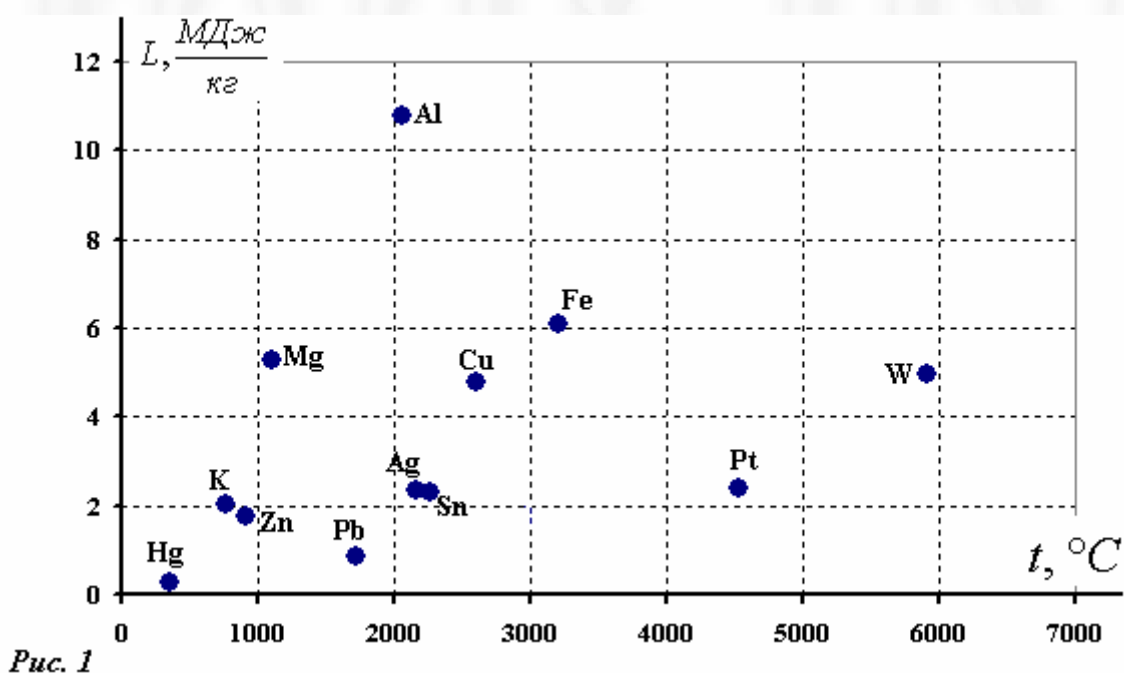


## Задача 2. «Металлы тоже кипят!»

**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 возрасти и теплота испарения.

Металл	Символ	Атомная масса $A$	Температура кипения, $t, ^\circ\text{C}$	Удельная теплота испарения $L, \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$	Молярная теплота испарения, $L_\mu, \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$
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)



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)..

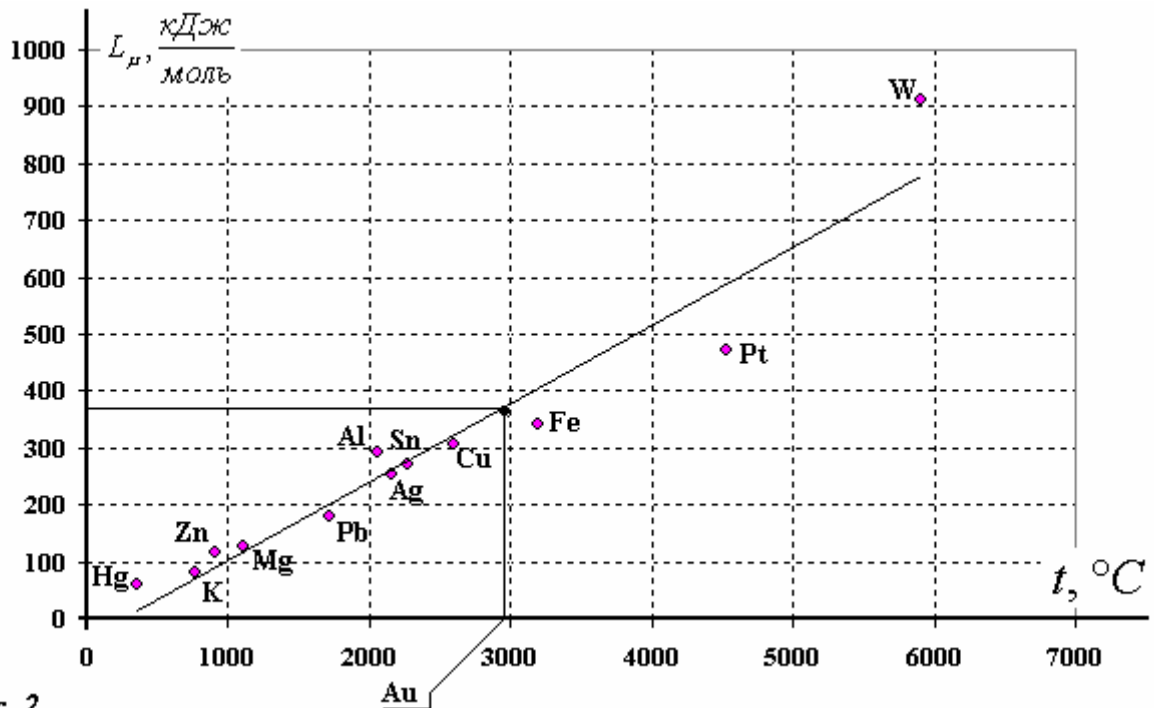


Рис. 2

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

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

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

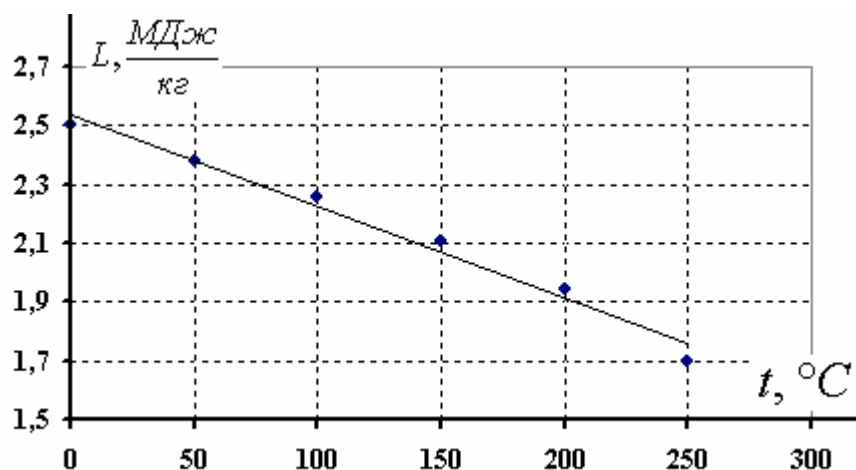


Рис. 3

### Задача 3. «Электродвигатель»

3.1 Первое уравнение требуемой системы приведено в условии задачи

$$I = km. \quad (1)$$

Второе уравнение является уравнением закона сохранения энергии (записанное для мощностей)

$$IU_0 = I^2(R + R_0) + mgv. \quad (2)$$

В этой системе две неизвестных величины, поэтому обе могут быть найдены.

3.2 Выражая значение силы тока из уравнения (1) и подставляя его в уравнение (2), получим

$$kmU_0 = k^2m^2(R + R_0) + mgv, \quad (3)$$

Откуда находим зависимость скорости подъема груза от параметров системы

$$v = \frac{kU_0 - k^2m(R + R_0)}{g}. \quad (4)$$

3.3 Максимальная масса груза определяется из формулы (4), в которой следует устремить скорость подъема к нулю, сопротивление реостата также должно быть минимальным (то есть нуль):

$$m_{\max} = \frac{U_0}{kR_0}. \quad (5)$$

3.4 В данном случае КПД есть отношение мощности, затрачиваемой на подъем груза к мощности источника:

$$\eta = \frac{mgv}{IU_0} = \frac{gv}{kU_0}. \quad (6)$$

Подставляя выражение для скорости подъема из формулы (4), получим зависимость КПД от массы груза

$$\eta = 1 - \frac{km(R - R_0)}{U_0}. \quad (7)$$