

УДК 541.12(075)
ББК Г533.3я7-1

Булидорова Г. В.

Фазовые равновесия в многокомпонентных системах : учебное пособие / Г. В. Булидорова [и др.]; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2014. – 168 с.
ISBN 978-5-7882-1549-5

Рассмотрены основные законы фазовых равновесий и фазовых переходов в двух- и трехкомпонентных системах. Освещены вопросы взаимной растворимости веществ в различных агрегатных состояниях. Подробно рассмотрены переходы жидкость–пар и кристаллы–расплав, коллигативные свойства растворов, процессы перегонки и экстракции.

Предназначено для студентов технологических специальностей, обучающихся по дисциплинам «Физическая химия», «Физическая и коллоидная химия».

Подготовлено на кафедре физической и коллоидной химии КНИТУ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского национального исследовательского технологического университета

Рецензенты: *д-р хим. наук, проф. КГАСУ Л.И. Лаптева*
д-р техн. наук, проф. ФКП «ГосНИИХП»
Н.М. Ляпин

ISBN 978-5-7882-1549-5 © Булидорова Г.В., Галяметдинов Ю.Г.,
Ярошевская Х.М., Барабанов В.П.,
Просукрина В.Е., 2014
© Казанский национальный исследовательский
технологический университет, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ. ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ	5
2 РАСТВОРЫ, РАСТВОРИМОСТЬ	9
2.1 Основные понятия теории растворов.....	9
2.2 О русской школе теории растворенного состояния.....	14
2.3 Растворимость газов в газах.....	16
2.4 Растворимость газов в жидкостях.....	16
2.5 Растворимость газов в твердых телах.....	18
2.6 Взаимная растворимость жидкостей.....	20
2.7 Растворимость твердых веществ в жидкостях.....	21
2.8 Взаимная растворимость твердых веществ.....	21
3 РАВНОВЕСИЕ ЖИДКОСТЬ–ПАР В ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ	26
3.1 Давление насыщенного пара над жидкостью в идеальных двухкомпонентных системах.....	26
3.1.1 Первая система, компоненты которой растворимы друг в друге при любых соотношениях. Закон Рауля.....	27
3.1.2 Вторая система, компоненты которой абсолютно нерастворимы друг в друге.....	30
3.2 Несовпадение составов жидкости и пара в идеальных двухкомпонентных системах.....	32
3.2.1 Первая система, компоненты которой растворимы друг в друге при любых соотношениях. Первый закон Коновалова. Линия жидкости и линия пара.....	33
3.2.2 Вторая система, компоненты которой взаимно нерастворимы. Гетероазеотроп.....	33
3.3 Давление насыщенного пара над жидкостью в реальных двухкомпонентных системах.....	41
3.3.1 Первая система, компоненты которой растворимы друг в друге при любых соотношениях (реальная двойная двухфазная система). Отклонения от закона Рауля. Активность. Второй закон Коновалова. Азеотропные точки.....	41
3.3.1.1 Положительные отклонения.....	45
3.3.1.2 Отрицательные отклонения.....	47
3.3.1.3 Тангенциальный азеотроп.....	49
3.3.1.4 Особенности экспериментального исследования равновесия между жидкостью и паром.....	49
3.3.1.5 Углубленно: термодинамический вывод законов Коновалова.....	51
3.3.2 Вторая система, компоненты которой нерастворимы друг в друге (реальная двойная трехфазная система). Ограниченная растворимость.....	54
3.3.2.1 Область расслоения.....	54
3.3.2.2 Однофазные области.....	54
3.3.3 Взаимосвязь диаграмм давление–состав и температура–состав.....	62

3.3.4 Вид фазовых диаграмм при изменении температуры (давления). Законы Вревского.....	65
3.3.5 Связь зависимостей температура–состав и функция Гиббса–состав.....	72
3.3.6 Правило рычага.....	76
3.3.7 Разделение жидких смесей. Перегонка.....	78
3.3.8 График зависимости состава насыщенного пара от состава равновесной с ним жидкости.....	78
4 РАВНОВЕСИЕ КРИСТАЛЛЫ–РАСПЛАВ В ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЕ	87
4.1 Общие сведения.....	87
4.2 Кристаллизация в системах, компоненты которых в твердой фазе полностью растворимы.....	91
4.2.1 Компоненты не образуют твердых соединений.....	91
4.2.2 Компоненты образуют твердые соединения.....	98
4.2.3 Кристаллизация в системах, компоненты которых полностью растворимы в твердой фазе, но обладают частичной растворимостью в жидкой фазе.....	99
4.3 Кристаллизация в системах, компоненты которых в твердой фазе ограниченно растворимы.....	99
4.3.1 Системы, температуры плавления компонентов которых близки (системы с эвтектикой).....	100
4.3.2 Температуры плавления компонентов значительно различаются (системы с перитектикой).....	109
4.4 Кристаллизация в системах, компоненты которых в твердой фазе нерастворимы.....	115
4.4.1 Компоненты не образуют стехиометрических соединений и полностью растворимы в жидкой фазе.....	115
4.4.2 Эвтектическая остановка. Треугольник Таммана.....	120
4.4.3 Уравнение кривой ликвидуса (уравнение Шредера–Ле Шателье).....	121
4.4.3.1 Углубленно: вывод уравнения Шредера–Ле Шателье.....	122
4.4.3.2 Анализ уравнения Шредера–Ле Шателье.....	124
4.4.4 Компоненты в жидкой фазе ограниченно растворимы.....	125
4.4.5 Компоненты образуют стехиометрические соединения.....	126
4.4.5.1 Соединение плавится без разложения.....	127
4.4.5.2 Соединение плавится с разложением.....	127
4.4.5.3 Соединение разлагается в твердом виде.....	131
4.4.6 Влияние давления на характер фазовых диаграмм кристаллы–расплавы.....	131
4.5 Двухкомпонентные системы с образованием термотропных жидких кристаллов.....	132
5 РАВНОВЕСИЯ В РАЗБАВЛЕННЫХ РАСТВОРАХ НЕЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ. КОЛЛИГАТИВНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ	135
5.1 Понижение давления пара над раствором.....	136
5.2 Повышение температуры кипения раствора.....	137
5.3 Понижение температуры начала кристаллизации раствора.....	141

5.4 Осмос	143
6 ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ	148
6.1 Графическое представление трехкомпонентных систем	148
6.2 Диаграмма жидкость–пар тройной системы без азеотропных точек	152
6.3 Диаграмма кристаллы–расплав трехкомпонентной системы с тройной эвтектикой	155
6.4 Кривые расслоения в трехкомпонентных жидких системах	158

Редактор Е. И. Шевченко

Подписано в печать 23.04.2014

Формат 60×84 1/16

Бумага офсетная

Печать Riso

9,76 усл.печ.л

10, 5 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз.

Заказ «С» 47

Издательство Казанского национального исследовательского
технологического университета

Офсетная лаборатория Казанского национального
исследовательского технологического университета
420015, Казань, К.Маркса, 68