

## Задача 1.12. Равновесная ионизация одноатомного газа для разных веществ и давлений

### 1 Задача

Проведем расчет ионизационного равновесия одноатомного газа с помощью уравнения Саха для равновесной ионизации:

$$\frac{\alpha^2}{1 - \alpha^2} = \frac{g_e g_i}{g_a} \left( \frac{m}{2\pi\hbar^2} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{T^{\frac{5}{2}}}{p} \exp\left(-\frac{I}{T}\right),$$

где  $\alpha := \frac{n_e}{n_a + n_e}$  - степень ионизации (относительная доля распавшихся атомов). Эту величину будем строить в зависимости от температуры.

### 2 Степень ионизации для разных веществ

Рассмотрим зависимость степени ионизации от температуры для следующих веществ:

K, Ar, C, Ba, Al, H, Ti, Mg, Si

при постоянном давлении, равном атмосферному, в зависимости от температуры.

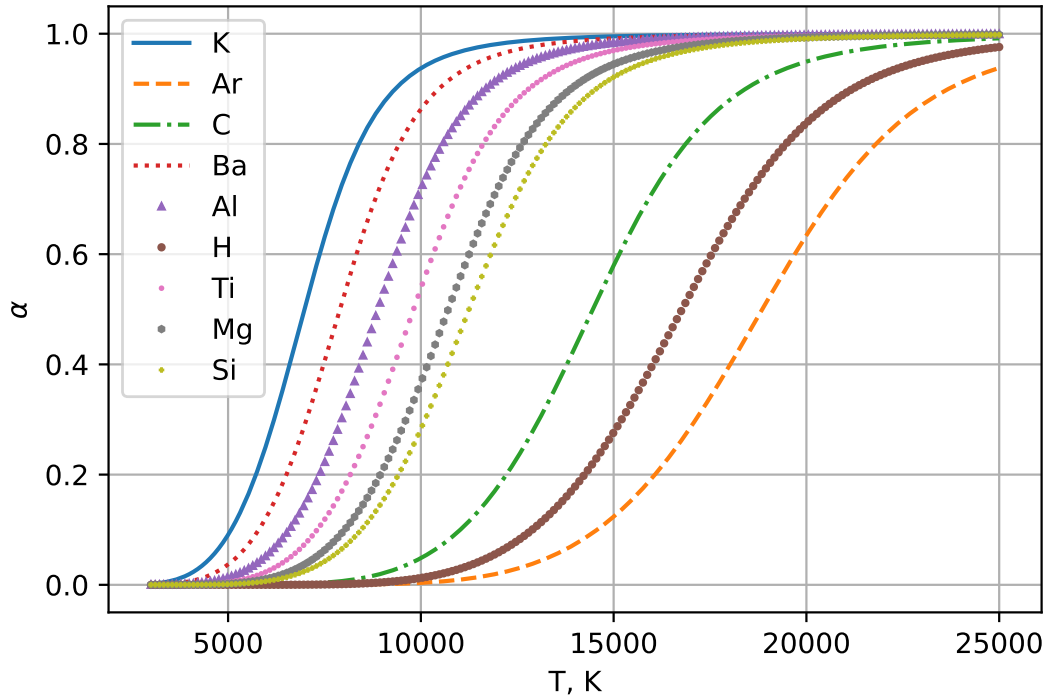


Рис. 1: Кривые степени ионизации для разных веществ при атмосферном давлении

Отсюда видно, что чем больше потенциал ионизации вещества газа, тем правее точка  $T_*$  перегиба графика, причем  $T_* \sim \frac{I}{10}$ .

График повторяет следующий результат, приведенный на сайте

<https://studfile.net/preview/4175787/page:18>

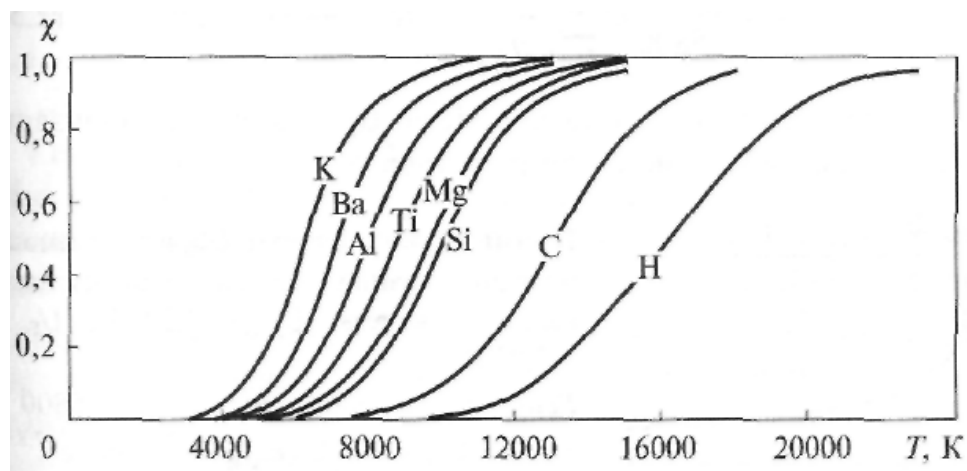


Рис. 2: S-образные кривые степени ионизации различных элементов в зависимости от температуры — for the reference

### 3 Степень ионизации для калия при разных давлениях

С повышением давления ионизация уменьшается, что следует из зависимости правой части формулы Саха от давления (давление находится в знаменателе), и поскольку функция  $f(x) = \sqrt{x/(x+1)}$  возрастающая.

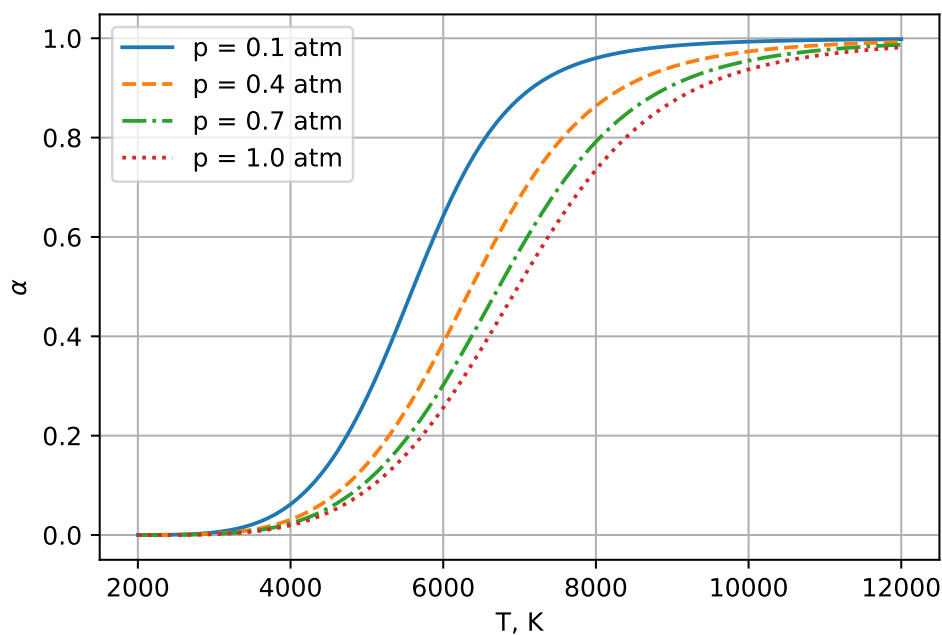


Рис. 3: Кривые степени ионизации для калия при разных давлениях

## Periodic Table of the Elements First Ionization Potential

	Group																	
Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	<u>H</u> 13.598																	<u>He</u> 24.587
2	<u>Li</u> 5.392	<u>Be</u> 9.322											<u>B</u> 8.298	<u>C</u> 11.26	<u>N</u> 14.534	<u>O</u> 13.618	<u>F</u> 17.422	<u>Ne</u> 21.564
3	<u>Na</u> 5.139	<u>Mg</u> 7.646											<u>Al</u> 5.986	<u>Si</u> 8.151	<u>P</u> 10.486	<u>S</u> 10.36	<u>Cl</u> 12.967	<u>Ar</u> 15.759
4	<u>K</u> 4.341	<u>Ca</u> 6.113	<u>Sc</u> 6.54	<u>Ti</u> 6.82	<u>V</u> 6.74	<u>Cr</u> 6.766	<u>Mn</u> 7.435	<u>Fe</u> 7.87	<u>Co</u> 7.86	<u>Ni</u> 7.635	<u>Cu</u> 7.726	<u>Zn</u> 9.394	<u>Ga</u> 5.999	<u>Ge</u> 7.899	<u>As</u> 9.81	<u>Se</u> 9.752	<u>Br</u> 11.814	<u>Kr</u> 13.999
5	<u>Rb</u> 4.177	<u>Sr</u> 5.695	<u>Y</u> 6.38	<u>Zr</u> 6.84	<u>Nb</u> 6.88	<u>Mo</u> 7.099	<u>Tc</u> 7.28	<u>Ru</u> 7.37	<u>Rh</u> 7.46	<u>Pd</u> 8.34	<u>Ag</u> 7.576	<u>Cd</u> 8.993	<u>In</u> 5.786	<u>Sn</u> 7.344	<u>Sb</u> 8.641	<u>Te</u> 9.009	<u>I</u> 10.451	<u>Xe</u> 12.13
6	<u>Cs</u> 3.894	<u>Ba</u> 5.212	<u>La</u> 5.58	<u>Hf</u> 6.65	<u>Ta</u> 7.89	<u>W</u> 7.98	<u>Re</u> 7.88	<u>Os</u> 8.7	<u>Ir</u> 9.1	<u>Pt</u> 9	<u>Au</u> 9.225	<u>Hg</u> 10.437	<u>Tl</u> 6.108	<u>Pb</u> 7.416	<u>Bi</u> 7.289	<u>Po</u> 8.42	<u>At</u>	<u>Rn</u> 10.748
7	<u>Fr</u> 0	<u>Ra</u> 5.279	<u>Ac</u> 5.17	<u>Rf</u>	<u>Db</u>	<u>Sg</u>	<u>Bh</u>	<u>Hs</u>	<u>Mt</u>	<u>Uun</u>	<u>Uuu</u>	<u>Uub</u>						
	Lanthanides				<u>Ce</u> 5.47	<u>Pr</u> 5.42	<u>Nd</u> 5.49	<u>Pm</u> 5.55	<u>Sm</u> 5.63	<u>Eu</u> 5.67	<u>Gd</u> 6.15	<u>Tb</u> 5.86	<u>Dy</u> 5.93	<u>Ho</u> 6.02	<u>Er</u> 6.101	<u>Tm</u> 6.184	<u>Yb</u> 6.254	<u>Lu</u> 5.43
	Actinides				<u>Th</u> 6.08	<u>Pa</u> 5.88	<u>U</u> 6.05	<u>Np</u> 6.19	<u>Pu</u> 6.06	<u>Am</u> 6	<u>Cm</u> 6.02	<u>Bk</u> 6.23	<u>Cf</u> 6.3	<u>Es</u> 6.42	<u>Fm</u> 6.5	<u>Md</u> 6.58	<u>No</u> 6.65	<u>Lr</u>

Рис. 4: Таблица потенциалов ионизации для разных веществ