

Металлы тоже кипят!

Условие

Задача 2. «Металлы тоже кипят!»

Таблицы физических характеристик различных веществ содержат много полезной информации. Значения этих характеристик, на первый взгляд, кажутся случайными и хаотичными. Однако, среди них имеются определенные закономерности (хотя и приближенные). В данной задаче вам требуется исследовать связь между температурой кипения и удельной теплотой испарения.

Часть 1. Кипение металлов.

В Таблице 1 приведены значения атомных масс A , температуры кипения $t_{\text{кип.}}$ и удельной теплоты испарения L (при температуре кипения) для ряда металлов.

Таблица 1.

Металл	Символ	Атомная масса A	Температура кипения, t , °C	Удельная теплота испарения, L , $\frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$
Алюминий	Al	27,0	2056	10,8
Вольфрам	W	183,9	5910	4,96
Железо	Fe	55,8	3200	6,09
Золото	Au	197,2	2966	?
Калий	K	39,1	760	2,05
Магний	Mg	24,3	1107	5,26
Медь	Cu	63,54	2600	4,8
Олово	Sn	118,7	2270	2,28
Платина	Pt	195,1	4530	2,41
Ртуть	Hg	200,6	356	0,29
Свинец	Pb	207,2	1725	0,86
Серебро	Ag	107,9	2163	2,36
Цинк	Zn	65,4	913	1,76

1.1 Качественно объясните, по каким физическим причинам может существовать связь между температурой кипения и теплотой испарения. Каков должен быть характер этой зависимости?

1.2 Используя данные Таблицы 1 попытайтесь установить функциональную связь (хотя бы приближенную) между приведенными характеристиками металлов. Проиллюстрируйте установленную связь графически.

1.3 Используя полученную зависимость установите примерное значение удельной теплоты испарения золота.

Часть 2. Испарение воды.

Удельная теплота испарения любого вещества зависит от температуры, при которой происходит испарение. В Таблице 2 приведены значения удельной теплоты испарения воды L при разных температурах t° (при температурах больших 100°C вода в жидком состоянии находится при повышенном давлении).

t , °C	0	50	100	150	200	250
L , $\frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$	2,50	2,38	2,26	2,11	1,94	1,70

2.1 Постройте график зависимости удельной теплоты испарения воды от температуры.

2.2 Качественно объясните полученную зависимость. Найдите примерную формулы, описывающую зависимость теплоты испарения от температуры.

Решение

Задача 2. «Металлы тоже кипят!»

1.1 Для того, чтобы жидкость испарялась, ей необходимо сообщать теплоту – эта энергия затрачивается на преодоления сил межмолекулярного притяжения молекул в жидком состоянии. Чем сильнее связь между молекулами, тем большую энергию необходимо сообщить

молекуле. Отдельная молекула преодолевает притяжение других молекул благодаря своей кинетической энергии (которая пропорциональна температуре). Поэтому чем сильнее связь между молекулами, тем выше должна быть теплота испарения и температура кипения. Следовательно, с ростом температуры должна возрастать и теплота испарения.

Металл	Символ	Атомная масса A	Температура кипения, t , $^{\circ}C$	Удельная теплота испарения L , $\frac{МДж}{кг}$	Молярная теплота испарения, L_{μ} , $\frac{кДж}{моль}$
Алюминий	Al	27,0	2056	10,8	291,4
Вольфрам	W	183,9	5910	4,96	912,0
Железо	Fe	55,85	3200	6,09	340,0
Золото	Au	197,2	2966	?	
Калий	K	39,1	760	2,05	80,2
Магний	Mg	24,3	1107	5,26	127,8
Медь	Cu	63,54	2600	4,8	305,0
Олово	Sn	118,7	2270	2,28	270,6
Платина	Pt	195,1	4530	2,41	470,2
Ртуть	Hg	200,6	356	0,29	58,2
Свинец	Pb	207,2	1725	0,86	178,2
Серебро	Ag	107,9	2163	2,36	254,6
Цинк	Zn	65,4	913	1,76	115,1

1.2 Если нанести на диаграмму значения температуры кипения и удельной теплоты испарения, то никакой зависимости не просматривается (Рис. 1)

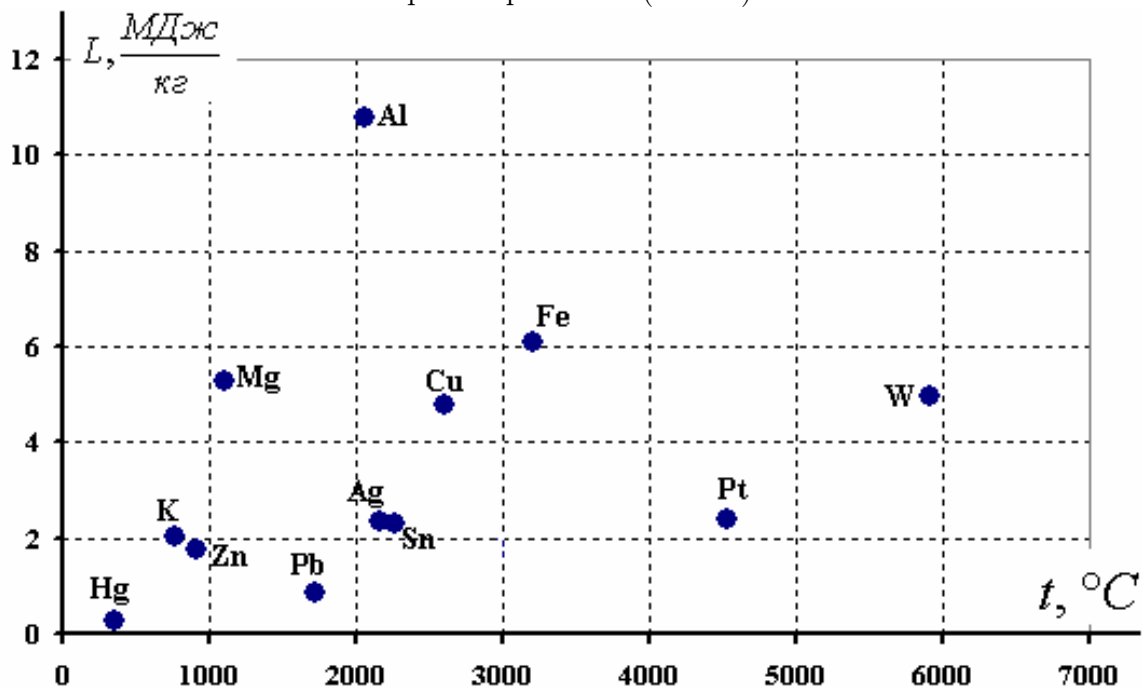


Рис. 1

Однако если рассматривать теплоту испарения, приходящуюся на одну молекулу (или что равносильно на 1 моль – молярная теплота испарения $L_{\mu} = LM$, данные расчетов представлены в таблице), то наблюдается практически линейная зависимость (Рис. 2)..

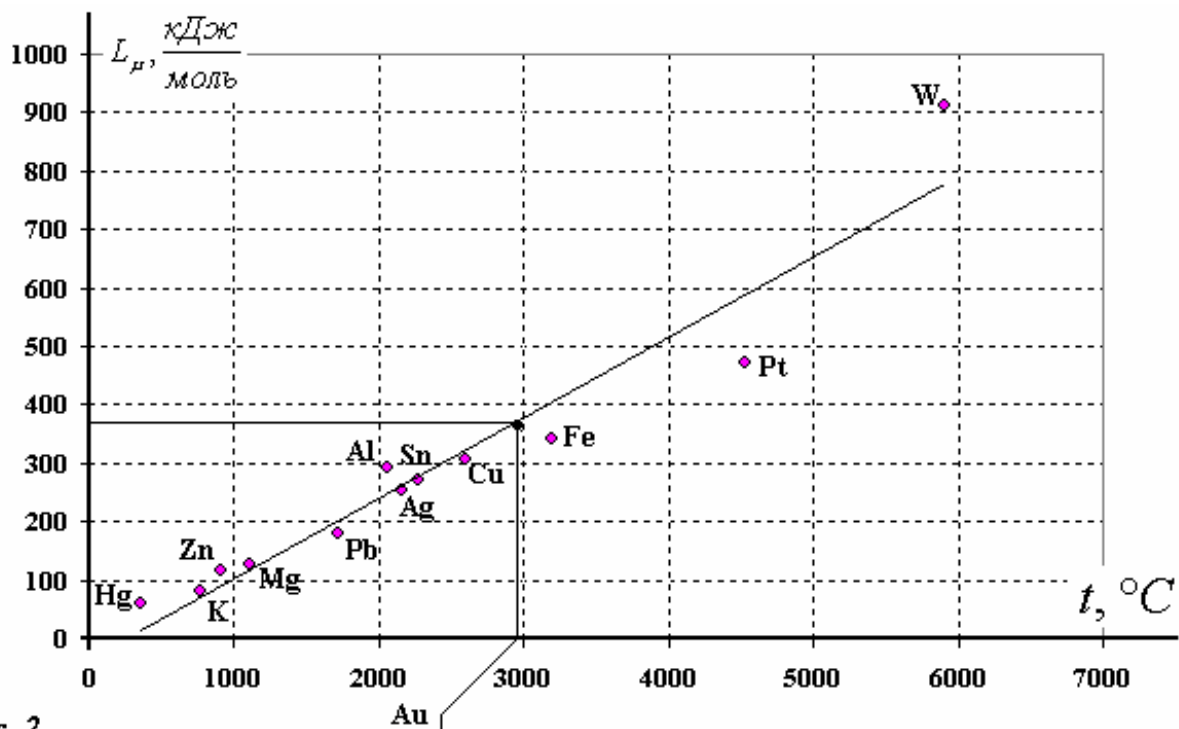


Рис. 2

Рис. 2

График этой примерной зависимости может быть описан простой формулой

$$L_\mu = Ct_{\text{кип.}}, \quad (1)$$

где $C \approx 0,14 \frac{\text{кДж}}{\text{град.}}$.

Данная зависимость может быть аппроксимирована и более точными формулами.

1.3 По графику можно приблизительно оценить молярную теплоту испарения золота

$$L_\mu \approx 380 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

Тогда оценка удельной теплоты испарения $L = \frac{L_\mu}{M} \approx 1,9 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$.

Заметим, что экспериментальное значение этой величины равно $L = 1,74 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$.

2.1 График зависимости удельной теплоты испарения от температуры показан на рис. 3.

2.2 С ростом температуры незначительно возрастает расстояние между молекулами, в следствие чего уменьшается энергия их взаимодействия и соответственно удельная теплота испарения. Построенную зависимость приближенно можно описать линейной функцией

$$L = L_0 - at, \quad (2)$$

$$L_0 \approx 2,5 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}, \quad a \approx 0,003 \frac{\text{МДж}}{\text{кг} \cdot \text{град.}}$$

