

УЧЕБНИК ДЛЯ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

# ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Под редакцией  
академика РАН А. Ю. Цивадзе

В двух томах

1

## ЗАКОНЫ И КОНЦЕПЦИИ

Электронное издание

Допущено

Федеральным учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 04.00.00 Химия в качестве учебного пособия для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования уровня бакалавриат по направлению подготовки 04.03.01



Москва  
Лаборатория знаний  
2018

УДК 546  
ББК 24.1я73  
О-28

*Серия основана в 2009 г.*

**Авторы:**

Е. В. Савинкина, В. А. Михайлов, Ю. М. Киселёв,  
О. В. Сорокина, Л. Ю. Аликберова, М. Н. Давыдова

**Общая и неорганическая химия [Электронный ресурс] :**  
О-28 в 2 т. Т. 1 : Законы и концепции / Е. В. Савинкина [и др.] ;  
под ред. академика РАН А. Ю. Цивадзе.— Эл. изд.— Электрон.  
текстовые дан. (1 файл pdf : 494 с.).— М. : Лаборатория знаний,  
2018.— (Учебник для высшей школы).— Систем. требования:  
Adobe Reader XI ; экран 10".

ISBN 978-5-00101-602-1 (Т. 1)

ISBN 978-5-00101-601-4

В учебном издании, написанном преподавателями МИТХТ имени М. В. Ломоносова Московского технологического университета и химического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, изложен курс общей и неорганической химии в соответствии с программой обучения по химико-технологическим специальностям. Учебник выходит в двух томах.

В томе 1 изложены законы и концепции — обязательное содержание химического образования. Наряду с общими понятиями химии, познавательными историческими экскурсами, обучающими примерами, как использовать Периодическую систему, изложены основы термодинамики, химической кинетики, химии растворов, основы строение вещества и координационной химии комплексных соединений. Некоторые разделы заканчиваются заданиями, на которые в конце учебника приведены подробные решения и ответы. Необходимый для решения многих задач справочный материал размещен на сайте издательства <http://pilotLZ.ru/files/10512/>

Для студентов химических, химико-технологических и технических университетов.

УДК 546  
ББК 24.1я73

**Деривативное электронное издание на основе печатного аналога:**  
Общая и неорганическая химия : в 2 т. Т. 1 : Законы и концепции /  
Е. В. Савинкина [и др.] ; под ред. академика РАН А. Ю. Цивадзе.—  
М. : Лаборатория знаний, 2018.—491 с. : ил.—(Учебник для высшей  
школы).— ISBN 978-5-906828-08-8 (Т. 1); ISBN 978-5-906828-07-1.

**В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устраниении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации**

ISBN 978-5-00101-602-1 (Т. 1)

ISBN 978-5-00101-601-4

© Лаборатория знаний, 2018

# Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>1. Классификация неорганических веществ . . . . .</b>	<b>4</b>
1.1. Развитие понятий о химических элементах, веществах простых и сложных . . . . .	4
1.2. Классификация на основе поведения в водных растворах . . . . .	6
1.3. Классификация по строению и типу связей . . . . .	9
1.4. Классификация по составу . . . . .	12
1.5. Классификация простых веществ . . . . .	14
1.5.1. Металлы . . . . .	15
1.5.2. Неметаллы . . . . .	17
1.5.3. Простые вещества с амфотерными свойствами . . . . .	18
1.5.4. Благородные газы . . . . .	19
1.6. Классификация неорганических соединений . . . . .	20
1.6.1. Гидроксиды . . . . .	20
1.6.2. Оксиды . . . . .	26
1.6.3. Соли. . . . .	29
<b>2. Химические реакции . . . . .</b>	<b>33</b>
2.1. Составление уравнений реакций . . . . .	33
2.1.1. Реакции ионного обмена . . . . .	33
2.1.2. Окислительно-восстановительные реакции . . . . .	34
2.2. Стехиометрические расчеты в химии . . . . .	43
2.2.1. Расчеты по уравнениям реакций . . . . .	44
2.2.2. Закон эквивалентов. Расчеты . . . . .	45
<b>ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ И КИНЕТИКИ</b>	
<b>3. Энергетика химических реакций . . . . .</b>	<b>48</b>
3.1. Основные понятия химической термодинамики. . . . .	48
3.1.1. Материя, вещество, энергия . . . . .	49
3.1.2. Система, внешняя среда, фаза . . . . .	50
3.1.3. Внутренняя энергия, теплота и работа . . . . .	51
3.1.4. Виды термодинамических систем . . . . .	54
3.2. Первый закон термодинамики . . . . .	56
3.2.1. Изменение внутренней энергии . . . . .	56
3.2.2. Тепловой эффект химической реакции. Энталпия . . . . .	58
3.2.3. Энталпия образования вещества . . . . .	60
3.2.4. Закон Гесса и его следствия . . . . .	62
3.2.5. Зависимость энталпии от температуры и давления . . . . .	65

<b>4. Направление химической реакции . . . . .</b>	<b>68</b>
4.1. Необратимые и обратимые процессы . . . . .	68
4.1.1. Направленность процессов в химии . . . . .	68
4.1.2. Понятия необратимости и обратимости в термодинамике. . . . .	70
4.2. Второй закон термодинамики. . . . .	72
4.2.1. Энтропия. . . . .	73
4.2.2. Энтропия вещества и ее зависимость от температуры и давления .	74
4.2.3. Энтропия реакции . . . . .	78
4.3. Направление реакции в закрытой системе. Критерий. . . . .	81
4.3.1. Энергия Гиббса . . . . .	81
4.3.2. Энタルпийный и энтропийный факторы . . . . .	84
4.3.3. Энергия Гельмгольца . . . . .	87
4.4. Скорость химической реакции . . . . .	88
4.4.1. Основные понятия . . . . .	88
4.4.2. Односторонние реакции. . . . .	90
4.4.3. Влияние температуры на скорость химической реакции . . . . .	94
4.5. Направление окислительно-восстановительных реакций . . . . .	96
4.5.1. Гальванические элементы и окислительно-восстановительные электроды . . . . .	96
4.5.2. Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы . . . . .	99
4.5.3. Направление окислительно-восстановительных реакций. Критерий . . . . .	103
4.5.4. Стандартные электродные потенциалы и способы их представления . . . . .	106
<b>5. Химическое равновесие . . . . .</b>	<b>110</b>
5.1. Условие равновесия . . . . .	110
5.1.1. Основные положения . . . . .	110
5.1.2. Химический потенциал . . . . .	113
5.1.3. Уравнение изотермы химической реакции . . . . .	114
5.1.4. Степень протекания реакции . . . . .	117
5.2. Закон действующих масс. . . . .	118
5.2.1. Развитие представлений . . . . .	118
5.2.2. Константы равновесия. . . . .	123
5.2.3. Сдвиг химического равновесия. . . . .	128
5.2.4. Константа равновесия окислительно-восстановительной реакции. Уравнение Нернста .	132
5.3. Фазовые равновесия . . . . .	136
5.3.1. Условия фазовых равновесий . . . . .	136
5.3.2. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах . . . . .	138
5.3.3. Фазовые диаграммы двухкомпонентных систем. . . . .	142
5.3.4. Очистка веществ . . . . .	149

## ОСНОВЫ ХИМИИ РАСТВОРОВ

<b>6. Общие свойства растворов . . . . .</b>	<b>152</b>
6.1. Основные определения. . . . .	152
6.2. Термодинамика процесса растворения . . . . .	154
6.3. Растворы неэлектролитов . . . . .	161
6.3.1. Законы Рауля . . . . .	161
6.3.2. Оsmотическое давление. Закон Вант-Гоффа . . . . .	167

<b>7. Химические равновесия в растворах . . . . .</b>	<b>169</b>
7.1. Равновесия в растворах электролитов . . . . .	169
7.1.1. Электролитическая диссоциация. . . . .	169
7.1.2. Гетерогенные ионные равновесия . . . . .	171
7.2. Кислотно-основные равновесия . . . . .	174
7.2.1. Теории кислот и оснований . . . . .	174
7.2.2. Протолитические равновесия . . . . .	176
7.2.3. Гидролиз . . . . .	185
7.2.4. Совместные протолитические и гетерогенные равновесия . . . . .	188

## ОСНОВЫ СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

<b>8. Строение атома . . . . .</b>	<b>198</b>
8.1. Развитие представлений о строении атома. Электронное строение атома . . . . .	198
8.2. Принципы описания квантовых систем . . . . .	203
8.3. Уравнение Шрёдингера для атома водорода . . . . .	207
8.4. Многоэлектронные атомы . . . . .	214
8.5. Основные характеристики атома . . . . .	220
8.6. Строение атомного ядра . . . . .	224
8.7. Радиоактивность. Ядерные реакции . . . . .	227
8.8. Периодический закон и Периодическая система элементов Д. И. Менделеева . . . . .	237
8.8.1. Историческая справка. Систематизация элементов до Менделеева . . . . .	237
8.8.2. Периодический закон, открытый Менделеевым . . . . .	241
8.8.3. Структура Периодической системы элементов . . . . .	246
8.8.4. Периодическое изменение свойств элементов . . . . .	250
<b>9. Химическая связь . . . . .</b>	<b>256</b>
9.1. Развитие представлений о валентности и химической связи. Классические модели химической связи . . . . .	256
9.2. Параметры химической связи . . . . .	260
9.3. Ионная связь . . . . .	266
9.4. Металлическая связь . . . . .	275
9.5. Квантовохимические модели ковалентной связи . . . . .	278
9.5.1. Метод валентных связей . . . . .	278
9.5.2. Метод молекулярных орбиталей . . . . .	292

<b>10. Агрегатные состояния вещества . . . . .</b>	<b>305</b>
10.1. Межмолекулярные взаимодействия . . . . .	305
10.1.1. Силы Ван дер Ваальса . . . . .	305
10.1.2. Водородная связь . . . . .	309
10.2. Конденсированное состояние вещества . . . . .	313
10.2.1. Жидкости . . . . .	313
10.2.2. Твердые вещества . . . . .	317

## КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

<b>11. Общие сведения о комплексных соединениях . . . . .</b>	<b>334</b>
11.1. Состав комплексных соединений . . . . .	334
11.2. Номенклатура комплексных соединений . . . . .	337
11.3. Классификация комплексных соединений . . . . .	339
11.3.1. Комплексы с неорганическими лигандами . . . . .	339
11.3.2. Комплексы с органическими лигандами . . . . .	342
11.4. Химическая связь в комплексных соединениях . . . . .	346
11.4.1. Метод валентных связей . . . . .	346
11.4.2. Теория кристаллического поля . . . . .	352
11.4.3. Метод молекулярных орбиталей . . . . .	361
11.4.4. Теория кислот и оснований Льюиса . . . . .	365
11.5. Изомерия комплексных соединений . . . . .	368
11.5.1. Внутрисферная изомерия . . . . .	368
11.5.2. Междусферная изомерия . . . . .	371
11.6. Свойства комплексных соединений . . . . .	372
11.6.1. Устойчивость комплексных соединений . . . . .	372
11.6.2. Реакции с участием комплексных соединений . . . . .	385
<b>ОТВЕТЫ . . . . .</b>	<b>391</b>