m_B$  — масса воды,  $m_C$  — масса соли,  $c_B$  — удельная теплоемкость воды,  $c_C$  — удельная теплоемкость соли. Температуру кипения воды обозначим  $t_K$ , температуру соли —  $t_C$ ».

**1.1** Получите выражение для изменения температуры воды при добавлении соли, считая что она не растворяется.

Теплоемкость воды Федя знал наизусть  $c_B = 4200 \text{ Дж} / \text{кг} \cdot ^\circ\text{C}$ , а теплоемкость соли начал искать в справочнике, но не нашел. Зато увидел таблицу зависимости удельной теплоемкости солевого раствора от его концентрации.

**Таблица 1. Зависимость удельной теплоемкости солевого раствора от концентрации**

$\eta, \%$	0	5	10	15	20	25
$c, \text{кДж} / \text{кг} \cdot ^\circ\text{C}$	4,20	4,00	3,90	3,68	3,55	3,36

*Подсказка. Концентрация соли в растворе определяется следующим образом:  $\eta = \frac{m_C}{m_P}$ ,*

*где  $m_C$  — масса соли,  $m_P$  — масса раствора.*

Кроме того, Федя узнал о «правиле смешения», согласно которому теплоемкость смеси равна сумме теплоемкостей отдельных составляющих.

**1.2** Используя данные таблицы, убедитесь, что «правило смешения» вполне применимо для раствора поваренной соли в широком диапазоне концентраций, а также определите удельную теплоемкость соли  $c_C$ .

**1.3** Масса воды  $m_B = 1,0 \text{ кг}$ , температура воды  $t_K = 100^\circ\text{C}$ , температура соли  $t_C = 20^\circ\text{C}$ . Вычислите изменение температуры (по формуле, полученной Вами в пункте 1.1) для  $m_{C1} = 20 \text{ г}$  и  $m_{C2} = 300 \text{ г}$ .

#### Часть 2. Фактор второй

Чтобы рассчитать, на сколько охлаждается вода при растворении, Федя начал искать в справочнике удельную теплоту растворения  $q$  поваренной соли. Удивительно, но оказалось, что эта теплота зависит от того, как много соли растворяется в воде (см. таблицу 2).

**Таблица 2. Удельная теплота растворения поваренной соли в воде:**

$m_{с,г}$ - масса соли на 1 кг воды	10	50	100	200	350
$q, кДж / кг$	72,3	66,2	57,3	42,5	32,2

**2.1** В воду  $m_B = 1кг$  бросают соль при той же температуре  $t_K$  (для исключения первого фактора). Определите изменение температуры раствора в результате растворения соли для  $m_{C1} = 20г$  и  $m_{C2} = 300г$ .

### Часть 3. Фактор третий

Следующая необходимая для расчета таблица называлась «Температуры кипения раствора соли»

**Таблица 3. Температуры кипения раствора соли**

$\eta, \%$	0	5	10	15	20	25
$t_K, ^\circ C$	100	100,5	101,0	101,6	102,2	102,9

**3.1** Используя табличные данные, покажите, что увеличение температуры кипения раствора пропорционально отношению масс соли и воды, т. е.  $\Delta t = \alpha \frac{m_C}{m_B}$ . Определите коэффициент пропорциональности  $\alpha$ .

**3.2** Определите, на сколько градусов увеличивается температура кипения при добавлении в воду ( $m_B = 1,0кг$ )  $m_{C1} = 20г$  и  $m_{C2} = 300г$  соли.

### Часть 4. Когда же снова закипит?

**4.1** Один килограмм чистой воды нагрелся от комнатной температуры  $t_C = 20^\circ C$  до температуры кипения  $t_K = 100^\circ C$  за 5 мин. Оцените, через сколько секунд возобновится кипение при добавлении  $m_{C1} = 20г$  и  $m_{C2} = 300г$  соли? Считайте, что растворение соли происходит достаточно быстро.