

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКОЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Часть 1

ОБЩАЯ ХИМИЯ

Учебное пособие к практическим занятиям для студентов 1-го курса
института педагогического образования, обучающихся по
направлению
Учитель биологии-химии

Издательство Алтайского государственного университета
Барнаул 2019

Составители: Н.Е. Стручева (к.х.н., доцент)
Е.Г. Ильина (к.х.н., доцент)
В.А. Новоженев (д.х.н., профессор)

В пособии приведены вопросы и задания к практическим занятиям по неорганической химии часть 1. Общая химия. Пособие предназначено для студентов 1-го курса дневного отделения института педагогического образования, обучающихся по направлению Учитель биологии-химии.

Рецензент В.П. Смагин (д.х.н., профессор).

Тематический план практических занятий I семестр

| Неделя | Тема | Часы | Максимальный балл |
|--------|---|------|-------------------|
| 3 | Основные законы химии | 2 | 10 |
| 4 | Энергетика химических процессов. Первый закон термодинамики | 2 | 10 |
| 5 | Энергетика химических процессов. Второй закон термодинамики | 2 | 10 |
| 6 | Скорость и механизм химических реакций | 2 | 10 |
| 7 | Влияние температуры на скорость реакции. Теории химической кинетики | 2 | 10 |
| 8 | Химическое равновесие | 2 | 10 |
| 9 | Растворы. Концентрации растворов | 2 | 10 |
| 10 | Свойства растворов неэлектролитов | 2 | 10 |
| 11 | Строение атома | 2 | 10 |
| 12 | Периодическая система | 2 | 10 |
| 13 | Периодичность свойств атомов | 2 | 10 |
| 14 | Сравнительная характеристика элементов | 2 | 10 |
| 15 | Метод валентных связей. Метод молекулярных орбиталей | 2 | 10 |
| 16 | Химическая связь в веществах | 2 | 10 |
| 17 | Электролиз как окислительно-восстановительный процесс | 2 | 10 |

| | |
|---|----|
| Самостоятельная работа "Основные законы химии" | 25 |
| Самостоятельная работа "Энергетика и кинетика химических реакций" | 25 |
| Самостоятельная работа "Концентрации растворов" | 25 |
| Самостоятельная работа "Растворы" | 25 |

Общее количество обязательных баллов по практическим занятиям – 275

СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ 1 СЕМЕСТРА

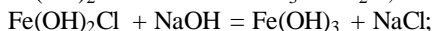
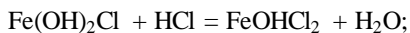
Семинар 1. Основные законы химии

1. История развития атомно-молекулярного учения.
2. Понятия атома, молекулы, элемента. Размеры атомов и молекул. Методы их определения. Единицы измерения атомных и молекулярных масс.
3. Молекулярные формулы. Формульные единицы. Структурные и графические формулы молекул.
4. Понятие эквивалента в химии. Определение эквивалентов веществ в реакциях. Молярная масса эквивалента.
5. Основные стехиометрические законы химии. Современные формулировки. Ограничение их действия. Закон сохранения массы вещества. Закон постоянства состава. Закон кратных отношений. Закон эквивалентов.

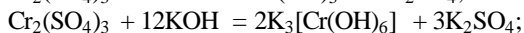
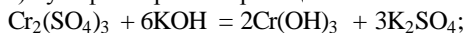
Литература: [26] гл. 1, 29.

Вопросы и задачи

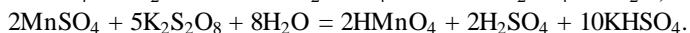
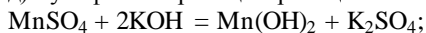
1. Можно ли соединению состава $\text{FeO}_{1,14}$ присписать формулу $\text{Fe}_{0,88}\text{O}$? Можно ли это соединение рассматривать как смесь FeO и Fe_2O_3 в соответствующей пропорции?
2. Молекулу иногда определяют как наименьшую частицу вещества, сохраняющую все его свойства. В чем неточность такого определения?
3. Насколько справедливо использование понятия «моль» в применении к соединениям с молекулярной структурой; к нестехиометрическим соединениям?
4. Выразить значение молярной массы эквивалента через молярную массу вещества для
 - а) фосфорной кислоты в реакциях
$$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O};$$
$$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{HPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O};$$
$$\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O};$$
 - б) гидроксида меди в реакциях
$$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O};$$
$$\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{HCl} = \text{CuOHCl} + \text{H}_2\text{O};$$
 - в) основного хлорида железа в реакциях



г) сульфата хрома в реакциях



д) сульфата марганца в реакциях



5. Какими методами можно определить молярную массу эквивалента магния? Приведите уравнения реакций, лежащих в основе предложенных методов.

6. В одинаковой ли мере обоснована запись структурных (графических) формул для соединений с молекулярной и ионной структурой? Дает ли структурная (графическая) формула сведения о пространственном строении молекул?

Задачи: [12] №№ 6, 13.

Семинар 2. Энергетика химических процессов. Первый закон термодинамики

1. Основные понятия термодинамики (система, фаза, компонент). Типы систем.

2. Первый закон термодинамики. Работа, теплота, внутренняя энергия, энтальпия. Единицы измерения. Стандартные условия.

3. Закон Гесса и следствия из него. Энтальпии образования химических веществ. Энтальпийные диаграммы. Изменение энтальпии в различных процессах. Энтальпии растворения.

Литература: [1] гл. 1; [5] ч. 1, раздел V, гл. 1, 2; [28] гл. 1, §§ 1.1-1.7; [22] раздел I, гл. I-V; [21] гл.4.

Вопросы и задачи

1. К какому типу относится каждая из нижеперечисленных термодинамических систем: а) колба, наполовину заполненная химикатами; б) колба, закрытая пробкой и содержащая те же химикаты; в) отпаянная вакуумированная колба с теми же химикатами; г) человек?

2. Автопутешественник отправляется из Барнаула в Томск. Какие из перечисленных ниже величин являются функциями состояния этого путешественника: а) расстояние от начального до конечного пункта;

б) изменение географической широты; в) количество израсходованного бензина; г) время путешествия?

3. Напишите уравнения реакций, тепловой эффект которых равен:

а) энергии связи;

б) энергии гидратации;

в) энергии кристаллической решетки для ионных кристаллов;

г) энергии диссоциации двухатомных молекул газов.

4. Не проводя расчета, определите, как изменится энтальпия (укажите знак ΔH) при протекании следующих реакций:

а) $O_{(г)} + 2H_{(г)} = H_2O_{(г)}$;

б) $Ba^{2+}_{(г)} + 2F^{-}_{(г)} = BaF_{2(тв)}$;

в) $Na_{(г)} + Cl_{(г)} = NaCl_{(тв)}$.

5. Учитывая, что энтальпия плавления льда равна 6,02 кДж/моль, а энтальпия парообразования равна 43,89 кДж/моль, составьте диаграмму соотношения энтальпий образования воды в разных агрегатных состояниях. Вычислите по диаграмме энтальпию перехода льда в пар.

Задачи: [12] №№ 376, 381, 382.

Семинар 3. Энергетика химических процессов. Второй закон термодинамики

1. Второй закон термодинамики. Понятие энтропии. Единицы измерения. Энтропии образования химических веществ. Влияние температуры на энтропию системы. Условие самопроизвольного протекания процесса в изолированной системе.

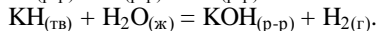
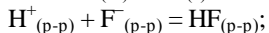
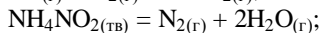
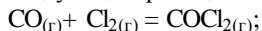
2. Понятия энергии Гиббса и энергии Гельмгольца. Единицы измерения. Энергии Гиббса образования химических веществ.

3. Условия самопроизвольного протекания процесса. Энтальпийный и энтропийный факторы. Влияние температуры на изменение энергии Гиббса. Изменение энергии Гиббса в различных процессах.

Литература: [1] гл.1; [5] ч. 1, раздел V, гл. 2, § 2; [27] гл. 1, §§ 1.9-1.14; [24] §§ 1.1-1.12; [22] раздел II, гл. I-III, [21] гл. 5.

Вопросы и задачи

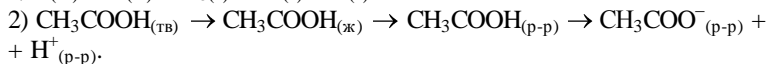
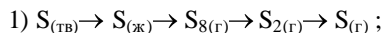
1. Оцените, не проводя вычислений, как изменится энтропия в следующих реакциях (ответ мотивируйте):



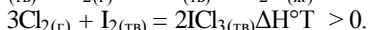
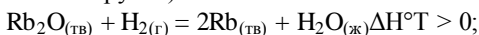
2. Объясните закономерность в изменении величин энтропии в приведенных рядах сходных веществ:

| | $\Delta S_{298}^{\ddagger}$, Дж/моль К | | $\Delta S_{298}^{\ddagger}$, Дж/моль К | | $\Delta S_{298}^{\ddagger}$, Дж/моль К |
|-----------------------------|--|-------------------|--|--------------------|--|
| $\text{NO}_{(г)}$ | 210,42 | $\text{O}_{(г)}$ | 160,8 | $\text{S}_{(тв)}$ | 31,85 |
| $\text{NO}_{2(г)}$ | 227,68 | $\text{O}_{2(г)}$ | 204,86 | $\text{Se}_{(тв)}$ | 43,89 |
| $\text{N}_2\text{O}_{5(г)}$ | 342,76 | $\text{O}_{3(г)}$ | 238,68 | $\text{Te}_{(тв)}$ | 49,53 |

3. Не проводя расчетов, определите знак ΔS в ходе следующих превращений:



4. Оцените, не проводя вычислений, при каких температурах (низких, высоких, любых) для следующих реакций справедливо утверждение $\Delta G^{\circ T} < 0$ (ответ мотивируйте):



5. Используя значения стандартных энтальпий образования приведенных рядов оксидов, сравните их по термической устойчивости:

| | ΔH°_{298} , кДж/моль | | ΔH°_{298} , кДж/моль |
|---------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| $\text{MgO}_{(тв)}$ | -600,67 | $\text{GeO}_{2(тв)}$ | -539,22 |
| $\text{ZnO}_{(тв)}$ | -347,78 | $\text{SnO}_{2(тв)}$ | -379,77 |
| $\text{HgO}_{(тв)}$ | -90,71 | $\text{PbO}_{2(тв)}$ | -276,30 |

6. На рис.1 показана зависимость энергии Гиббса образования ΔG°_{298} ряда оксидов от температуры.

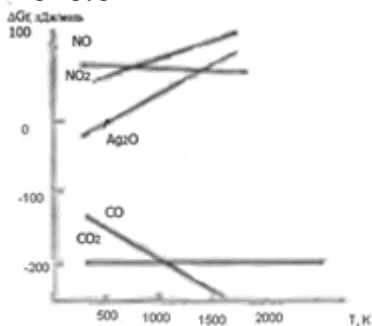


Рисунок 1 - Зависимость ΔG_f° ряда оксидов от температуры

а) для каких из приведенных оксидов реакция их образования из простых веществ сопровождается увеличением энтропии и как это сказывается на ходе кривых $\Delta G_{298}^{\circ} = f(T)$?

б) для каких оксидов реакция образования из простых веществ сопровождается уменьшением энтропии и как это сказывается на ходе кривых $\Delta G_{298}^{\circ} = f(T)$?

в) для каких из указанных реакций повышение температуры благоприятствует их протеканию, а для каких - препятствует?

г) почему на величину и как это сказывается на ходе кривых ΔG° реакции

$C_{(\text{графит})} + O_{2(\text{г})} = CO_{2(\text{г})}$ температура практически не влияет?

7. Пользуясь рисунком 1 объясните:

а) Какие температурные условия необходимы для синтеза NO из простых веществ?

б) Возможно ли образование NO₂ прямым синтезом из простых веществ?

в) При каких температурных условиях Ag₂O образуется из простых веществ, при каких - разлагается?

8. Вычислите изменение энергии Гиббса при 25 и 1000 °С для реакции $C_{(\text{графит})} + H_2O_{(\text{г})} = H_{2(\text{г})} + CO_{(\text{г})}$, $\Delta H_{298}^{\circ} = 131,3$ кДж, $\Delta S_{298}^{\circ} = 133,6$ Дж/К (влиянием температуры на ΔH и ΔS пренебречь).

а) при каком из указанных температурных условий принципиально возможно протекание реакции в прямом направлении?

б) какой фактор - энтальпийный или энтропийный - определяет возможность этой реакции?

Задачи: [12] № 409.

Семинар 4. Скорость и механизм химических реакций

1. Понятие о формальной и молекулярной кинетике. Скорость химических реакций. Средняя и истинная скорость.

2. Факторы, влияющие на скорость химической реакции. Зависимость скорости химической реакции от концентрации реагентов. Графическая зависимость. Константа скорости. Закон действующих масс. Молекулярность и порядок реакций. Размерность константы скорости для реакций различных порядков.

Литература: [1] гл.2; [5] ч. 1, раздел V, гл. 4, § 1; [9] гл. 5; [27] гл. 2; [22] раздел III, гл. I–II.

Вопросы и задачи

1. Напишите выражение зависимости скорости реакции от концентрации реагирующих веществ для одностадийных реакций:

- а) $A_{(г)} + 2B_{(г)} = C_{(г)}$;
 б) $A_{(ж)} + 2B_{(ж)} = C_{(ж)}$;
 в) $2A_{(ж)} + B_{(г)} = C_{(тв)}$;
 г) $A_{(р-р)} + 2B_{(р-р)} = C_{(р-р)}$.

2. Можно ли ожидать, что зависимость скорости реакции

$$2MnO_4^- + 5S^{2-} + 16H^+ = 2Mn^{2+} + 5S + 8H_2O$$
 от концентрации реагентов будет выражаться формулой

$$v = k [MnO_4^-]^2 [S^{2-}]^5 \cdot [H^+]^{16}?$$

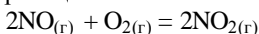
3. Корректно ли задание: «Написать выражение зависимости скорости реакции от концентрации реагентов на основании стехиометрического уравнения реакции в следующих случаях:

- а) $4NH_{3(г)} + 5O_{2(г)} = 4NO_{(г)} + 6H_2O_{(г)}$;
 б) $PbO_{(тв)} + TiO_{2(тв)} = PbTiO_{3(тв)}$ »?

Ответ обосновать.

4. Какие факторы определяют значение константы скорости химической реакции? Зависит ли константа скорости, подобно скорости реакции, от природы реагирующих веществ, их концентрации, давления, температуры, катализатора? Может ли изменяться значение константы скорости в ходе реакции?

5. Скорость химической реакции

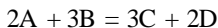


при концентрациях реагирующих веществ

$[NO] = 0,3$ моль/л и $[O_2] = 0,15$ моль/л составила $1,2 \cdot 10^{-3}$ моль/(л·с).

Вычислите значение константы скорости реакции. Одинакова ли размерность констант для разных реакций?

6. Для реакции



в результате трех экспериментов, проведенных при одинаковой температуре, получены следующие данные о скорости прямой реакции:

| | Эксперименты | | |
|-------------------------------------|--------------|------|------|
| | I | II | III |
| Начальная концентрация А, моль/л | 0,10 | 0,20 | 0,20 |
| Начальная концентрация В, моль/л | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| Скорость прямой реакции, моль/(л·с) | 0,01 | 0,04 | 0,04 |

Как, в соответствии с приведенными данными, следует записать выражение для скорости прямой реакции? Каков порядок данной реакции?

Задачи: [12] №№ 414, 415.

Семинар 5. Влияние температуры на скорость реакции. Теория химической кинетики

1. Влияние температуры на скорость химической реакции. Теория активных соударений. Понятие об энергии активации. Распределение Максвелла-Больцмана. Уравнение Аррениуса. Графическая форма. Правило Вант-Гоффа. Температурный коэффициент скорости реакции.
 2. Теория активированного комплекса.
 3. Катализ. Катализаторы. Гомогенный и гетерогенный катализ. Принцип действия катализатора. Ингибиторы.
- Литература:** [1] гл. 2; [5] ч. 1, раздел V, гл. 4, §§ 2–5; [9] гл. 5; [27] гл. 2; [22] раздел III, гл. III–IV.

Вопросы и задачи

1. Зависит ли величина константы скорости реакции от величины энергии активации?
 2. Если прямая реакция экзотермична, а обратная эндотермична, то какая из них характеризуется более высоким значением энергии активации?
 3. Если при данной температуре константа скорости прямой реакции имеет большее значение, чем константа скорости обратной, то какая из них будет экзотермической?
 4. Как объяснить, что тепловой эффект реакции не зависит от ее энергии активации, т.е. от энергетических затрат, обеспечивающих возможность протекания реакции?
 5. Энергия активации одной реакции составляет 83,6 кДж/моль, второй – 167,2 кДж/моль. Для какой реакции и почему характерен более высокий температурный коэффициент?
 6. При исследовании кинетики некоторой химической реакции были получены следующие данные:

| | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| T, K | 293 | 303 | 313 | 323 |
| k, м ³ /(кмоль·ч) | 0,115 | 0,258 | 0,532 | 1,024 |

Вычислите энергию активации химической реакции и предэкспоненциальный множитель (рекомендуется графическое решение задачи).
- Задачи:** [12] № 419

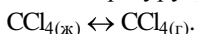
Семинар 6. Химическое равновесие

1. Обратимые и необратимые процессы. Истинное и кажущееся равновесие. Константа равновесия. Равновесия в гомогенных и гетерогенных системах.
2. Связь изобарно-изотермического потенциала с константой равновесия. Оценка температур равновесных состояний реакций.
3. Влияние различных факторов на химическое равновесие. Принцип Ле Шателье.

Литература: [1] гл. 2; [5] ч. 1, раздел V, гл. 3; [27] гл. 3; [22] раздел II, гл. IV.

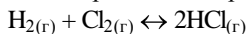
Вопросы и задачи

1. Совокупность каких из перечисленных факторов определяет величину константы равновесия: природа реагирующих веществ; их концентрация; общее давление; наличие катализатора; температура; наличие инертных примесей; путь, по которому система достигает равновесия?
2. Объясните, почему числовое значение константы равновесия определяет глубину превращения исходных веществ в продукты реакции?
3. Из какого уравнения следует, что при отрицательных значениях ΔG° реакции константа равновесия должна быть больше единицы? При каких значениях ΔG° $K < 1$ и $K = 1$?
4. Вычислите приблизительно температуру, начиная с которой термодинамически возможен самопроизвольный процесс разложения метана на простые вещества (в расчетах пренебрегите влиянием температуры на значения ΔH° и ΔS° реакции).
5. Вычислите приблизительно температуру фазового перехода



В расчетах пренебрегите влиянием температуры на значения ΔH° и ΔS° фазового перехода.

6. Известны значения констант равновесия реакции



для трех температур:

$$K = 3,2 \cdot 10^{16} \quad (300 \text{ K});$$

$$K = 2,5 \cdot 10^8 \quad (600 \text{ K});$$

$$K = 5,5 \cdot 10^5 \quad (900 \text{ K}).$$

Определите знак ΔH° реакции для интервала температур 300–900 K.

Задачи: [12] №№ 427, 429.

Семинар 7. Семинар по теме «Растворы. Способы выражения концентрации растворов»

1. Определения: раствор, растворенное вещество, растворитель, растворимость.
2. Термодинамика растворения.
3. Способы выражения концентрации растворов: массовая доля, объемная доля, молярность, нормальность, моляльность, мольная доля, титр

Литература: [12] гл. II, §§ 1–4 гл. 1, 2; [5] ч. 1, раздел III, гл. 2, § 1; [9] гл. 6, § 6.1, 6.2.

Задачи: [12] №№ 151, 153, 163, 195, 263, 265.

Семинар 8. Семинар по теме «Коллигативные свойства разбавленных растворов неэлектролитов»

1. Раствор как фаза переменного состава.
2. Явление осмоса. Осмотическое давление разбавленных растворов неэлектролитов. Закон Вант-Гоффа.
3. Давление пара разбавленных растворов неэлектролитов. Закон Рауля.
4. Отклонения разбавленных растворов электролитов от законов Вант-Гоффа и Рауля. Изотонический коэффициент. Истинная и кажущаяся степени диссоциации.

Литература: [5] ч. 1, раздел III, гл. 4, §§ 1–5; [9] гл. 6, §§ 6.3, 6.4; [11] Ч.1, стр. 86–98; [12] гл. VII, §§ 1–3.

Вопросы и задания

1. Подчиняются ли растворы закону постоянства состава? Привести доказательства.
2. Привести примеры природных осмотических явлений.
3. Почему клубника, посыпанная сахаром, дает сок?
4. Что такое эвтектические смеси, азеотропные смеси?
5. На чем основано действие охлаждающих смесей? Привести примеры.
6. Какую цель преследуют, посыпая снег на тротуаре солью? Дать объяснения.
7. Почему одни кристаллогидраты ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) на воздухе выветриваются, а другие ($\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) – расплываются?
8. Найдите температуру кипения раствора хлорида аммония, если в 200 г воды растворено 1,07 г NH_4Cl . Степень диссоциации принять равной 80 % ($K_{\text{сб}}(\text{H}_2\text{O}) = 0,52$).

Задачи: [12] №№ 448, 457, 459, 465, 470, 484, 490, 501.

Семинар 9. Строение атома

1. Развитие представлений о строении атома. Модели атома Томсона, Резерфорда, Бора. Достоинства и недостатки.
 2. Квантово-механическая модель строения атома. Двойственная природа электрона. Гипотеза Луи де Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга.
 3. Квантовые числа. Понятие энергетического уровня, подуровня, орбитали. S-, p-, d-, f- орбитали. Ориентация атомных орбиталей в пространстве.
 4. Многоэлектронные атомы. Относительное расположение уровней и подуровней по энергии. Основное и возбужденное состояния.
 5. Принципы заполнения электронных оболочек атомов. Принцип Паули, емкость энергетических уровней и подуровней. Правило Хунда и порядок заполнения атомных орбиталей. Электронные конфигурации атомов. Графическое изображение электронных конфигураций атомов.
 6. Эффективный заряд ядра. Экранирование заряда ядра электронами. Экранирующая способность s^2 , s^2p^6 , $s^2p^6d^5$, $s^2p^6d^{10}$ -оболочек. Эффект проникновения к ядру. Проникающая способность s-, p-, d-, f-орбиталей, характеризующихся различными значениями главного квантового числа. Кайносимметрия в многоэлектронных атомах.
- Литература:** [1] гл.3; [5] ч. 1, раздел I, гл. 2; [6] гл. III, §§ 14–19, 21; [9] гл. 1, §§ 1.1– 1.4, 1.6.

Вопросы и задачи:

1. Сформулируйте правила, которыми определяется число орбиталей и электронов данного электронного слоя.
 - а) Какова максимальная емкость электронных слоев K, M, L, N?
 - б) Укажите число орбиталей, которые характеризуются следующими значениями орбитального квантового числа l : 2; 1; 0. Зависит ли число орбиталей с данным значением l от номера квантового слоя? Приведите буквенные обозначения орбиталей с указанными значениями l .
 - в) Какое число электронов может находиться в энергетических состояниях 2s; 3p; 3d; 5f?
2. Опишите форму орбитали, характеризующейся квантовыми числами: $n = 3, l = 0, m_l = 0$; $n = 3, l = 2, m_l = 0, \pm 1, \pm 2$; $n = 3, l = 1, m_l = 0, \pm 1$?
3. Охарактеризуйте набором квантовых чисел каждую из следующих орбиталей: 1s, 2p, 3d.

4. Как в рамках представлений волновой теории строения атома обосновать справедливость формулы $N = 2n^2$, определяющей емкость электронного слоя?

5. Какие из приведенных факторов могут быть использованы для объяснения того, что заполнение электронами ns -орбиталей опережает заполнение $(n-1)d$ -орбиталей атомов: ns -электроны проникают в нижележащие электронные слои сильнее, чем $(n-1)d$ - электроны; ns -электроны связаны с ядром атома сильнее, чем $(n-1)d$ -электроны; $(n-1)d$ -электроны сильно экранируются плотным и симметричным s^2p^6 -слоем?

6. Записать полную, краткую электронные конфигурации, а также изобразить краткую электронную конфигурацию в графическом виде для следующих атомов и ионов: K, P, Ti, Mo, Gd, Cr^{3+} , Se^{2-} , Tl^+ , Mn^{2+} .

Семинар 10 Периодическая система. Периодичность свойств атомов

1. Развитие учения о периодичности атомных структур. Работы Деберейнера, Шанкуртуа, Ньюлендса, Мозли.

2. Периодическая система как форма отражения периодического закона. Формулировка периодического закона (предложенная Д.И. Менделеевым и современная). Принципы построения периодической системы: формирование периодов и групп. Элементы и их расположение в периодах и группах. Положение лантанидов и актинидов. Физический смысл периодического закона. Границы периодической системы.

Литература: [1] гл. 3; [6] гл. III, §§ 20, 21; [7] гл. I, §§ 1–4; [9] гл. 1, §§ 1.5, 1.6; [5] ч. 1, раздел I, гл. 3, 4; [10] ч. 1, гл. IV.

Вопросы и задачи

1. Покажите, как периодический закон иллюстрирует и подтверждает один из всеобщих законов развития природы – закон перехода количества в качество.

2. В каких случаях емкость заполняемого энергетического уровня и число элементов в периоде совпадают; в каких – не совпадают? Объясните причину.

Задачи: [12] №№ 283, 284, 290.

Семинар 11. Периодичность свойств атомов

1. Потенциалы ионизации. Факторы, определяющие величину потенциала ионизации: заряд ядра, экранирование заряда ядра электронами, проникающая способность внешних электронов,

каиносимметрия. Изменение потенциалов ионизации по периодам и группам. Причины немонотонности. Потенциалы ионизации связанных атомов.

2. Сродство к электрону. Факторы, влияющие на величину сродства к электрону: заряд ядра, экранирование заряда ядра электронами, проникающая способность внешних электронов, кайносимметрия. Изменение сродства к электрону по периодам и группам. Причины немонотонности.

3. Понятие электроотрицательности атомов. Электроотрицательность как свойство связанного атома. Шкалы электроотрицательности. Шкала Полинга. Факторы, влияющие на величину электроотрицательности. Причины немонотонности.

4. Трактовка понятия атомный радиус в квантовой химии. Орбитальные радиусы. Факторы, влияющие на величину орбитального радиуса: заряд ядра, экранирование заряда ядра электронами, проникающая способность внешних электронов, кайносимметрия. Изменение орбитальных радиусов по периодам и группам. Причины немонотонности.

5. Эффективные радиусы: ковалентные, металлические, ионные, Ван-дер-Ваальсовы.

Литература: [1] гл. 3; [5] ч. 1, раздел I, гл. 3, 4; [6] гл. III, §§ 20, 21; гл. V, § 40; [7] гл. I, § 5; [9] гл. 1, §§ 1.4–1.6.

Вопросы и задачи

1. Объясните ход изменения энергии ионизации (в эВ) в ряду Mg – Al – Si:

| | Mg | Al | Si |
|-------|------|------|------|
| I_1 | 7,6 | 6,0 | 8,2 |
| I_2 | 15,0 | 18,8 | 16,3 |
| I_3 | 80,1 | 28,4 | 33,5 |

2. Как объяснить характер изменения сродства к электрону у атомов галогенов: 3,62 (F); 3,82 (Cl); 3,54 (Br); 3,24 эВ (I)?

3. Справедливо ли утверждение, что сродство к электрону увеличивается с увеличением потенциала ионизации атома?

4. Как можно объяснить, что при монотонном увеличении заряда ядра и общего количества содержащихся в атоме электронов эффективный заряд атомов ($Z_{эф}$) изменяется немонотонно? Сравнить:

| | H | He | Li | Be | B | C | N | O | F | Ne |
|----------|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $Z_{эф}$ | 1 | 1,345 | 1,26 | 1,66 | 1,56 | 1,82 | 2,07 | 2,00 | 2,28 | 2,52 |

Чем объяснить уменьшение эффективного заряда ядра атома при переходе от гелия к литию; от бериллия к бору; от азота к кислороду? Почему у водорода заряд и эффективный заряд ядра равны?

5. Приведите значения первой энергии ионизации атомов калия, марганца и цинка и их орбитальные атомные радиусы.

а) Как влияет распределение электронной плотности (рис. 2) в атоме на характер изменения атомного радиуса в ряду К-Мн-Zb?

б) Какой характер изменения в ряду К-Мн-Zb значений первой энергии ионизации атомов и чем это объясняется?

в) Почему первая энергия ионизации атома рения больше, чем атома марганца?

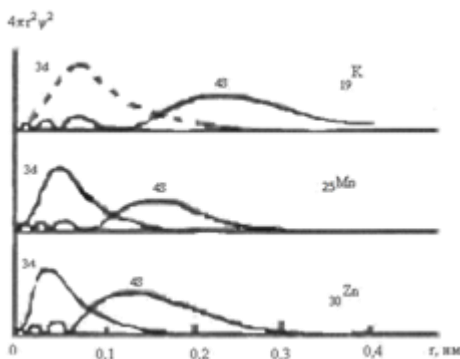


Рисунок 2 - Радиальное распределение плотности вероятности нахождения электрона в атоме калия, марганца, цинка

6. Как можно по экспериментально найденным потенциалам ионизации установить наличие в атоме электронных слоев, которые они содержат? Покажите это, пользуясь значениями потенциалов ионизации для бериллия: $I_1 = 9,3$; $I_2 = 18,2$; $I_3 = 153,7$; $I_4 = 217$ В.

7. Что называют сродством атома к электрону? Для каких элементов эта величина имеет наибольшее положительное значение и для каких отрицательное? Какие экспериментальные данные указывают на невозможность существования многозарядных простых ионов?

8. Потенциал ионизации для какого из двух элементов должен быть большей величиной, если электронная структура их атомов выражается следующими формулами:

а) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ и $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$;

б) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ и $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$.

Семинар 12. Сравнительная характеристика элементов периодической системы

1. Изменение металлической и неметаллической активности простых веществ по периодам и подгруппам. Внутренняя и вторичная периодичность. Физическая сущность явления вторичной периодичности свойств элементов. Окислительно-восстановительные свойства. Изменение температур плавления и кипения простых веществ по подгруппам.
2. Изменение по подгруппам устойчивости соединений с высшей степенью окисления. Изменение окислительно-восстановительной способности соединений для а) элементов в одинаковых степенях окисления; б) одного элемента с разными степенями окисления.
3. Сходство свойств элементов 5-го и 6-го периодов и их соединений.

Литература: [1] гл. 3; [5] ч. 1, раздел I, гл. 3, 4; [6] гл. III, §§ 20, 21; [7] гл. I, §§ 1–3; [9] гл. 1, §§ 1.5, 1.6; [22] раздел V, гл. I.

Вопросы и задачи:

1. Почему гидроксид лития по силе основных свойств, растворимости и способности отщеплять воду при нагревании проявляет сходство с гидроксидами магния и кальция?
2. Укажите основные черты различия в свойствах двух элементов: а) одного и того же периода: калия и брома, калия и меди; б) одной и той же группы: хлора и марганца.
3. Почему основные свойства гидроксида галлия выражены слабее основных свойств гидроксида алюминия?
4. Чем отличается отношение к кислотам: а) хрома и его аналогов молибдена и вольфрама; б) марганца и рения; в) никеля и платины?
5. Покажите и объясните различие в окислительно-восстановительных свойствах однопипных соединений марганца и рения, например перманганата и перената калия.
6. Какой из оксидов должен быть более сильным окислителем: TiO_2 или Mn_2O_7 , CrO_3 или WO_3 ?
7. Определите, отличаются ли два элемента числом валентных электронов и характером химических свойств по их электронным формулам:
а) $[Ar]3d^3 4s^2$ и $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^3$;
б) $[Kr]4d^5 5s^1$ и $[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^4$.

Семинар 13. Метод валентных связей. Геометрия молекул. Метод молекулярных орбиталей

1. Квантово-механическое представление природы ковалентной связи. Метод валентных связей. Насыщаемость ковалентной связи. Возбужденные состояния атомов. Энергия промотирования. Обменный и донорно- акцепторный механизмы образования ковалентных связей. Максимальная ковалентность элементов в периодах. Значения ковалентности элементов главных подгрупп. Координационное число. Степень окисления (условность понятия). Правило четности.
2. Характеристики химической связи: энергия, длина, кратность связи, углы между связями.
3. Полярность связи. Эффективные заряды атомов. Дипольный момент. Расчет степени ионности связи.
4. Геометрия молекул с точки зрения теории гибридизации и метода отталкивания электронных пар Гиллеспи.
5. Полярность молекул. Эффективные заряды атомов в молекулах.
6. Основные положения метода молекулярных орбиталей (МО). Метод МО как линейная комбинация атомных орбиталей (ЛКАО). Связывающие, несвязывающие, разрыхляющие орбитали, их расположение по энергии.
7. Схемы МО гомоядерных двухатомных молекул из элементов первого и второго периодов.

Литература: [1] гл.4; [5] ч. 1, раздел II, гл. 1, 2; раздел II, гл. 1-3, §§ 1, 3, 4; ч. 2, раздел II, гл. 1, § 3; ч. 2, раздел II, гл. 10, § 4; [6] гл. IV, §§ 22–24, 27–32, 34-37; [9] гл. 2, §§ 2.2, 2.4, 2.5; [10] ч. III, гл. 1, 4; [11] ч. 1, гл. V.

Вопросы и задачи

1. Чем определяется координационная ненасыщенность атома в соединении? Всегда ли валентно насыщенный атом в соединении является и координационно насыщенным? В каких соединениях: CH_4 , SiF_4 , SF_4 , SF_6 , NH_3 , H_2O – атомы элементов валентно и координационно насыщены?
2. Объясните причины, по которым химическая связь в молекуле F_2 менее прочная, чем связь в молекуле Cl_2 . Наблюдается ли аналогичное упрочнение связи в молекуле S_2 по сравнению со связью в O_2 ? При необходимости пользуйтесь справочными данными.
3. Как согласовать малую полярность связи в молекуле CO (дипольный момент молекулы равен $0,0333 \cdot 10^{-29}$ Кл·м) со значительным различием

в электроотрицательности атомов С и О (см. таблицу электроотрицательностей по Полингу)?

4. Какие элементы 2-го периода могут быть донорами и акцепторами электронных пар? Чем это определяется? Возможна ли донорная или акцепторная функция для центрального атома в молекулах: BeF_2 , BF_3 , CF_4 , NH_3 , H_2O , PCl_5 ?

5. Сравните значение валентности, степени окисления и координационного числа центрального атома следующих соединений: CO_2 , NH_4^+ , BH_4^- , NF_4^- , BH_3 , BF_4^- , N_2 .

6. Можно ли по величине валентных углов судить о наличии гибридизации орбиталей при образовании связей? Объясните и подтвердите примером.

7. Справедливо ли утверждение, что для молекул одного типа, AB , AB_2 , AB_3 или AB_4 и т.д., характерна одинаковая геометрическая конфигурация? Сравните форму молекул трех типов: AB_2 (CO_2 , NO_2 , H_2O); AB_3 (NH_3 , BH_3 , TiCl_3); AB_4 (CCl_4 , SiCl_4 , TiCl_4).

8. Как должны меняться значения моментов диполей молекул в ряду: а) ClF - BrF - IF ; б) NH_3 - PH_3 - AsH_3 ? Покажите также рисунком, почему векторная сумма диполей связей оказывается различной для двух трехатомных молекул CO_2 и H_2O .

9. Исходя из модели локализованных электронных пар, определите пространственную конфигурацию молекул PF_5 , SF_4 , ClF_3 , XeF_2 , SF_6 , ClF_5 , XeF_4 .

10. Объясните различие валентных углов для следующих пар молекул: $\text{OF}_2(103^\circ)$ и $\text{H}_2\text{O}(104,5^\circ)$; $\text{NF}_3(102^\circ)$ и $\text{NH}_3(107,3^\circ)$; $\text{NF}_3(102^\circ)$ и $\text{PF}_3(104^\circ)$.

Семинар 14. Химическая связь в веществах

1. Ионная связь. Поляризация ионов, ее влияние на свойства веществ.

2. Металлическая связь. Недостатки теории электронного газа. Зонная теория. Понятие об энергии и поверхностях Ферми. Металлы, полупроводники, диэлектрики. Р-, n-проводимость.

3. Межмолекулярное взаимодействие. Водородная связь.

4. Химическая связь в кристаллах. Классификация кристаллических структур.

Литература: [1] гл.4; [5] ч. 1, раздел II, гл. 4; ч. 1, раздел III, гл. 1; ч. 1, раздел IV, гл. 1, 2; [6] гл. IV, §§ 26, 38, 39; гл. V, §§ 40, 41; гл. VI; [9] гл. 2, §§ 2.6, 2.8; гл. 3, §§ 3.1, 3.2; [10] ч. III, гл. 5, 7; ч. IV, гл. 1; [11] ч. 1, гл. V.

Вопросы и задачи

1. Расположите указанные соединения и ионы в ряд по мере увеличения степени ионности химической связи, используя значения эффективного заряда химически связанного центрального атома:

| | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|--------|--------------------------------|--|-------------------------------------|
| | CuCl | CuBr | ZnBr | Fe(CO) | CrO ₄ ²⁻ | [Cr(NH ₃) ₆] ³⁺ | [Fe(CN) ₆] ⁻ |
| Z _{эф} | +1,1 | +1,0 | +0,5 | +0,4 | +0,2 | +1,2 | +1,0 |

2. Какие из ионов должны иметь большую поляризирующую способность: Na⁺ или Cs⁺, Be²⁺ или Ba²⁺, Al³⁺ или La³⁺? Почему?

3. Поляризуемость какого из ионов больше: F⁻ или Br⁻, S²⁻ или Te²⁻, Cl⁻ или I⁻? Почему?

4. Как классифицируются катионы по зависимости их поляризующего действия от структуры внешнего электронного уровня?

5. Как объяснить на основе поляризационных представлений меньшую устойчивость иодидов меди (II) и свинца (IV) по сравнению с соответствующими хлоридами?

6. Почему термическая устойчивость карбонатов d-элементов II группы периодической системы ниже термической устойчивости карбонатов s-элементов той же группы?

7. Почему в жидких сероводороде и хлороводороде водородные связи не образуются? Сравните с водой и жидким фтороводородом.

8. Какие три вида межмолекулярного взаимодействия называют Ван-дер-ваальсовыми силами? Чем определяется каждый из них? Какое взаимодействие оказывается наиболее слабым?

9. Как влияет на ориентационное взаимодействие полярность молекул? В чем выражается индукционное взаимодействие полярных молекул с неполярными?

10. Укажите, какая кристаллическая решетка (атомная, молекулярная, ионная, металлическая) реализуется в следующих твердых веществах: Ca, Si, CsF, N₂, CO₂, Hg, C, MgCl₂, KNO₃, SiO₂.

11. Имеются образцы следующих металлов: Pb, Cu, Hg, Na, Au, Ag, W. Распознайте эти металлы по предлагаемым физическим характеристикам:

- | | |
|--|-----------------------|
| а) очень мягкий, режется ножом; | б) желтого цвета; |
| в) имеет матовую поверхность; | г) самый тугоплавкий; |
| д) жидкий при комнатной температуре; | е) красного цвета; |
| ж) имеет металлический блеск и высокую электрическую проводимость. | |

Семинар 15. Электролиз. Коррозия металлов

1. Электролиз. Катоды и аноды. Процессы, идущие на катоде и аноде. Потенциал разложения.
2. Факторы, определяющие характер катодного и анодного процессов при электролизе электролитов. Явление перенапряжения.
3. Электролиз расплавов и растворов солей, оснований, кислот.
4. Электролиз водных растворов солей металлов, образованных неорганическими и органическими кислотами.
5. Законы Фарадея. Число Фарадея. Выход по току. Электрохимический эквивалент.

Вопросы и задачи

1. При электролизе протекает реакция
$$2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{KOH}$$
Будет ли протекать эта реакция самопроизвольно?
2. Составьте схемы электролиза раствора сульфата меди, протекающих: 1) на инертных электродах, 2) медных электродах. Вычислите минимальный потенциал разложения CuSO_4 при электролизе раствора этой соли на графитовых электродах.
3. Чем отличается электролиз водных растворов электролитов от электролиза их расплавов? Какие ионы и молекулы, находящиеся в водных растворах солей, могут восстанавливаться на катоде и окисляться на аноде? Напишите уравнения соответствующих реакций.
4. Если на электродах могут протекать несколько электрохимических процессов, то какой из них реализуется и что является критерием, определяющим его преимущество? В какой последовательности должны разряжаться на катоде ионы Ag^+ , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Bi^{3+} , Sn^{2+} ?
5. Согласно стандартным электродным потенциалам при электролизе из растворов солей цинка на катоде должен выделяться водород. В действительности же при плотности тока в mA/cm^2 выделяется примерно 60 % цинка. Чем это объяснить?
6. Из каких солей и при каких условиях возможно получение электролизом одновременно щелочи и кислоты? Напишите уравнения протекающих процессов.
7. Чему равна масса алюминия, полученного за один час при электролизе расплава AlCl_3 током силой 10,0 А?
8. Через раствор AgNO_3 пропускали ток силой в 5 А в течение 15 мин. Масса выделившегося серебра составила 5,04 г. Какому выходу по току это соответствует?

9. Чему равны электрохимические эквиваленты Ag , Cu(II) , Li , O_2 ?

ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Тамм М.Е., Третьяков Ю.Д. Неорганическая химия: физические основы неорганической химии: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Изд. центр Академия, 2004. - т.1.
2. Дроздов А.А., Зломанов В.П., Мазо Г.Н., Спиридонов Ф.М. Неорганическая химия: Химия непереходных элементов: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Изд. центр Академия, 2007. - т.2.
3. Дроздов А.А., Зломанов В.П., Мазо Г.Н., Спиридонов Ф.М. Неорганическая химия: Химия непереходных элементов: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Изд. центр Академия, 2007. - т.3. кн. 1
4. Дроздов А.А., Зломанов В.П., Мазо Г.Н., Спиридонов Ф.М. Неорганическая химия: Химия непереходных элементов: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ под ред. Ю.Д. Третьякова. - М.: Изд. центр Академия, 2007. - т.3. кн. 2
5. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1988.
6. Угай А.Я. Общая химия и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1997.
7. Угай А.Я. Неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1989.
8. Спицын В.И., Мартыненко Л.И. Неорганическая химия. Ч. I–II. – М.: Изд-во МГУ, 1991, 1994.
9. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. – М.: Химия, 1994.
10. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Строение вещества.– М.: Высшая школа, 1978.
11. Новоженев В.А. Введение в неорганическую химию. Ч. I–II.– Барнаул: Изд-во АГУ. 2015.
12. Гольбрайх З.Е. Сборник задач и упражнений по химии.– М.: Высшая школа, 1984.
13. Васильева З.Г., Грановская А.А., Таперова А.А. Лабораторные работы по общей и неорганической химии.– Л.: Химия, 1986.
14. Воскресенский П.И. Техника лабораторных работ.– Л.: Химия, 1970.
15. Новоженев В.А. Практикум по неорганической химии. 2015. Ч. 1 Техника лабораторных работ. - Барнаул: Изд. АлтГУ. 2015.

16. Новоженев В.А. Практикум по неорганической химии. 2015. Ч. 2. Поведение веществ в растворах.- Барнаул.: Изд. АлтГУ. 2015.
17. Новоженев В.А. Практикум по неорганической химии. 2015. Ч. 3. Химия элементов.- Барнаул. :Изд. АлтГУ. 2015.
18. Новоженев В.А. Неорганическая химия. Ч. 3. Соединения элементов. – Барнаул: Изд. АлтГУ. 2018.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

19. Реми Г. Курс неорганической химии. Т. 1–2.– М.: Мир, 1972, 1974.
20. Хьюи Дж. Неорганическая химия. Строение вещества и реакционная способность.– М.: Мир, 1987.
21. Полторак О.М., Ковба Л.М. Физико-химические основы неорганической химии.– М.: Изд-во МГУ, 1984.
22. Карапетьянц М.Х. Введение в теорию химических процессов.– М.: Высшая школа, 1981.
23. Дикерсон Р., Грей Г., Хейт Дж. Основные законы химии. Т. 1–2.– М.: Мир, 1982.
24. Джонсон Д. Термодинамические аспекты неорганической химии.– М.: Мир, 1985.
25. Рипан Р., Четяну И. Неорганическая химия. Т. 1–2. – М.: Мир, 1971, 1972.
26. Степин Б.Д., Цветков А.А. Неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1994.
27. Ленский А.С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию. – М.: Высшая школа, 1989.
28. Турова Н.Я. Справочные таблицы по неорганической химии. – Л.: Химия, 1977.
29. Глинка Н.Л. Общая химия. - Л.: Химия, 1979.
30. Справочник химика. Т. 1–6.– Л.: Химия, 1967.
31. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. – Л.: Химия, 1991.

Энергии ионизации атомов и ионов

Приведены энергии отрыва от атомов первого (I_1), второго (I_2), и третьего (I_3) электронов

| Атомный номер | Элемент | I_1 | | I_2 | | I_3 | |
|---------------|---------|----------|--------|----------|-------|----------|----|
| | | кДж/моль | эВ | кДж/моль | эВ | кДж/моль | эВ |
| 1. | H | 1312,1 | 13,599 | - | - | - | - |
| 2. | He | 2372,3 | 24,59 | 5251 | 54,42 | - | - |

| 3. | Li | 520,2 | 5,39 | 7298 | 75,64 | 11812 | 122,4 |
|---------------|---------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| 4. | Be | 899,5 | 9,32 | 1757 | 18,21 | 14844 | 153,9 |
| 5. | B | 800,6 | 8,298 | 2427 | 25,16 | 3659 | 37,9 |
| 6. | C | 1086,4 | 11,26 | 2353 | 24,38 | 4619 | 47,9 |
| 7. | N | 1402,3 | 14,53 | 2856 | 29,60 | 4576 | 47,4 |
| 8. | O | 1313,9 | 13,62 | 3388 | 35,12 | 5296 | 54,9 |
| 9. | F | 1681,1 | 17,42 | 3376 | 34,99 | 6045 | 62,7 |
| 10. | Ne | 2080,7 | 21,57 | 3964 | 41,08 | 6130 | 63,5 |
| 11. | Na | 495,8 | 5,14 | 4564 | 47,30 | 6913 | 71,7 |
| 12. | Mg | 737,7 | 7,65 | 1451 | 15,04 | 7730 | 80,1 |
| 13. | Al | 577,6 | 5,986 | 1817 | 18,8 | 2744 | 28,4 |
| 14. | Si | 786,5 | 8,15 | 1577 | 16,34 | 3228 | 33,46 |
| Атомный номер | Элемент | I_1 | | I_2 | | I_3 | |
| | | кДж/моль | эВ | кДж/моль | эВ | кДж/моль | эВ |
| 15. | P | 1011,8 | 10,49 | 1904 | 19,73 | 2910 | 30,16 |
| 16. | S | 999,6 | 10,36 | 2253 | 23,35 | 3380 | 35,0 |
| 17. | Cl | 1251,2 | 12,97 | 2296 | 23,80 | 3850 | 39,9 |
| 18. | Ar | 520,6 | 15,76 | 2666 | 27,63 | 3946 | 40,9 |
| 19. | K | 418,8 | 4,34 | 3070 | 31,82 | 4390 | 46,0 |
| 20. | Ca | 589,8 | 6,11 | 1145 | 11,87 | 4941 | 51,2 |
| 21. | Sc | 633,1 | 6,562 | 1235 | 12,80 | 2388 | 24,8 |
| 22. | Ti | 658 | 6,82 | 1310 | 13,58 | 2650 | 27,5 |
| 23. | V | 650,3 | 6,740 | 1372 | 14,21 | 2830 | 29,3 |
| 24. | Cr | 652,7 | 6,765 | 1592 | 16,50 | 2990 | 31,0 |
| 25. | Mn | 717,4 | 7,435 | 1509 | 15,64 | 32554 | 33,7 |
| 26. | Fe | 761,6 | 7,893 | 1561 | 16,18 | 2956 | 30,6 |
| 27. | Co | 759 | 7,87 | 1646 | 17,06 | 3231 | 33,5 |
| 28. | Ni | 736,7 | 7,635 | 1751 | 18,15 | 3392 | 35,2 |
| 29. | Cu | 745,4 | 7,726 | 1958 | 20,29 | 3554 | 36,8 |
| 30. | Zn | 906,4 | 9,394 | 1733 | 17,96 | 3830 | 39,7 |
| 31. | Ga | 578,7 | 6,09 | 1979 | 20,51 | 2962 | 30,7 |
| 32. | Ge | 762,2 | 7,90 | 1538 | 15,94 | 3301 | 34,2 |
| 33. | As | 947 | 9,82 | 1797 | 18,62 | 2734 | 28,3 |
| 34. | Se | 940,9 | 9,75 | 2045 | 21,19 | 3090 | 32,0 |
| 35. | Br | 1142 | 11,84 | 2103 | 21,8 | 3460 | 35,9 |
| 36. | Kr | 1350,8 | 14,0 | 2351 | 24,5 | 3560 | 36,9 |
| 37. | Rb | 403,0 | 4,18 | 2650 | 27,5 | 3930 | 40,0 |
| 38. | Sr | 549,4 | 5,69 | 1064 | 11,0 | 4210 | 43,6 |

| 39. | Y | 599,8 | 6,217 | 1181 | 12,24 | 1980 | 20,5 |
|---------------|---------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| 40. | Zr | 659,7 | 6,84 | 1267 | 13,13 | 2217 | 22,9 |
| 41. | Nb | 664,0 | 6,882 | 1382 | 14,32 | 2400 | 25 |
| 42. | Mo | 685 | 7,10 | 1558 | 16,15 | 2618 | 27,1 |
| 43. | Tc | 702 | 7,28 | 1472 | 15,26 | 3100 | 32 |
| 44. | Ru | 710,7 | 7,366 | 1617 | 16,76 | 2746 | 28,5 |
| 45. | Rh | 720,0 | 7,46 | 1744 | 18,08 | 2996 | 31,05 |
| 46. | Pd | 804,3 | 8,336 | 1875 | 19,43 | 3170 | 32,9 |
| 47. | Ag | 731,0 | 7,576 | 2073 | 21,49 | 3360 | 34,8 |
| 48. | Cd | 867,8 | 8,994 | 1631 | 16,9 | 3610 | 37,5 |
| 49. | In | 558,3 | 5,78 | 1820 | 18,9 | 2700 | 28,0 |
| 50. | Sn | 708,6 | 7,34 | 1411 | 14,6 | 2942 | 30,5 |
| Атомный номер | Элемент | I_1 | | I_2 | | I_3 | |
| | | кДж/ моль | эВ | кДж/ моль | эВ | кДж/ моль | эВ |
| 51. | Sb | 834 | 8,64 | 1590 | 16,5 | 2440 | 25,3 |
| 52. | Te | 869,3 | 9,01 | 1790 | 18,6 | 3000 | 31 |
| 53. | I | 1008,4 | 10,45 | 1843 | 19,1 | - | - |
| 54. | Xe | 1170,4 | 12,13 | 2050 | 21,3 | 3100 | 32,1 |
| 55. | Cs | 375,7 | 3,89 | 2420 | 25,1 | - | - |
| 56. | Ba | 502,8 | 5,2 | 965,2 | 10,0 | 3600 | 37 |
| 57. | La | 538,1 | 5,577 | 1067 | 11,0 | 1850 | 19,2 |
| 58. | Ce | 528 | 5,5 | 1047 | 10,8 | 1880 | 19,5 |
| 59. | Pr | 523 | 5,42 | 1018 | 10,5 | - | - |
| 60. | Nd | 530 | 5,49 | 1034 | 10,7 | - | - |
| 61. | Pm | 535 | 5,55 | 1052 | 10,9 | - | - |
| 62. | Sm | 543 | 5,63 | 1068 | 11,1 | - | - |
| 63. | Eu | 546,5 | 5,66 | 1085 | 11,2 | - | - |
| 64. | Gd | 594 | 6,16 | 1170 | 12,1 | - | - |
| 65. | Tb | 564 | 5,85 | 1112 | 11,5 | - | - |
| 66. | Dy | 572 | 5,93 | 1126 | 11,7 | - | - |
| 67. | Ho | 581 | 6,02 | 1139 | 11,8 | - | - |
| 68. | Er | 589 | 6,10 | 1151 | 11,9 | - | - |
| 69. | Tm | 596,4 | 6,18 | 1163 | 12,0 | - | - |
| 70. | Yb | 603 | 6,25 | 1175 | 12,2 | - | - |
| 71. | Lu | 523,5 | 5,43 | 1340 | 13,9 | - | - |
| 72. | Hf | 720 | 7,5 | 1440 | 14,9 | - | - |
| 73. | Ta | 761 | 7,89 | 1560 | 16,2 | - | - |
| 74. | W | 770 | 7,98 | 1710 | 17,7 | - | - |

| 75. | Re | 760 | 7,88 | 1600 | 16,5 | - | - |
|---------------|---------|----------|--------|----------|------|-------|----------|
| 76. | Os | 820 | 8,5 | 1640 | 17 | - | - |
| 77. | Ir | 880 | 9,1 | 1640 | 17 | - | - |
| 78. | Pt | 860 | 8,9 | 1791 | 18,6 | - | - |
| 79. | Au | 890,2 | 9,226 | 1980 | 20,5 | - | - |
| 80. | Hg | 1007,1 | 10,438 | 1809,7 | 18,8 | - | - |
| 81. | Tl | 589,3 | 6,11 | 1971 | 20,4 | - | - |
| 82. | Pb | 715,6 | 7,42 | 1450 | 15,0 | - | - |
| 83. | Bi | 703,1 | 7,29 | 1615 | 16,7 | - | - |
| 84. | Po | 813 | 8,43 | 1870 | 19,4 | - | - |
| 85. | At | 890 | 9,2 | 1940 | 20,1 | - | - |
| 86. | Rn | 1037,1 | 10,75 | - | - | - | - |
| Атомный номер | Элемент | I_1 | | I_2 | | I_3 | |
| | | кДж/моль | эВ | кДж/моль | | | кДж/моль |
| 87. | Fr | 384 | 3,98 | - | - | - | - |
| 88. | Ra | 509,3 | 5,28 | 979 | 10,1 | - | - |
| 89. | Ac | 490 | 5,1 | 1164 | 12,1 | - | - |
| 90. | Th | 590 | 6,1 | 1110 | 11,5 | - | - |
| 91. | Pa | 570 | 5,9 | - | - | - | - |
| 92. | U | 597 | 6,2 | 1120 | 11,6 | - | - |
| 93. | Np | 600 | 6,2 | - | - | - | - |
| 94. | Pu | 585 | 6,06 | - | - | - | - |
| 95. | Am | 578 | 5,99 | - | - | - | - |
| 96. | Cm | 588 | 6,09 | - | - | - | - |
| 97. | Bk | 608 | 6,30 | - | - | - | - |
| 98. | Cf | 620 | 6,4 | - | - | - | - |
| 99. | Es | 630 | 6,5 | - | - | - | - |
| 100. | Fm | 640 | 6,6 | - | - | - | - |
| 101. | Md | 650 | 6,7 | - | - | - | - |

Сродство некоторых атомов к электрону

Сродство к электрону F выражено через энергию ионизации отрицательно заряженных ионов Ξ^-

| Атомный номер | Элемент | F , кДж/моль | F , эВ |
|---------------|---------|-------------------|----------|
| 1 | H | 72,8 | 0,75 |
| 2 | He | -21,2 | -0,22 |

| | | | |
|---------------|---------|-------------------|----------|
| 3 | Li | 57 | 0,59 |
| 4 | Be | -18,3 | -0,19 |
| 5 | B | 29 | 0,30 |
| 6 | C | 123 | 1,27 |
| 7 | N | -20 | -0,21 |
| 8 | O | 141,5 | 1,47 |
| 9 | F | 322,7 | 3,45 |
| 10 | Ne | -21,2 | -0,22 |
| 11 | Na | 29 | 0,3 |
| 12 | Mg | -21 | -0,22 |
| 13 | Al | 19 | 0,2 |
| 14 | Si | 174 | 1,8 |
| Атомный номер | Элемент | F , кДж/моль | F , эВ |
| 15 | P | 77 | 0,8 |
| 16 | S | 200,4 | 2,08 |
| 17 | Cl | 351,4 | 3,61 |
| 18 | Ar | -36 | -0,37 |
| 19 | K | ~ 48 | ~ 0,5 |
| 35 | Br | 338,9 | 3,54 |
| 53 | I | 325,09 | 3,38 |

Термодинамические константы некоторых веществ

| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Ag (к) | 0 | 0 | 42,55 |
| AgBr (к) | -100,7 | -97,2 | 107,1 |
| AgCl (к) | -127,1 | -109,8 | 96,11 |
| AgF (к) | -206 | -187,9 | 83,7 |
| AgI (к) | -61,9 | -66,4 | 115,5 |
| AgNO ₃ (к) | -124,5 | -33,6 | 140,9 |
| Ag ₂ O (к) | -31,1 | -11,3 | 121,0 |
| Al (к) | 0 | 0 | 28,35 |
| AlBr ₃ (к) | -513,4 | -490,6 | 180,2 |
| AlCl ₃ (к) | -704,2 | -628,6 | 109,3 |
| AlF ₃ (к) | -1510 | -1432,0 | 66,48 |
| AlH ₃ (к) | -11,4 | 46,4 | 30,0 |
| AlI ₃ (к) | -308 | -304 | 189,5 |

| | | | |
|---|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Al(OH) ₃ (к) | -1315 | -1157 | 70,1 |
| Al ₂ O ₃ (к) (корунд) | -1662 | -1565 | 52,54 |
| Al ₂ S ₃ (к) | -723,4 | -492,5 | 96 |
| Al ₂ (SO ₄) ₃ (к) | -3442,2 | -3101 | 239,2 |
| Ar (г) | 0 | 0 | 154,7 |
| As (серый, к) | 0 | 0 | 36,6 |
| Au (к) | 0 | 0 | 47,40 |
| B (к) | 0 | 0 | 5,8 |
| BBr ₃ (к) | - | -237,5 | 228,5 |
| BCl ₃ (ж) | -427,1 | -387,2 | 206 |
| BF ₃ (г) | -1137,0 | -1120,0 | 254,37 |
| B ₂ H ₆ (г) | 38,5 | 89,6 | 232 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| BN (к) | -252,8 | -226,8 | 14,8 |
| B ₂ O ₃ (ам) | -1254 | -1193,7 | 80,8 |
| HBO ₂ (к) | -795 | -736,1 | 240,2 |
| H ₃ BO ₃ (к) | -1094,0 | -968,8 | 88,74 |
| B ₂ S ₃ (к) | -252 | -238,1 | 106,3 |
| Ba (к) | 0 | 0 | 67 |
| BaBr ₂ (к) | -756,5 | -732 | 150 |
| BaCO ₃ (к) | -1219 | -1139 | 112 |
| BaCl ₂ (к) | -859,1 | -811,4 | 126 |
| BaF ₂ (к) | -1200 | -1149 | 96,2 |
| BaI ₂ (к) | -605,4 | -619 | 167 |
| Ba(NO ₃) ₂ (к) | -991,0 | -795,0 | 214 |
| BaO (к) | -558,1 | -528,4 | 70,3 |
| BaO ₂ (к) | -629,7 | -587,9 | 65,7 |
| Ba(OH) ₂ (к) | -950 | -886 | 124,0 |
| Ba ₃ (PO ₄) ₂ (к) | -3960,2 | -3951,4 | 355,6 |
| BaS (к) | -460,5 | -456 | 78,3 |
| BaSO ₄ (к) (барит) | -1465,0 | -1353,0 | 132,0 |
| Be (к) | 0 | 0 | 9,5 |
| BeO (к) | -598 | -582 | 14,1 |
| Be(OH) ₂ (к) | -907 | -818 | 55,6 |
| Bi (к) | 0 | 0 | 56,9 |
| BiCl ₃ (к) | -379,0 | -313,1 | 172,0 |
| BiI ₃ (к) | -108,9 | -175,4 | 234,0 |

| | | | |
|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Bi_2O_3 (к) | -577,8 | -497,3 | 151 |
| $\text{Bi}(\text{OH})_3$ (к) | -711,8 | -580,3 | 118 |
| $\text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3$ (к) | -2554 | -2583,3 | - |
| Bi_2S_3 (к) | -155,6 | -152,9 | 200,4 |
| Br_2 (г) | 30,9 | 3,1 | 245,5 |
| Br_2 (ж) | 0 | 0 | 152,2 |
| HBr (г) | -34,1 | -51,2 | 198,6 |
| HBrO (р) | -112,97 | -82,4 | 142,3 |
| C (алмаз, к) | 1,828 | 2,833 | 2,36 |
| C (графит, к) | 0 | 0 | 5,74 |
| CCl_4 (г) | -102,93 | -60,63 | 309,74 |
| CCl_4 (ж) | -135,44 | -64,7 | 214,6 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| CF_4 (г) | -933,7 | -887,97 | 216,6 |
| CH_4 (г) (метан) | -74,86 | -50,79 | 186,19 |
| C_2H_4 (г) (этилен) | 52,28 | 68,11 | 219,4 |
| CO (г) | -110,52 | -137,14 | 197,54 |
| COCl_2 (г) | -220,3 | -266,9 | 283,9 |
| COF_2 (г) | -634,71 | -619,23 | 258,49 |
| CO_2 (г) | -393,51 | -394,38 | 213,68 |
| CS_2 (ж) | 88,7 | 64,4 | 151,0 |
| H_2CO_3 (р) | -699,5 | -619,2 | 187,4 |
| Ca (г) | 177,3 | 143,6 | 154,8 |
| Ca (к) | 0 | 0 | 41,63 |
| CaBr_2 (к) | -674,9 | -656,1 | 130 |
| $\text{CaBr}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (к) | -2507,9 | -2118,9 | 304,72 |
| CaCO_3 | -1206,72 | -1129,6 | 88,8 |
| $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ (к) (доломит) | -2316,1 | -2153,35 | 155,29 |
| CaCl_2 (к) | -795 | -750,2 | 113,6 |
| CaF_2 (к) (флюорит) | -1214,6 | -1161,9 | 68,9 |
| CaI_2 (к) | -534,7 | -529,0 | 142 |
| CaO (к) | -635,5 | -604,2 | 39,7 |
| $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (к) | -939,02 | -743,7 | 193,4 |
| $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (к) | -986,6 | -896,8 | 76,1 |
| $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (к) | -4123,6 | -3887,6 | 236 |

| | | | |
|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| (фосфорит) | | | |
| CaSO ₄ (к) (ангидрит) | -1435,07 | -1322,74 | 106,8 |
| CaSO ₄ · 2H ₂ O (гипс, к) | -2023,98 | -1798,7 | 194,3 |
| Cd (к) | 0 | 0 | 51,76 |
| CdBr ₂ (к) | -315,3 | -295,8 | 138,83 |
| CdCO ₃ (к) | -754,6 | -674,5 | 96,7 |
| CdCl ₂ (к) | -390,8 | -343,2 | 115,27 |
| CdF ₂ (к) | -700,4 | -649,5 | 84 |
| CdI ₂ (к) | -204,2 | -201,3 | 158,32 |
| CdO (к) | -260,0 | -229,3 | 54,8 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| | | | |
| Cd(OH) ₂ (к) | -561,5 | -473,8 | 93,04 |
| CdS (к) | -156,9 | -153,2 | 71,1 |
| CdSO ₄ (к) | -934,4 | -823,9 | 123,05 |
| Cl ₂ (г) | 0 | 0 | 222,9 |
| Cl ₂ O (г) | 75,7 | 93 | 266,2 |
| Cl ₂ O ₇ (г) | 286,6 | 399,1 | - |
| Cl ₂ O ₇ (ж) | 251 | - | - |
| HCl (г) | -91,8 | -94,79 | 186,8 |
| HCl (р) | -166,9 | -131,2 | 56,5 |
| Co (к) | 0 | 0 | 30,04 |
| CoBr ₂ (к) | -223,84 | -210,46 | 135,56 |
| CoCO ₃ (к) | -722,6 | -651,0 | - |
| CoCl ₂ (к) | -325,5 | -282,4 | 106,3 |
| Co(NO ₃) ₂ (к) | -430,5 | -230,5 | 192 |
| CoO (к) | -239,3 | -213,4 | 43,9 |
| Co ₃ O ₄ (к) | -879 | -761,5 | 102,9 |
| Co(OH) ₂ (к) | -541,0 | -456,1 | 82 |
| Co(OH) ₃ (к) | -730,53 | -596,64 | 83,68 |
| CoS (к) | -80,75 | -82,84 | 67,36 |
| CoSO ₄ (к) | -868,2 | -761,9 | 113,4 |
| Cr (к) | 0 | 0 | 23,6 |
| CrCl ₂ (к) | -395,4 | -356,3 | 115,65 |
| CrCl ₃ (к) | -570,3 | -500,7 | 124,7 |

| | | | |
|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| CrO ₃ (к) | -585,76 | -506,26 | 71,96 |
| Cr ₂ O ₃ (к) | -1140,6 | -1059 | 81,2 |
| Cr(OH) ₂ (к) | -677,81 | -587,85 | 81,17 |
| Cr(OH) ₃ (к) | -999,98 | -849,02 | 80,33 |
| Cr ₂ (SO ₄) ₃ (к) | -3308 | -2984 | 288 |
| Cs (к) | 0 | 0 | 84,35 |
| CsBr (к) | -394,6 | -383,3 | 121 |
| CsCl (к) | -433,0 | -404,2 | 90,0 |
| CsF (к) | -530,9 | -505,4 | 79 |
| CsI (к) | -351,3 | -333,5 | 130 |
| CsNO ₃ (к) | -494,2 | -395,0 | 149,0 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| Cs ₂ O (к) | -317,6 | -274,5 | 123,8 |
| Cs ₂ O ₂ (к) | -402,5 | -327,2 | 118,0 |
| CsOH (к) | -406,7 | -362,3 | 93,3 |
| Cs ₂ S (к) | -364 | -326 | 146 |
| Cs ₂ SO ₄ (к) | -1642,6 | -1300,0 | 205,9 |
| Cu (к) | 0 | 0 | 33,15 |
| CuBr ₂ (к) | -143 | -131,1 | 146 |
| CuCl (к) | -137,3 | -120,1 | 87,0 |
| CuCl ₂ (к) | -215,6 | -171,4 | 108,1 |
| CuF ₂ (к) | -537,6 | -487,8 | 68,6 |
| CuI (к) | -68 | -69,7 | 96,7 |
| CuI ₂ (к) | - | -11,71 | 163,18 |
| Cu(NO ₃) ₂ (к) | -305,34 | -117,15 | 192,46 |
| CuO (к) | -162 | -129,4 | 42,63 |
| Cu ₂ O (к) | -173,2 | -150,5 | 92,93 |
| Cu(OH) ₂ (к) | -444,3 | -359,4 | 84 |
| (CuOH) ₂ CO ₃ (к) (малахит) | -1051 | -900,9 | 211,6 |
| CuS (к) | -53,1 | -53,6 | 66,5 |
| CuSO ₄ (к) | -770,9 | -661,8 | 109 |
| CuSO ₄ · 5H ₂ O (к) | -2279,4 | -1879,9 | 300 |
| F₂ (г) | 0 | 0 | 202,9 |
| HF (г) | -270,9 | -272,8 | 173,7 |
| HF (р) | -320,08 | -296,86 | - |
| Fe (к) | 0 | 0 | 27,15 |

| | | | |
|---|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| FeBr ₂ (к) | -251,4 | -239,6 | 140 |
| FeBr ₃ (к) | -269 | -246 | 184 |
| FeCO ₃ (к) | -738,15 | -665,1 | 95,4 |
| FeCl ₂ (к) | -341,75 | -302,35 | 118,0 |
| FeCl ₃ (к) | -396,23 | -340,16 | 145,6 |
| FeO (к) | -264,8 | -244,3 | 60,75 |
| Fe ₂ O ₃ (к) (гематит) | -822,2 | -740,3 | 87,4 |
| Fe ₃ O ₄ (к) | -1117,1 | -1014,2 | 146,2 |
| Fe(OH) ₂ (к) | -561,7 | -479,7 | 88 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| Fe(OH) ₃ (к) | -826,6 | -699,6 | 105 |
| FeS (к) | -100,4 | -100,8 | 60,29 |
| FeS ₂ (к) (пирит) | -163,2 | -151,8 | 52,93 |
| FeSO ₄ (к) | -929,47 | -825,54 | 121,04 |
| Fe ₂ (SO ₄) ₃ (к) | -2584 | -2253 | 282,8 |
| Ga (к) | 0 | 0 | 41,1 |
| Ge (к) | 0 | 0 | 31,3 |
| GeO (к) | -255 | -226,8 | 50,2 |
| GeO ₂ (к) | -554,7 | -500,8 | 55,27 |
| H₂ (г) | 0 | 0 | 130,52 |
| He (г) | 0 | 0 | 126,04 |
| Hf (к) | 0 | 0 | 43,55 |
| Hg (ж) | 0 | 0 | 75,9 |
| HgBr ₂ (к) | -169,9 | -155,5 | 179,8 |
| Hg ₂ Br ₂ (к) | -207,1 | -181,3 | 217,7 |
| HgCO ₃ (к) | -553,29 | -468,61 | 184,1 |
| HgCl ₂ (к) | -228,2 | -180,9 | 140,02 |
| Hg ₂ Cl ₂ (к) (каломель) | -265,1 | -210,8 | 192,76 |
| HgI ₂ (к) | -105,4 | -103,05 | 184,05 |
| Hg(NO ₃) ₂ (к) | -226 | - | - |
| HgO (к) | -90,9 | -58,4 | 70,3 |
| Hg ₂ O (к) | -91,3 | -55,4 | 130,2 |
| HgS (к) | -59,0 | -51,4 | 82 |
| HgSO ₄ (к) | -707,9 | -590,0 | 136,4 |
| Hg ₂ SO ₄ (к) | -744,65 | -627,45 | 200,7 |

| | | | |
|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| I₂ (к) | 0 | 0 | 116,15 |
| HI (г) | 26,57 | 1,78 | 206,48 |
| H₅IO₆ | -761,5 | - | - |
| In (к) | 0 | 0 | 57,82 |
| K (к) | 0 | 0 | 71,45 |
| K₂V₄O₇ (к) | -3334,2 | -2998,8 | 187,4 |
| KBr (к) | -392,5 | -378,8 | 95,85 |
| KBrO₃ (к) | -332,2 | -243,5 | 149,2 |
| KCN (к) | -112,5 | -103,9 | 137,03 |
| K₂CO₃ (к) (поташ) | -1146,1 | -1059,8 | 156,32 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| KCl (к) (сильвин) | -435,9 | -408,0 | 82,56 |
| KClO₃ (к) | -391,2 | -289,9 | 142,97 |
| KClO₄ (к) | -430,1 | -300,4 | 151,0 |
| K₂CrO₄ (к) | -1382,8 | -1286,0 | 193 |
| K₂Cr₂O₇ (к) | -2033,0 | -1866 | 291,2 |
| KF (к) | -567,4 | -537,7 | 66,60 |
| KHCO₃ (к) | -959,3 | -860,6 | 128,7 |
| KI (к) | -327,6 | -324,1 | 110,79 |
| KIO₃ (к) | -508,4 | -425,5 | 151,46 |
| KIO₄ (к) | -464,9 | -391,2 | 1157,7 |
| KMnO₄ (к) | 813,4 | -713,8 | 171,71 |
| K₂MnO₄ (к) | -1184,07 | - | - |
| KNO₂ (к) | -370,3 | -218,6 | 117 |
| KNO₃ (к) (индийская селитра) | -493,2 | -393,1 | 132,93 |
| KOH (к) | -425,8 | -380,2 | 79,32 |
| K₂O (к) | -363,2 | -322,1 | 94,1 |
| K₂S (к) | -428,44 | -404,2 | 111,3 |
| K₂SO₄ (к) | -1433,7 | -1316,4 | 175,7 |
| Kr (г) | 0 | 0 | 164 |
| La (к) | 0 | 0 | 57,3 |
| Li (к) | 0 | 0 | 28,6 |
| LiBr (к) | -350,3 | -338,9 | 66,9 |
| LiCl (к) | -408,3 | -384,0 | 59,3 |
| LiF (к) | -612,1 | -584,1 | 35,9 |

| | | | |
|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| LiI (к) | -271,1 | -266,9 | 75,7 |
| LiOH (к) | -487,2 | -442,2 | 42,8 |
| Li ₂ CO ₃ (к) | -1215,6 | -1132,4 | 90,37 |
| LiNO ₃ (к) | -482,3 | -389,5 | 105 |
| Li ₂ O (к) | -595,8 | -562,1 | 37,89 |
| Li ₂ SO ₄ (к) | -1434,4 | -1324,7 | 113 |
| Mg (к) | 0 | 0 | 32,7 |
| Mg(AlO ₂) ₂ (к) (шпинель) | -2314,9 | -2190,1 | 80,68 |
| MgBr ₂ (к) | -517,6 | - | 117 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| MgCO ₃ (к) | -1113 | -1029,3 | 65,7 |
| MgCl ₂ (к) | -641,1 | -591,6 | 89,8 |
| MgF ₂ (к) | -1113 | -1071 | 57,2 |
| MgO (к) | -601,8 | -596,6 | 26,9 |
| Mg(OH) ₂ (к) | -924,7 | -833,7 | 63,14 |
| MgSO ₄ (к) | -1301,4 | -1158,7 | 91,6 |
| Mn (к) | 0 | 0 | 32 |
| MnCO ₃ (к) | -881,7 | -811,4 | 109,5 |
| MnCl ₂ (к) | -481,2 | -440,4 | 118,2 |
| MnO (к) | -385,1 | -363,3 | 61,5 |
| MnO ₂ (к) | -521,5 | -466,7 | 53,1 |
| Mn(OH) ₂ (к) | -700,0 | -618,7 | 94,9 |
| Mn ₃ O ₄ (к) | -1387,6 | -1282,9 | 154,8 |
| Mn ₂ O ₇ (к) | -728,43 | 543,92 | - |
| MnSO ₄ (к) | -1066,7 | 959,0 | 112,5 |
| Mo (к) | 0 | 0 | 28,6 |
| MoO ₂ (к) | -589,1 | -533,2 | 46,28 |
| MoO ₃ (к) | -745,2 | -668,1 | 77,74 |
| H ₂ MoO ₄ (к) | -1046,1 | -950 | 159 |
| MoS ₂ (к) | -248,1 | -239,2 | 62,59 |
| N ₂ (г) | 0 | 0 | 199,9 |
| NF ₃ (г) | -126 | -84,4 | 260,6 |
| NH ₃ (г) | -46,19 | -16,71 | 192,6 |
| (NH ₄) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₄ · 4H ₂ O (к) | -5946,9 | -4938,5 | 686,2 |
| NH ₄ Br (к) | -270,1 | -174,7 | 112,9 |

| | | | |
|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| NH ₄ Cl (к) | -314,2 | -203,2 | 95,8 |
| NH ₄ NO ₂ (к) | -237,4 | -116,8 | 253,7 |
| NH ₄ NO ₃ (к) | -365,4 | -183,8 | 151,0 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ (к) | -1180,0 | -901,3 | 220 |
| (NH ₄) ₂ CrO ₄ (к) | -1182,4 | -995,8 | 167,78 |
| (NH ₄) ₂ Cr ₂ O ₇ (к) | -1799,12 | - | - |
| NO (г) | 90,25 | 86,58 | 210,6 |
| NO ₂ (г) | 33 | 51,5 | 240,2 |
| N ₂ O (г) | 82,1 | 104,2 | 220,0 |
| N ₂ O ₃ (г) | 83,3 | 140,6 | 307,3 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| N ₂ O ₄ (ж) | 19,05 | 98,0 | 209,3 |
| N ₂ O ₅ (к) | -42,7 | 114,2 | 178,4 |
| HNO ₂ (р) | -119,2 | -55,6 | 152,7 |
| HNO ₃ (ж) | -174,1 | -80,8 | 156,6 |
| Na (к) | 0 | 0 | 51,45 |
| NaBr (к) | -361,4 | -349,3 | 86,82 |
| NaBrO ₃ (к) | -342,8 | -252,6 | 130,5 |
| NaCl (к) (галит) | -189,4 | -201,3 | 229,7 |
| NaCl (к) | -411,1 | -384,0 | 72,12 |
| NaF (к) | -573,6 | -543,3 | 51,3 |
| NaHCO ₃ (к) | -947,7 | -851,9 | 102 |
| NaI (к) | -287,9 | -284,6 | 98,5 |
| NaNO ₂ (к) | -359 | -295 | 106 |
| NaNO ₃ (к) (чилийская селитра) | -466,7 | -365,9 | 116 |
| NaOH (к) | -425,6 | -380,7 | 64,4 |
| NaOH (р) | -470 | -419,2 | 48,1 |
| NaO ₂ (к) | - | -217,6 | 115,9 |
| Na ₂ B ₄ O ₇ (к) | -3276,6 | -3081,6 | 189,5 |
| Na ₂ CO ₃ (к) | -1131,0 | -1047,5 | 136,4 |
| Na ₂ CrO ₄ (к) | -1333 | -1232 | 174,5 |
| Na ₂ O (к) | -416,0 | -377,1 | 75,27 |
| Na ₂ S (к) | -370,3 | -354,8 | 77,4 |
| Na ₂ SO ₃ (к) | -1090 | -1002 | 146,0 |
| Na ₂ SO ₄ (к) | -1384,6 | -1266,8 | 149,5 |

| | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Na ₂ SiO ₃ (к) | -1525,4 | -1427,7 | 113,8 |
| Na ₃ AlF ₆ (к) | - | -3140,7 | 238,5 |
| Na ₃ PO ₄ (к) | -1935,5 | -1819 | 224,7 |
| Nb (к) | 0 | 0 | 36,6 |
| Ne (г) | 0 | 0 | 146,2 |
| Ni (к) | 0 | 0 | 29,9 |
| NiBr ₂ (к) | -214 | -201 | 129 |
| NiCl ₂ (к) | -304,2 | -258,0 | 98,07 |
| NiF ₂ (к) | -661,07 | -624,25 | 73,6 |
| NiI ₂ (к) | -96,23 | -89,12 | 157,74 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| NiO (к) | -239,7 | -211,6 | 37,99 |
| Ni(OH) ₂ (к) | -543,5 | -458,3 | 80 |
| Ni(OH) ₃ (к) | -678,23 | -541,83 | 81,59 |
| NiS (к) | -79 | -76,9 | 52,97 |
| NiSO ₄ (к) | -873,5 | -763,8 | 103,85 |
| O₂ (г) | 0 | 0 | 205,04 |
| O ₃ (г) | 142,3 | 162,7 | 238,8 |
| H ₂ O (г) | -241,82 | -228,61 | 188,72 |
| H ₂ O (ж) | -285,83 | -237,24 | 70,08 |
| H ₂ O ₂ (р) | -191,4 | -133,8 | 142,4 |
| Os (к) | 0 | 0 | 32,6 |
| P (к, белый) | 0 | 0 | 41,1 |
| P (к, черный) | -38,9 | -33,47 | 22,7 |
| P (к, красный) | -17,6 | -11,9 | 22,8 |
| P ₄ (г) | 58,9 | 24,5 | 279,9 |
| PBr ₃ (г) | -132,0 | -155,7 | 348 |
| PBr ₃ (ж) | -184 | -175,7 | 240,2 |
| PCl ₃ (г) | -287,02 | -260,5 | 311,7 |
| PCl ₅ (г) | -366,0 | -305,4 | 364,5 |
| PF ₃ (г) | -956,5 | -935,66 | 272,6 |
| PF ₅ (г) | -1593 | -1517,2 | 296 |
| PH ₃ (г) | 5,44 | 13,39 | 210,1 |
| P ₄ O ₆ (к) | -1640 | - | - |
| P ₄ O ₁₀ (к) | -2984,0 | -2697,8 | 228,8 |
| HPO ₃ (к) | -976,9 | - | - |
| H ₃ PO ₃ (р) | -964,8 | -856,8 | 167,3 |

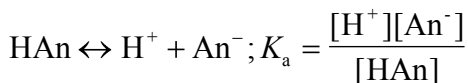
| | | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| H ₃ PO ₄ (р) | -1288,3 | -1142,6 | -158,1 |
| H ₃ PO ₄ (к) | -1279 | -1119,1 | 110,5 |
| Pb (к) | 0 | 0 | 64,8 |
| PbCO ₃ (к) | -699,6 | -625,9 | 131,0 |
| PbCl ₂ (к) | -359,8 | -314,05 | 134,3 |
| PbCrO ₄ (к) | -910,9 | -819,6 | 152,7 |
| PbI ₂ (к) | -175,2 | -173,6 | 175,4 |
| Pb(NO ₃) ₂ (к) | -451,7 | -256,9 | 217,9 |
| PbO (к) | -219,3 | -189,1 | 66,2 |
| PbO ₂ (к) | -276,6 | -218,3 | 74,89 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}^0$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| Pb ₃ O ₄ (к) | -723,4 | -606,2 | 211,3 |
| Pb(OH) ₂ (к) | -512,5 | -451,2 | - |
| PbS (к) (галенит) | -100,4 | -98,8 | 91,2 |
| PbSO ₄ (к) | -920,6 | -813,8 | 148,67 |
| Pd (к) | 0 | 0 | 37,7 |
| PdO (к) | -115,5 | -85,3 | 38,9 |
| Pt (к) | 0 | 0 | 41,5 |
| PtO ₂ (к) | -134 | -84 | 69,1 |
| Rb (к) | 0 | 0 | 76,2 |
| RbBr (к) | -389,2 | -378,1 | 112,3 |
| Rb ₂ CO ₃ (к) | -1128 | -1046,0 | - |
| RbCl (к) | -430,6 | -405,8 | 91,6 |
| RbF (к) | -549,3 | -523,4 | 75,3 |
| RbI (к) | -328,4 | -325,5 | 118 |
| RbNO ₃ (к) | -489,7 | -390,4 | 140,6 |
| RbOH (к) | -413,8 | -364,0 | 79,5 |
| Rb ₂ O (к) | -330,1 | -292,9 | 108,8 |
| Re (к) | 0 | 0 | 36,5 |
| Rh (к) | 0 | 0 | 31,5 |
| Ru (к) | 0 | 0 | 28,5 |
| S (г) | 273,0 | 232,4 | 167,7 |
| S (к, монокл.) | 0,38 | 0,188 | 32,6 |
| S (к, ромб.) | 0 | 0 | 31,9 |
| SO ₂ (г) | -296,9 | -300,2 | 248,1 |
| SO ₂ (к) | -331,1 | - | - |
| SO ₃ (г) | -396,1 | -370 | 256,4 |

| | | | |
|--|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| SO ₃ (ж) | -439,0 | -368,04 | 122,05 |
| SO ₃ (к) | -454,51 | -368,98 | 52,3 |
| H ₂ S (г) | -21 | -33,8 | 205,7 |
| H ₂ S (р) | -39,75 | -27,9 | 121,3 |
| H ₂ SO ₄ (ж) | -814,2 | -690,3 | 156,9 |
| Sb (к) | 0 | 0 | 45,69 |
| SbCl ₃ (к) | -381,2 | -322,5 | 183 |
| Sb ₂ O ₅ (к) | 1007,5 | -864,7 | 125,1 |
| Sc (к) | 0 | 0 | 34,3 |
| Se (г) | 0 | 0 | 42,2 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| Se (ст) | 5,4 | 2,65 | 51,5 |
| SeF ₆ (г) | - | -928,9 | 313,8 |
| SeO ₂ (г) | -125,8 | -133,2 | 264,8 |
| SeO ₂ (к) | -225,7 | -171,6 | 66,7 |
| H ₂ Se (г) | 33 | 19,7 | 218,8 |
| Si (к) | 0 | 0 | 18,8 |
| SiC (к) | -66,8 | -60,35 | 16,62 |
| SiCl ₄ (ж) | -687,8 | -598,3 | 239,7 |
| SiF ₄ (г) | -1614,9 | -1572,5 | 282,6 |
| SiH ₄ (г) | 34,7 | 57,2 | 204,56 |
| SiO ₂ (кварц) (к) | -911,55 | -857,2 | 41,87 |
| H ₂ SiO ₃ (аморф.) | -1189,1 | -1019,1 | - |
| Sn (к, белое) | 0 | 0 | 51,6 |
| Sn (к, серое) | -2,1 | -0,13 | 44,2 |
| SnCl ₄ (ж) | -528,9 | -457,7 | 299,6 |
| SnH ₄ (г) | 162,3 | 187,8 | 228,7 |
| SnO (к) | -286,0 | -256,9 | 56,5 |
| SnO ₂ (к) | -580,8 | -519,9 | 52,3 |
| Sn(OH) ₂ (к) | -506,3 | -491,6 | 87,7 |
| Sn(OH) ₄ (к) | - | -946 | 155 |
| SnS (к) | -110,2 | -108,3 | 77,0 |
| SnS ₂ (к) | -82,5 | -74,1 | 87,5 |
| SnSO ₄ (к) | -887 | - | - |
| Sr (к) | 0 | 0 | 53,1 |
| SrCO ₃ (к) | -1218,4 | -1137,6 | 97,1 |
| SrCl ₂ (к) | -828,4 | -781,2 | 117 |

| | | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| SrF ₂ (к) | -1209,2 | -1160,6 | 81,6 |
| SrI ₂ (к) | -566,9 | -559,8 | 159 |
| Sr(NO ₃) ₂ (к) | -975,9 | -778,2 | 195,5 |
| SrO (к) | -590,4 | -559,8 | 54,4 |
| Sr(OH) ₂ (к) | -959,4 | -870,3 | 86,6 |
| SrS (к) | -452,3 | -447,7 | 68,2 |
| SrSO ₄ (к) | -1451,0 | -1334,3 | 119,7 |
| Ta (к) | 0 | 0 | 41,5 |
| Tc (к) | 0 | 0 | 33,5 |
| Te (к) | 0 | 0 | 49,56 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| TeF ₆ (к) | -1323,0 | -1226,4 | 337,26 |
| TeO ₂ (к) | -322,6 | -270,2 | 79,8 |
| H ₂ Te (г) | 99,7 | 85,16 | 228,8 |
| Ti (к) | 0 | 0 | 30,6 |
| TiO (к) | -526,3 | -496,93 | 34,79 |
| TiO ₂ (к) (рутил) | -943,9 | -888,6 | 50,33 |
| TiO ₂ (к) (анатаз) | -939,27 | -883,85 | 49,95 |
| Ti ₂ O ₃ (к) | -1518 | -1431,0 | 77,3 |
| H ₂ TiO ₃ (к) | - | -1058,55 | - |
| Ti(OH) ₃ (к) | -1188,26 | - | - |
| Tl (к) | 0 | 0 | 64,18 |
| TlBr (к) | -172,7 | -167,4 | 122,6 |
| TlCl (к) | -204,1 | -185,0 | 111,5 |
| TlCl ₃ (к) | -311,3 | -290,8 | - |
| Tl ₂ O (к) | -167,4 | -153,1 | 161,1 |
| Tl ₂ O ₃ (к) | -390,4 | -321,4 | 148,1 |
| TlOH (к) | -233,5 | -190,6 | 255,2 |
| Tl(OH) ₃ (к) | -516,6 | - | 102,1 |
| V (к) | 0 | 0 | 28,9 |
| VO (к) | -431,8 | -402,6 | 33,6 |
| VO ₂ (к) | -720 | -665 | 51,57 |
| V ₂ O ₃ (к) | -1219,1 | -1139,4 | 98,3 |
| V ₂ O ₅ (к) | -1552 | -1421,2 | 131 |
| W (к) | 0 | 0 | 32,7 |
| WO ₂ (к) | -589,63 | -533,87 | 50,55 |
| WO ₃ (к) | -842,7 | -763,9 | 75,94 |

| | | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| H ₂ WO ₄ (к) | -1132 | -1036,4 | 117,2 |
| Y (к) | 0 | 0 | 46,0 |
| Zn (к) | 0 | 0 | 41,63 |
| ZnBr ₂ (к) | -329,7 | -312,4 | 136 |
| ZnCO ₃ (к) | -810,74 | -732,48 | 92,47 |
| ZnCl ₂ (к) | -415,05 | -369,4 | 111,5 |
| ZnF ₂ (к) | -764,4 | -713,5 | 73,68 |
| ZnI ₂ (к) | -208,2 | -209,3 | 161,5 |
| Zn(NO ₃) ₂ (к) | -514,63 | -298,82 | 193,72 |
| Вещество | $\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль | $\Delta G_{f,298}$, кДж/моль | S_{298}^0 , Дж/(моль · К) |
| ZnO (к) | -350,6 | -320,7 | 43,64 |
| Zn(OH) ₂ (к) | -645,4 | -555,9 | 76,99 |
| Zn(OH) ₄ ²⁻ (р) | - | -905,42 | - |
| ZnS (к) (сфалерит) | -205,4 | -200,7 | 57,74 |
| ZnS (к) (вюрцит) | -192,2 | - | 58,88 |
| Zr (к) | 0 | 0 | 39,0 |

Константы ионизации кислот



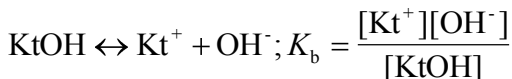
Значения K_a приведены для температуры 298,15 К

| Название | Формула | K_a | $\text{p}K_a = -\lg K_a$ |
|----------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------|
| Азотистая | HNO ₂ | $6,9 \cdot 10^{-4}$ | 3,16 |
| Борная | H ₃ BO ₃ | $7,1 \cdot 10^{-10}$ | 9,15 |
| Бромноватая | HBrO ₃ | $2,0 \cdot 10^{-1}$ | 0,70 |
| Бромноватистая | HBrO | $2,2 \cdot 10^{-9}$ | 8,66 |
| Вода | H ₂ O | $1,8 \cdot 10^{-16}$ | 15,76 |
| Германиевая | H ₄ GeO ₄ | | |
| K_1 | | $7,9 \cdot 10^{-10}$ | 9,10 |
| K_2 | | $2,0 \cdot 10^{-13}$ | 12,7 |
| Иодная | H ₅ IO ₆ | | |
| K_1 | | $2,45 \cdot 10^{-2}$ | 1,61 |
| K_2 | | $4,3 \cdot 10^{-9}$ | 8,33 |
| K_3 | | $1,0 \cdot 10^{-15}$ | 15,0 |
| Иодноватая | HIО ₃ | $1,7 \cdot 10^{-1}$ | 0,77 |
| Иодноватистая | HIО | $2,3 \cdot 10^{-11}$ | 10,64 |
| Кремневая | H ₄ SiO ₄ | | |

| | | | |
|----------------------|---|-----------------------|-----------------|
| K_1 | | $1,3 \cdot 10^{-10}$ | 9,9 |
| K_2 | | $1,6 \cdot 10^{-12}$ | 11,8 |
| K_3 | | $2,0 \cdot 10^{-14}$ | 13,7 |
| Лимонная кислота | (HOOCCH ₂) ₂ C(OH)COOH | | |
| K_1 | | $7,45 \cdot 10^{-4}$ | 3,13 |
| K_2 | | $1,7 \cdot 10^{-5}$ | 4,76 |
| K_3 | | $4,0 \cdot 10^{-7}$ | 6,4 |
| Название | Формула | K_a | $pK = -\lg K_a$ |
| Марганцовистая | H ₂ MnO ₄ | | |
| K_1 | | $\sim 10^{-1}$ | ~ 1 |
| K_2 | | $7,1 \cdot 10^{-11}$ | 10,15 |
| Муравьиная | HCOOH | $1,77 \cdot 10^{-4}$ | 3,75 |
| Мышььяковая | H ₃ AsO ₄ | | |
| K_1 | | $5,6 \cdot 10^{-3}$ | 2,25 |
| K_2 | | $1,7 \cdot 10^{-7}$ | 6,77 |
| K_3 | | $2,95 \cdot 10^{-12}$ | 11,53 |
| Мышььяковистая | H ₃ AsO ₃ | $5,9 \cdot 10^{-10}$ | 9,23 |
| Надпероксид водорода | H ₂ O ₄ | $6,3 \cdot 10^{-3}$ | 2,2 |
| Пероксид водорода | H ₂ O ₂ | $2,0 \cdot 10^{-12}$ | 11,70 |
| Роданистоводородная | HSNC | ~ 10 | ~ -1 |
| Селенистая | H ₂ SeO ₃ | | |
| K_1 | | $1,8 \cdot 10^{-3}$ | 2,75 |
| K_2 | | $3,2 \cdot 10^{-9}$ | 8,50 |
| Селенистоводородная | H ₂ Se | | |
| K_1 | | $1,3 \cdot 10^{-4}$ | 3,89 |
| K_2 | | $1,0 \cdot 10^{-11}$ | 11,0 |
| Сернистая | H ₂ SO ₃ | | |
| K_1 | | $1,4 \cdot 10^{-2}$ | 1,85 |
| K_2 | | $6,2 \cdot 10^{-8}$ | 7,20 |
| Сероводородная | H ₂ S | | |
| K_1 | | $1,0 \cdot 10^{-7}$ | 6,99 |
| K_2 | | $2,5 \cdot 10^{-13}$ | 12,60 |
| Теллуристая | H ₂ TeO ₃ | | |
| K_1 | | $2,7 \cdot 10^{-3}$ | 2,57 |
| K_2 | | $1,8 \cdot 10^{-8}$ | 7,74 |
| Теллуристоводородная | H ₂ Te | | |
| K_1 | | $2,3 \cdot 10^{-3}$ | 2,64 |

| | | | |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------|
| K_2 | | $6,9 \cdot 10^{-13}$ | 12,16 |
| Теллуровая | H_6TeO_6 | | |
| K_1 | | $2,45 \cdot 10^{-8}$ | 7,61 |
| | | | |
| K_2 | | $1,1 \cdot 10^{-11}$ | 10,95 |
| Тиосерная | H_2SO_3S | | |
| K_1 | | $2,5 \cdot 10^{-1}$ | 0,60 |
| Название | Формула | K_a | $pK = -\lg K_a$ |
| K_2 | | $1,9 \cdot 10^{-2}$ | 1,72 |
| Угльная | $CO_2(p) + H_2O$ | | |
| K_1 | | $4,5 \cdot 10^{-7}$ | 6,35 |
| K_2 | | $4,8 \cdot 10^{-11}$ | 10,32 |
| Уксусная | CH_3COOH | $1,74 \cdot 10^{-5}$ | 4,76 |
| Фосфористая | H_3PO_3 | | |
| K_1 | | $3,1 \cdot 10^{-12}$ | 1,51 |
| K_2 | | $1,6 \cdot 10^{-7}$ | 6,79 |
| Фосфорная, орто | H_3PO_4 | | |
| K_1 | | $7,1 \cdot 10^{-3}$ | 2,15 |
| K_2 | | $6,2 \cdot 10^{-8}$ | 7,21 |
| K_3 | | $5,0 \cdot 10^{-13}$ | 12,0 |
| Фосфорная, пиро | $H_4P_2O_7$ | | |
| K_1 | | $1,2 \cdot 10^{-1}$ | 0,91 |
| K_2 | | $7,9 \cdot 10^{-3}$ | 2,10 |
| Фосфорноватистая | HPO_2H_2 | $5,9 \cdot 10^{-2}$ | 1,23 |
| Фтористоводородная | HF | $6,2 \cdot 10^{-4}$ | 3,21 |
| Фторфосфорная | H_2PO_3F | | |
| K_1 | | $2,8 \cdot 10^{-1}$ | 0,55 |
| K_2 | | $1,6 \cdot 10^{-5}$ | 4,80 |
| Хлористая | $HClO_2$ | $1,1 \cdot 10^{-2}$ | 1,97 |
| Хлорноватистая | $HClO$ | $2,95 \cdot 10^{-8}$ | 7,53 |
| Хромовая | H_2CrO_4 | | |
| K_1 | | $1,6 \cdot 10^{-1}$ | 0,80 |
| K_2 | | $3,2 \cdot 10^{-7}$ | 6,50 |
| Циановодородная | HCN | $5,0 \cdot 10^{-10}$ | 9,30 |
| Щавелевая | $H_2C_2O_4$ | | |
| K_1 | | $5,5 \cdot 10^{-2}$ | 1,27 |
| K_2 | | $5,4 \cdot 10^{-5}$ | 4,27 |

Константы ионизации оснований

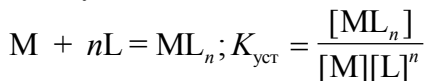


Значения K_b приведены для температуры 298,15 К

| Название | Формула | K_b | $\text{p}K = -\lg K_b$ |
|-------------------------|---|-----------------------|------------------------|
| Алюминия гидроксид | $\text{Al}(\text{OH})_3$ | | |
| Название | Формула | K_b | $\text{p}K = -\lg K_b$ |
| K_3 | | $1,38 \cdot 10^{-9}$ | 8,86 |
| Аммиака раствор | $\text{H}_3\text{N} + \text{H}_2\text{O}$ | $1,76 \cdot 10^{-5}$ | 4,755 |
| Бария гидроксид | $\text{Ba}(\text{OH})_2$ | | |
| K_2 | | $2,3 \cdot 10^{-1}$ | 0,64 |
| Вода | H_2O | $1,8 \cdot 10^{-16}$ | 15,76 |
| Галлия (III) гидроксид | $\text{Ga}(\text{OH})_3$ | | |
| K_2 | | $1,6 \cdot 10^{-11}$ | 10,8 |
| K_3 | | $4,0 \cdot 10^{-12}$ | 11,4 |
| Железа (II) гидроксид | $\text{Fe}(\text{OH})_2$ | | |
| K_2 | | $1,3 \cdot 10^{-4}$ | 3,89 |
| Железа (III) гидроксид | $\text{Fe}(\text{OH})_3$ | | |
| K_2 | | $1,82 \cdot 10^{-11}$ | 10,74 |
| K_3 | | $1,35 \cdot 10^{-12}$ | 11,87 |
| Кадмия (II) гидроксид | $\text{Cd}(\text{OH})_2$ | | |
| K_2 | | $5,0 \cdot 10^{-3}$ | 2,3 |
| Кальция гидроксид | $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | | |
| K_2 | | $4,0 \cdot 10^{-2}$ | 1,40 |
| Кобальта (II) гидроксид | $\text{Co}(\text{OH})_2$ | | |
| K_2 | | $4 \cdot 10^{-5}$ | 4,4 |
| Лития гидроксид | LiOH | $6,8 \cdot 10^{-1}$ | 0,17 |
| Магния гидроксид | $\text{Mg}(\text{OH})_2$ | | |
| K_2 | | $2,5 \cdot 10^{-3}$ | 2,60 |
| Марганца (II) гидроксид | $\text{Mn}(\text{OH})_2$ | | |
| K_2 | | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | 3,30 |
| Меди (II) гидроксид | $\text{Cu}(\text{OH})_2$ | | |
| K_2 | | $3,4 \cdot 10^{-7}$ | 6,47 |
| Натрия гидроксид | NaOH | 5,9 | 0,77 |
| Свинца (II) гидроксид | $\text{Pb}(\text{OH})_2$ | | |

| | | | |
|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|
| K_1 | | $9,55 \cdot 10^{-4}$ | 3,02 |
| K_2 | | $3,0 \cdot 10^{-8}$ | 7,52 |
| Серебра гидроксид | AgOH | $5,0 \cdot 10^{-3}$ | 2,30 |
| Стронция гидроксид | Sr(OH) ₂ | | |
| K_2 | | $1,50 \cdot 10^{-1}$ | 082 |
| Хрома (III) гидроксид | Cr(OH) ₃ | | |
| K_3 | | $1,02 \cdot 10^{-10}$ | 9,99 |
| Название | Формула | K_b | $pK = -\lg K_b$ |
| Цинка гидроксид | Zn(OH) ₂ | | |
| K_2 | | $4 \cdot 10^{-5}$ | 4,4 |

Общие константы устойчивости комплексных ионов



| Комплексный ион | $K_{уст}$ | $\lg K_{уст}$ |
|-------------------|----------------------|---------------|
| Аммиачные | | |
| $Ag(NH_3)_2^+$ | $1,74 \cdot 10^7$ | 7,24 |
| $Cd(NH_3)_4^{2+}$ | $3,63 \cdot 10^6$ | 6,56 |
| $Co(NH_3)_6^{2+}$ | $2,45 \cdot 10^4$ | 4,39 |
| $Co(NH_3)_6^{3+}$ | $1,99 \cdot 10^{35}$ | 35,2 |
| $Cu(NH_3)_2^+$ | $7,25 \cdot 10^{10}$ | 10,86 |
| $Cu(NH_3)_4^{2+}$ | $1,07 \cdot 10^{12}$ | 12,03 |
| $Hg(NH_3)_4^{2+}$ | $1,99 \cdot 10^{19}$ | 19,3 |
| $Ni(NH_3)_6^{2+}$ | $1,02 \cdot 10^8$ | 8,01 |
| $Zn(NH_3)_4^{2+}$ | $5,01 \cdot 10^8$ | 8,7 |
| Бромидные | | |
| $AgBr_2^-$ | $2,19 \cdot 10^7$ | 7,34 |
| $AuBr_2^-$ | $2,88 \cdot 10^{12}$ | 12,46 |
| $BiBr_4^-$ | $6,92 \cdot 10^7$ | 7,84 |
| $HgBr_4^{2-}$ | $1,00 \cdot 10^{21}$ | 21,00 |
| Гидроксидные | | |
| $Ag(OH)_2^-$ | $1,00 \cdot 10^4$ | 4,0 |
| $Al(OH)_4^-$ | $1,0 \cdot 10^{33}$ | 33,0 |
| $Au(OH)_4^-$ | $1,00 \cdot 10^{33}$ | 33,0 |

| | | |
|--|----------------------|----------------------|
| $\text{Be}(\text{OH})_4^{2-}$ | $1,0 \cdot 10^{15}$ | 15,0 |
| $\text{Cd}(\text{OH})_4^{2-}$ | $2,63 \cdot 10^8$ | 8,42 |
| $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$ | $7,94 \cdot 10^{29}$ | 29,9 |
| $\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$ | $3,63 \cdot 10^{14}$ | 14,56 |
| $\text{Fe}(\text{OH})_4^{2-}$ | $3,63 \cdot 10^8$ | 8,56 |
| | | |
| Комплексный ион | $K_{\text{уст}}$ | $\lg K_{\text{уст}}$ |
| $\text{Sb}(\text{OH})_4^-$ | $2,0 \cdot 10^{38}$ | 38,3 |
| $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ | $5,02 \cdot 10^{17}$ | 17,70 |
| Иодидные | | |
| AgI_2^- | $5,5 \cdot 10^{11}$ | 11,74 |
| BiI_4^- | $8,91 \cdot 10^{14}$ | 14,95 |
| CdI_4^{2-} | $2,24 \cdot 10^5$ | 5,35 |
| HgI_4^{2-} | $6,76 \cdot 10^{29}$ | 29,83 |
| PbI_4^{2-} | $8,32 \cdot 10^3$ | 3,92 |
| ZnI_4^{2-} | $3,1 \cdot 10^{-1}$ | -0,51 |
| Нитритные | | |
| $\text{Ag}(\text{NO}_2)_2^-$ | $6,76 \cdot 10^2$ | 2,83 |
| Роданидные | | |
| $\text{Ag}(\text{SCN})_2^-$ | $1,7 \cdot 10^8$ | 8,23 |
| $\text{Cd}(\text{SCN})_4^{2-}$ | $7,9 \cdot 10^2$ | 2,91 |
| $\text{Co}(\text{SCN})_4^{2-}$ | $5,12 \cdot 10^{-1}$ | -0,309 |
| $\text{Cr}(\text{SCN})_6^{3-}$ | $6,3 \cdot 10^3$ | 3,8 |
| $\text{Cr}(\text{SCN})_6^{3-}$ | $3,3 \cdot 10^6$ | 6,52 |
| $\text{Pb}(\text{SCN})_4^{2-}$ | 0,71 | 0,85 |
| $\text{Zn}(\text{SCN})_4^{2-}$ | $1,1 \cdot 10^3$ | 3,02 |
| $\text{Fe}(\text{CNS})_6^{3-}$ | $1,70 \cdot 10^3$ | 3,23 |
| $\text{Fe}(\text{CNS})_4^-$ | $3,39 \cdot 10^4$ | 4,53 |
| $\text{Hg}(\text{CNS})_4^-$ | $1,7 \cdot 10^{21}$ | 21,23 |
| Тиосульфатные | | |
| $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ | $2,88 \cdot 10^{13}$ | 13,46 |

| | | |
|--|----------------------|-------|
| $\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ | $1,86 \cdot 10^{12}$ | 12,27 |
| Фторидные | | |
| AlF_6^{3-} | $4,68 \cdot 10^{20}$ | 20,67 |
| BeF_4^{2-} | $2,45 \cdot 10^{13}$ | 13,39 |
| FeF_6^{3-} | $1,26 \cdot 10^{16}$ | 16,10 |
| Хлоридные | | |
| AgCl_2^- | $1,1 \cdot 10^5$ | 5,04 |
| $\text{Sb}(\text{OH})_4^-$ | $2,0 \cdot 10^{38}$ | 38,3 |
| AuCl_2^- | $2,63 \cdot 10^9$ | 9,42 |
| AuCl_4^- | $2,0 \cdot 10^{21}$ | 21,30 |
| BiCl_6^{3-} | $2,63 \cdot 10^6$ | 6,42 |
| CuCl_2^- | $2,24 \cdot 10^5$ | 5,35 |
| HgCl_4^{2-} | $1,66 \cdot 10^{15}$ | 15,22 |
| SnCl_4^{2-} | 30,2 | 1,48 |
| SnCl_6^{2-} | $6,61 \cdot 10^6$ | 6,82 |
| Цианидные | | |
| $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ | $7,08 \cdot 10^{19}$ | 19,85 |
| $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ | $2,0 \cdot 10^{38}$ | 38,3 |
| $\text{Au}(\text{CN})_4^-$ | 10^{56} | 56 |
| $\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-}$ | $1,29 \cdot 10^{17}$ | 17,11 |
| $\text{Co}(\text{CN})_6^{4-}$ | $1,23 \cdot 10^{19}$ | 19,09 |
| $\text{Co}(\text{CN})_6^{3-}$ | $1 \cdot 10^{64}$ | 64 |
| $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$ | $1,00 \cdot 10^{24}$ | 24 |
| $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ | $7,94 \cdot 10^{36}$ | 36,9 |
| $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ | $7,94 \cdot 10^{43}$ | 43,9 |
| $\text{Hg}(\text{CN})_4^{2-}$ | $9,33 \cdot 10^{38}$ | 38,97 |
| $\text{Ni}(\text{CN})_4^{2-}$ | $1,0 \cdot 10^{31}$ | 31,0 |
| Этилендиаминовые | | |
| $\text{Co}(\text{en})_3^{3+}$ | $4,9 \cdot 10^{48}$ | 48,69 |
| $\text{Cu}(\text{en})_2^{2+}$ | $1,35 \cdot 10^{20}$ | 20,13 |
| $\text{Ni}(\text{en})_3^{2+}$ | $1,29 \cdot 10^{19}$ | 19,11 |

Произведения растворимости малорастворимых веществ

| Вещество | ПР | pПР = -lgПР |
|---|-----------------------|-------------|
| AgBr | $5,3 \cdot 10^{-13}$ | 12,28 |
| AgCN | $1,4 \cdot 10^{-16}$ | 15,84 |
| Ag ₂ CO ₃ | $8,2 \cdot 10^{-12}$ | 11,09 |
| Ag ₂ C ₂ O ₄ | $1,1 \cdot 10^{-11}$ | 10,96 |
| Вещество | ПР | pПР = -lgПР |
| AgCl | $1,78 \cdot 10^{-10}$ | 9,75 |
| Ag ₂ CrO ₄ | $1,1 \cdot 10^{-12}$ | 11,97 |
| Ag ₂ Cr ₂ O ₇ | $1 \cdot 10^{-10}$ | 10 |
| AgI | $8,3 \cdot 10^{-17}$ | 16,08 |
| AgIO ₃ | $3 \cdot 10^{-8}$ | 7,5 |
| Ag ₂ O (AgOH) | $1,6 \cdot 10^{-8}$ | 7,8 |
| Ag ₃ PO ₄ | $1,3 \cdot 10^{-20}$ | 19,89 |
| Ag ₂ S | $2 \cdot 10^{-50}$ | 49,7 |
| Ag ₂ SO ₄ | $2 \cdot 10^{-5}$ | 4,7 |
| AgSNC | $1,1 \cdot 10^{-12}$ | 11,97 |
| Al(OH) ₃ | $1 \cdot 10^{-32}$ | 32 |
| BaC ₂ O ₄ · 2H ₂ O | $1,1 \cdot 10^{-7}$ | 6,96 |
| BaCO ₃ | $4,0 \cdot 10^{-10}$ | 9,40 |
| BaCrO ₄ | $1,2 \cdot 10^{-10}$ | 9,93 |
| Ba ₃ (PO ₄) ₂ | $6,0 \cdot 10^{-39}$ | 38,22 |
| BaSO ₄ | $1,1 \cdot 10^{-10}$ | 9,97 |
| Be(OH) ₂ | $6,3 \cdot 10^{-22}$ | 21,2 |
| BiI ₃ | $8,1 \cdot 10^{-19}$ | 18,09 |
| Bi(OH) ₃ | $3 \cdot 10^{-36}$ | 35,5 |
| BiPO ₄ | $1,3 \cdot 10^{-23}$ | 22,9 |
| Bi ₂ S ₃ | $1 \cdot 10^{-97}$ | 97 |
| CaCO ₃ | $4,8 \cdot 10^{-9}$ | 8,32 |
| CaC ₂ O ₄ | $2,3 \cdot 10^{-9}$ | 8,64 |
| CaCrO ₄ | $7,1 \cdot 10^{-4}$ | 3,15 |
| CaF ₂ | $4,0 \cdot 10^{-11}$ | 10,40 |
| Ca(OH) ₂ | $5,5 \cdot 10^{-6}$ | 5,26 |
| Ca ₃ (PO ₄) ₂ | $2,0 \cdot 10^{-29}$ | 28,70 |
| CaSO ₄ | $2,5 \cdot 10^{-5}$ | 4,6 |
| Cd(OH) ₂ | $1 \cdot 10^{-14}$ | 14 |

| | | |
|---|----------------------|-------------|
| CdS | $1,6 \cdot 10^{-28}$ | 27,8 |
| Co(OH) ₂ роз. | $1 \cdot 10^{-16}$ | 16 |
| Co(OH) ₃ | $1 \cdot 10^{-43}$ | 43 |
| CoS | $4,0 \cdot 10^{-21}$ | 20,40 |
| Cr(OH) ₃ | $6,7 \cdot 10^{-31}$ | 30,18 |
| CuCO ₃ | $2,5 \cdot 10^{-10}$ | 9,6 |
| Cu(OH) ₂ | $2,2 \cdot 10^{-20}$ | 19,66 |
| Вещество | ПР | pПР = -lgПР |
| (CuOH) ₂ CO ₃ | $1,7 \cdot 10^{-34}$ | 33,76 |
| CuS | $6,3 \cdot 10^{-36}$ | 35,20 |
| Cu ₂ S | $2,5 \cdot 10^{-48}$ | 47,60 |
| Fe(OH) ₂ | $8 \cdot 10^{-16}$ | 15,1 |
| Fe(OH) ₃ | $6,3 \cdot 10^{-38}$ | 37,20 |
| FePO ₄ | $1,3 \cdot 10^{-22}$ | 21,89 |
| FeS | $5 \cdot 10^{-18}$ | 17,3 |
| Hg ₂ Cl ₂ | $1,3 \cdot 10^{-18}$ | 17,83 |
| HgI ₂ | $1 \cdot 10^{-26}$ | 26 |
| HgS | $1,6 \cdot 10^{-52}$ | 51,8 |
| La(OH) ₃ | $2 \cdot 10^{-19}$ | 18,7 |
| Li ₂ CO ₃ | $4,0 \cdot 10^{-3}$ | 2,40 |
| Li ₃ PO ₄ | $3,2 \cdot 10^{-9}$ | 8,5 |
| Mg(OH) ₂ | $6,0 \cdot 10^{-10}$ | 9,22 |
| Mg ₃ (PO ₄) ₂ | $1 \cdot 10^{-13}$ | 13 |
| MnCO ₃ | $1,8 \cdot 10^{-11}$ | 10,74 |
| Mn(OH) ₂ | $1,9 \cdot 10^{-13}$ | 12,73 |
| MnS телесного цвета | $2,5 \cdot 10^{-10}$ | 9,6 |
| Ni(OH) ₂ | $6,3 \cdot 10^{-18}$ | 17,2 |
| NiS | $1 \cdot 10^{-24}$ | 24 |
| PbCO ₃ | $7,5 \cdot 10^{-14}$ | 13,13 |
| PbCl ₂ | $1,6 \cdot 10^{-5}$ | 4,79 |
| PbCrO ₄ | $1,8 \cdot 10^{-14}$ | 13,75 |
| PbI ₂ | $1,1 \cdot 10^{-9}$ | 8,98 |
| Pb ₃ (PO ₄) ₂ | $8 \cdot 10^{-43}$ | 42,1 |
| PbS | $2,5 \cdot 10^{-27}$ | 26,60 |
| PbSO ₄ | $1,6 \cdot 10^{-8}$ | 7,80 |
| Sb ₂ S ₃ | $1,6 \cdot 10^{-93}$ | 92,8 |
| Sn(OH) ₂ | $6 \cdot 10^{-27}$ | 26,2 |

| | | |
|---------------------|-------------------------|-------------|
| Sn(OH) ₄ | 10 ⁻⁵⁷ | 57 |
| SnS | 10 ⁻²⁶ | 26 |
| SrCO ₃ | 1,1 · 10 ⁻¹⁰ | 9,96 |
| SrSO ₄ | 3,2 · 10 ⁻⁷ | 6,49 |
| Tl(OH) ₃ | 10 ⁻⁴⁵ | 45 |
| ZnCO ₃ | 1,5 · 10 ⁻¹¹ | 10,82 |
| Zn(OH) ₂ | 1,2 · 10 ⁻¹⁷ | 16,92 |
| Вещество | ПР | pПР = -lgПР |
| ZnS | 1,6 · 10 ⁻²⁴ | 23,80 |

**Стандартные электродные потенциалы некоторых систем
в водных растворах**

| Уравнение процесса | E^0 , В |
|--|-----------|
| Азот | |
| $3N_2 + 2e^- = 2N_3^-$ | -3,4 |
| $N_2 + 4H_2O + 2e^- = 2NH_2OH + 2OH^-$ | -3,04 |
| $N_2 + 4H_2O + 4e^- = N_2H_4 + 4OH^-$ | -1,16 |
| $N_2 + 8H^+ + 6e^- = 2NH_4^+$ | 0,26 |
| $NO_2^- + H_2O + e^- = NO + 2OH^-$ | -0,46 |
| $2NO_2^- + 4H_2O + 6e^- = N_2 + 8OH^-$ | 0,41 |
| $NO_3^- + 2H_2O + 3e^- = NO + 4OH^-$ | -0,14 |
| $NO_3^- + H_2O + 2e^- = NO_2^- + 2OH^-$ | -0,01 |
| $NO_3^- + 2H^+ + e^- = NO_2 + H_2O$ | 0,80 |
| $NO_3^- + 10H^+ + 8e^- = NH_4^+ + 3H_2O$ | 0,87 |
| $NO_3^- + 3H^+ + 2e^- = HNO_2 + H_2O$ | 0,94 |
| $NO_3^- + 4H^+ + 3e^- = NO + 2H_2O$ | 0,957 |
| $2HNO_2 + 6H^+ + 6e^- = N_2 + 4H_2O$ | 1,44 |
| $HNO_2 + H^+ + e^- = NO + H_2O$ | 0,99 |
| Алюминий | |
| $AlO_2^- + 2H_2O + 3e^- = Al + 4OH^-$ | -2,35 |
| $Al(OH)_3 + 3e^- = Al + 3OH^-$ | -2,29 |
| $AlF_6^{3-} + 3e^- = Al + 6F^-$ | -2,07 |
| $Al^{3+} + 3e^- = Al$ | -1,663 |
| Барий | |
| $Ba^{2+} + 2e^- = Ba$ | -2,905 |

| | |
|--|------------------|
| Бериллий | |
| $\text{Be}^{2+} + 2e^- = \text{Be}$ | -1,97 |
| Бор | |
| $\text{BF}_4^- + 3e^- = \text{B} + 4\text{F}^-$ | -1,04 |
| $\text{BO}_3^{3-} + 6\text{H}^+ + 3e^- = \text{B} + 3\text{H}_2\text{O}$ | -0,165 |
| Бром | |
| $\text{BrO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{Br}^- + 2\text{OH}^-$ | 0,76 |
| Уравнение процесса | $E^0, \text{ В}$ |
| $\text{Br}_2 + 2e^- = 2\text{Br}^-$ | 1,065 |
| $\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e^- = \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ | 1,44 |
| $2\text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e^- = \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ | 1,52 |
| $\text{BrO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{BrO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ | 1,88 |
| Ванадий | |
| $\text{V}^{2+} + 2e^- = \text{V}$ | 1,175 |
| $\text{V}^{3+} + 3e^- = \text{V}$ | -0,87 |
| $\text{V}^{3+} + e^- = \text{V}^{2+}$ | -0,255 |
| $\text{VO}_2^+ + 4\text{H}^+ + 2e^- = \text{V}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ | 0,668 |
| $\text{VO}_2^+ + 4\text{H}^+ + 3e^- = \text{V}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ | 0,36 |
| $\text{VO}_2^+ + 4\text{H}^+ + 5e^- = \text{V} + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0,25 |
| Висмут | |
| $\text{Bi}(\text{OH})_3 + 3e^- = \text{Bi} + 3\text{OH}^-$ | -0,46 |
| $\text{BiO}^+ + 2\text{H}^+ + 3e^- = \text{Bi} + \text{H}_2\text{O}$ | 0,320 |
| $\text{NaBiO}_3 + 4\text{H}^+ + 2e^- = \text{BiO}^+ + \text{Na}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$ | 1,8 |
| Водород | |
| $\text{H}_2 + 2e^- = 2\text{H}^-$ | -2,251 |
| $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ | -0,828 |
| $2\text{H}^+ + 2e^- = \text{H}_2$ | 0,000 |
| Вольфрам | |
| $\text{WO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6e^- = \text{W} + 6\text{OH}^-$ | -1,05 |
| $\text{WO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6e^- = \text{W} + 4\text{H}_2\text{O}$ | 0,049 |
| Галлий | |
| $\text{Ga}^{3+} + 3e^- = \text{Ga}$ | -0,53 |
| Железо | |
| $\text{Fe}(\text{OH})_3 + e^- = \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$ | -0,53 |
| $\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2e^- = \text{Fe} + 2\text{OH}^-$ | -0,877 |
| $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ + 2e^- = 3\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ | 1,21 |

| | |
|--|-----------|
| $Fe_3O_4 + 8H^+ + 8e^- = 3Fe + 4H_2O$ | -0,085 |
| $Fe^{2+} + 2e^- = Fe$ | -0,440 |
| $Fe^{3+} + 3e^- = Fe$ | -0,037 |
| $Fe(CN)_6^{3-} + e^- = Fe(CN)_6^{4-}$ | 0,356 |
| $FeS + 2e^- = Fe + S^{2-}$ | -0,95 |
| $Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$ | 0,771 |
| $FeO_4^{2-} + 8H^+ + 3e^- = Fe^{3+} + 4H_2O$ | 1,700 |
| Уравнение процесса | E^0 , В |
| Иод | |
| $2IO_3^- + 6H_2O + 10e^- = I_2 + 12OH^-$ | 0,21 |
| $IO_3^- + 3H_2O + 6e^- = I + 6OH^-$ | 0,25 |
| $2IO^- + 2H_2O + 2e^- = I_2 + 4OH^-$ | 0,45 |
| $IO^- + H_2O + 2e^- = I + 2OH^-$ | 0,49 |
| $I_2 + 2e^- = 2I$ | 0,536 |
| $2IO_3^- + 12H^+ + 10e^- = I_2 + 6H_2O$ | 1,19 |
| $IO_3^- + 6H^+ + 6e^- = I + 3H_2O$ | 1,08 |
| $2HIO + 2H^+ + 2e^- = I_2 + 2H_2O$ | 1,45 |
| $H_5IO_6 + H^+ + 2e^- = IO_3^- + 3H_2O$ | 1,6 |
| $IO_4^- + 2H^+ + 2e^- = IO_3^- + H_2O$ | 1,64 |
| Кадмий | |
| $Cd(CN)_4^{2-} + 2e^- = Cd + 4CN^-$ | -1,09 |
| $Cd(NH_3)_4^{2+} + 2e^- = Cd + 4NH_3$ | -0,61 |
| $Cd^{2+} + 2e^- = Cd$ | -0,403 |
| Калий | |
| $K^+ + e^- = K$ | -2,924 |
| Кальций | |
| $Ca^{2+} + 2e^- = Ca$ | -2,866 |
| Кислород | |
| $O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$ | 0,401 |
| $O_2 + 2H^+ + 2e^- = H_2O_2$ | 0,682 |
| $O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$ | 1,228 |
| $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- = 2H_2O$ | 1,776 |
| $O_3 + H_2O + 2e^- = O_2 + 2OH^-$ | 1,24 |
| $O_3 + 2H^+ + 2e^- = O_2 + H_2O$ | 2,07 |
| Кобальт | |

| | |
|---|-----------|
| $\text{Co}(\text{CN})_6^{3-} + e^- = \text{Co}(\text{CN})_6^{4-}$ | -0,83 |
| $\text{Co}^{2+} + 2e^- = \text{Co}$ | -0,277 |
| $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} + e^- = \text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$ | 0,1 |
| $\text{Co}(\text{OH})_3 + e^- = \text{Co}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$ | 0,17 |
| $\text{Co}^{3+} + 3e^- = \text{Co}$ | 0,33 |
| $\text{Co}^{3+} + e^- = \text{Co}^{2+}$ | 1,808 |
| Уравнение процесса | E^0 , В |
| Кремний | |
| $\text{Si} + 4\text{H}^+ + 4e^- = \text{SiH}_4$ | 0,10 |
| $\text{SiO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- = \text{Si} + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0,86 |
| $\text{SiO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e^- = \text{Si} + 6\text{OH}^-$ | -1,7 |
| $\text{SiF}_6^{2-} + 4e^- = \text{Si} + 6\text{F}^-$ | -1,2 |
| $\text{SiO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4e^- = \text{Si} + 3\text{H}_2\text{O}$ | -0,455 |
| Литий | |
| $\text{Li}^+ + e^- = \text{Li}$ | -3,045 |
| Магний | |
| $\text{Mg}^{2+} + 2e^- = \text{Mg}$ | -2,363 |
| Марганец | |
| $\text{Mn}^{2+} + 2e^- = \text{Mn}$ | -1,179 |
| $\text{MnO}_4^- + e^- = \text{MnO}_4^{2-}$ | 0,564 |
| $\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- = \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$ | 0,60 |
| $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e^- = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ | 1,228 |
| $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ | 1,507 |
| $\text{Mn}^{3+} + e^- = \text{Mn}^{2+}$ | 1,509 |
| $\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3e^- = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 1,692 |
| $\text{MnO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e^- = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 2,257 |
| Медь | |
| $\text{Cu}(\text{CN})_2 + e^- = \text{Cu} + 2\text{CN}^-$ | -0,43 |
| $\text{CuI} + e^- = \text{Cu} + \text{I}^-$ | -0,185 |
| $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e^- = \text{Cu} + 4\text{NH}_3$ | -0,07 |
| $\text{Cu}^{2+} + e^- = \text{Cu}^+$ | 0,153 |
| $\text{Cu}^{2+} + 2e^- = \text{Cu}$ | 0,337 |
| $\text{Cu}^+ + e^- = \text{Cu}$ | 0,52 |
| $\text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^- + e^- = \text{CuCl}$ | 0,53 |
| $\text{Cu}^{2+} + \text{Br}^- + e^- = \text{CuBr}$ | 0,64 |

| | |
|--|-----------|
| $\text{Cu}^{2+} + \Gamma + e^- = \text{CuI}$ | 0,84 |
| $\text{Cu}^{2+} + 2\text{CN}^- + e^- = \text{Cu}(\text{CN})_2^-$ | 1,12 |
| Молибден | |
| $\text{MoO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6e^- = \text{Mo} + 8\text{OH}^-$ | -1,05 |
| $\text{Mo}^{3+} + 3e^- = \text{Mo}$ | -0,200 |
| $\text{MoO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6e^- = \text{Mo} + 4\text{H}_2\text{O}$ | 0,154 |
| Уравнение процесса | E^0 , В |
| Мышьяк | |
| $\text{As} + 3\text{H}^+ + 3e^- = \text{AsH}_3$ | -0,60 |
| $\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{HAsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 0,56 |
| $\text{AsO}_4^{3-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{AsO}_2^- + 4\text{OH}^-$ | -0,71 |
| Натрий | |
| $\text{Na}^+ + e^- = \text{Na}$ | -2,714 |
| Никель | |
| $\text{Ni}^{2+} + 2e^- = \text{Ni}$ | -0,250 |
| $\text{Ni}(\text{OH})_3 + e^- = \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$ | 0,49 |
| Олово | |
| $\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-} + 2e^- = \text{HSnO}_2^- + 3\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$ | -0,90 |
| $\text{SnCl}_4^{2-} + 2e^- = \text{Sn} + 4\text{Cl}^-$ | -0,19 |
| $\text{SnF}_6^{2-} + 4e^- = \text{Sn} + 6\text{F}^-$ | -0,25 |
| $\text{Sn}^{2+} + 2e^- = \text{Sn}$ | -0,136 |
| $\text{SnO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- = \text{Sn} + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0,106 |
| $\text{Sn}^{4+} + 4e^- = \text{Sn}$ | 0,01 |
| $\text{Sn}^{4+} + 2e^- = \text{Sn}^{2+}$ | 0,151 |
| Ртуть | |
| $\text{Hg}(\text{CN})_4^{2-} + 2e^- = \text{Hg} + 4\text{CN}^-$ | -0,37 |
| $\text{Hg}_2^{2+} + 2e^- = 2\text{Hg}$ | 0,788 |
| $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2e^- = 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^-$ | 0,27 |
| $\text{Hg}^{2+} + 2e^- = \text{Hg}$ | 0,850 |
| $2\text{Hg}^{2+} + 2e^- = \text{Hg}_2^{2+}$ | 0,920 |
| Рубидий | |
| $\text{Rb}^+ + e^- = \text{Rb}$ | -2,925 |
| Рутений | |
| $\text{Ru}^+ + 2e^- = \text{Ru}$ | 0,45 |
| $\text{RuO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- = \text{Ru} + 2\text{H}_2\text{O}$ | 0,79 |

| | |
|--|-----------|
| Свинец | |
| $Pb^{2+} + 2e^- = Pb$ | -0,126 |
| $PbO_3^{2-} + H_2O + 2e^- = PbO_2^{2-} + 2OH^-$ | 0,2 |
| $PbO_2 + 4H^+ + 2e^- = Pb^{2+} + 2H_2O$ | 1,449 |
| $Pb^{4+} + 4e^- = Pb^{2+}$ | 1,694 |
| Селен | |
| $Se + 2e^- = Se^{2-}$ | -0,92 |
| $Se + 2H^+ + 2e^- = H_2Se$ | -0,40 |
| Уравнение процесса | E^0 , В |
| $SeO_3^{2-} + 3H_2O + 4e^- = Se + 6OH^-$ | -0,366 |
| $H_2SeO_3 + 4H^+ + 4e^- = Se + 3H_2O$ | -0,741 |
| $SeO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- = H_2SeO_3 + H_2O$ | 1,15 |
| $SeO_4^{2-} + H_2O + 2e^- = SeO_3^{2-} + 2OH^-$ | 0,05 |
| Сера | |
| $SO_4^{2-} + H_2O + 2e^- = SO_3^{2-} + 2OH^-$ | -0,93 |
| $SO_4^{2-} + 4H_2O + 6e^- = S + 8OH^-$ | -0,75 |
| $S + 2e^- = S^{2-}$ | -0,48 |
| $SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^- = H_2S + 4H_2O$ | 0,31 |
| $SO_4^{2-} + 4H_2O + 8e^- = S^{2-} + 8OH^-$ | -0,68 |
| $S + 2H^+ + 2e^- = H_2S$ | 0,17 |
| $SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^- = SO_3^{2-} + H_2O$ | 0,22 |
| $2SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^- = S_2O_3^{2-} + 5H_2O$ | 0,29 |
| $2SO_4^{2-} + 5H_2O + 8e^- = S_2O_3^{2-} + 10OH^-$ | -0,76 |
| $SO_4^{2-} + 8H^+ + 6e^- = S + 4H_2O$ | 0,357 |
| $S_2O_8^{2-} + 2e^- = 2SO_4^{2-}$ | 2,010 |
| $S_4O_6^{2-} + 2e^- = 2S_2O_3^{2-}$ | 0,09 |
| Серебро | |
| $Ag(CN)_2^- + e^- = Ag + 2CN^-$ | -0,29 |
| $Ag(NH_3)_2^+ + e^- = Ag + 2NH_3$ | 0,373 |
| $Ag^+ + e^- = Ag$ | 0,799 |
| $AgCl + e^- = Ag + Cl^-$ | 0,222 |
| $Ag_2O + H_2O + 2e^- = 2Ag + 2OH^-$ | 0,342 |
| Стронций | |
| $Sr^{2+} + 2e^- = Sr$ | -2,888 |

| | |
|---|----------|
| Сурьма | |
| $Sb + 3e^- = Sb$ | 0,20 |
| $SbO_2^- + 2H_2O + 3e^- = Sb + 4OH^-$ | -0,675 |
| $SbO^+ + 2H^+ + 3e^- = Sb + H_2O$ | 0,212 |
| $SbO_2^- + 4H^+ + 3e^- = Sb + 2H_2O$ | 0,446 |
| $Sb_2O_5 + 6H^+ + 4e^- = 2SbO^+ + 3H_2O$ | 0,58 |
| Таллий | |
| $Tl^+ + e^- = Tl$ | -0,336 |
| Уравнение процесса | $E^0, В$ |
| $Tl^{3+} + 2e^- = Tl^+$ | 1,252 |
| Теллур | |
| $Te + 2e^- = Te^{2-}$ | -1,14 |
| $Te + 2H^+ + 2e^- = H_2Te$ | -0,51 |
| $TeO_3^{2-} + 3H_2O + 4e^- = Te + 6OH^-$ | -0,57 |
| $TeO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^- = TeO_3^{2-} + H_2O$ | 0,892 |
| $H_2TeO_6 + 2H^+ + 2e^- = TeO_2 + 4H_2O$ | 1,02 |
| Титан | |
| $Ti^{2+} + 2e^- = Ti$ | -1,630 |
| $Ti^{3+} + 3e^- = Ti$ | -1,23 |
| $TiO_2 + 4H^+ + 4e^- = Ti + 2H_2O$ | -0,86 |
| $TiF_6^{2-} + 4e^- = Ti + 6F^-$ | -1,19 |
| $TiO^{2+} + 2H^+ + 4e^- = Ti + H_2O$ | -0,88 |
| $Ti^{3+} + e^- = Ti^{2+}$ | -0,368 |
| $TiO^{2+} + 2H^+ + 5H_2O + e^- = Ti(H_2O)_6^{3+}$ | 0,1 |
| Углерод | |
| $CO_2 + 2H^+ + 2e^- = CO + H_2O$ | -0,12 |
| $CO_2 + 2H^+ + 2e^- = HCOOH$ | -0,20 |
| $CO_3^{2-} + 6H^+ + 4e^- = C + 3H_2O$ | 0,475 |
| Фосфор | |
| $PO_4^{3-} + 2H_2O + 2e^- = HPO_3^{2-} + 3OH^-$ | -1,12 |
| $P + 3H_2O + 3e^- = PH_3 + 3OH^-$ | -0,89 |
| $H_3PO_4 + 4H^+ + 4e^- = H_3PO_2 + 2H_2O$ | -0,39 |
| $H_3PO_4 + 5H^+ + 5e^- = P + 4H_2O$ | -0,383 |
| $H_3PO_4 + 2H^+ + 2e^- = H_3PO_3 + H_2O$ | 0,276 |
| $H_3PO_2 + H^+ + e^- = P + 2H_2O$ | -0,51 |
| $H_3PO_3 + 3H^+ + 3e^- = P + 3H_2O$ | -0,50 |
| Фтор | |

| | |
|--|-----------|
| $OF_2 + 2H^+ + 4e^- = 2F^- + H_2O$ | 2,1 |
| $F_2 + 2e^- = 2F^-$ | 2,87 |
| Хлор | |
| $2ClO^- + 2H_2O + 2e^- = Cl_2 + 4OH^-$ | 0,40 |
| $ClO_4^- + 4H_2O + 8e^- = Cl^- + 8OH^-$ | 0,56 |
| $ClO_3^- + 3H_2O + 6e^- = Cl^- + 6OH^-$ | 0,63 |
| $ClO^- + H_2O + 2e^- = Cl^- + 2OH^-$ | 0,88 |
| Уравнение процесса | E^0 , В |
| $ClO_4^- + 2H^+ + 2e^- = ClO_3^- + H_2O$ | 1,189 |
| $Cl_2 + 2e^- = 2Cl^-$ | 1,359 |
| $ClO_4^- + 8H^+ + 8e^- = Cl^- + 4H_2O$ | 1,38 |
| $2ClO_4^- + 16H^+ + 14e^- = Cl_2 + 8H_2O$ | 1,39 |
| $ClO_3^- + 6H^+ + 6e^- = Cl^- + 3H_2O$ | 1,451 |
| Хром | |
| $Cr^{2+} + 2e^- = Cr$ | -0,913 |
| $Cr^{3+} + 3e^- = Cr$ | -0,744 |
| $Cr^{3+} + e^- = Cr^{2+}$ | -0,404 |
| $Cr(OH)_3 + 3e^- = Cr + 3OH^-$ | -1,3 |
| $CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3e^- = Cr(OH)_3 + 5OH^-$ | -0,13 |
| $CrO_4^{2-} + 4H^+ + 3e^- = CrO_2^- + 2H_2O$ | 0,945 |
| $CrO_2^- + 4H^+ + e^- = Cr^{2+} + 2H_2O$ | 1,188 |
| $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- = 2Cr^{3+} + 7H_2O$ | 1,333 |
| $CrO_4^{2-} + 8H^+ + 3e^- = Cr^{3+} + 4H_2O$ | 1,477 |
| Цезий | |
| $Cs^+ + e^- = Cs$ | -2,923 |
| Цинк | |
| $Zn(CN)_4^{2-} + 2e^- = Zn + 4CN^-$ | -1,26 |
| $Zn^{2+} + 2e^- = Zn$ | -0,763 |
| $ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2e^- = Zn + 4OH^-$ | -1,216 |