

Edited by Robert H. Grubbs and Daniel J. O'Leary

Handbook of Metathesis

Second Edition

Volume 2: Applications in Organic Synthesis

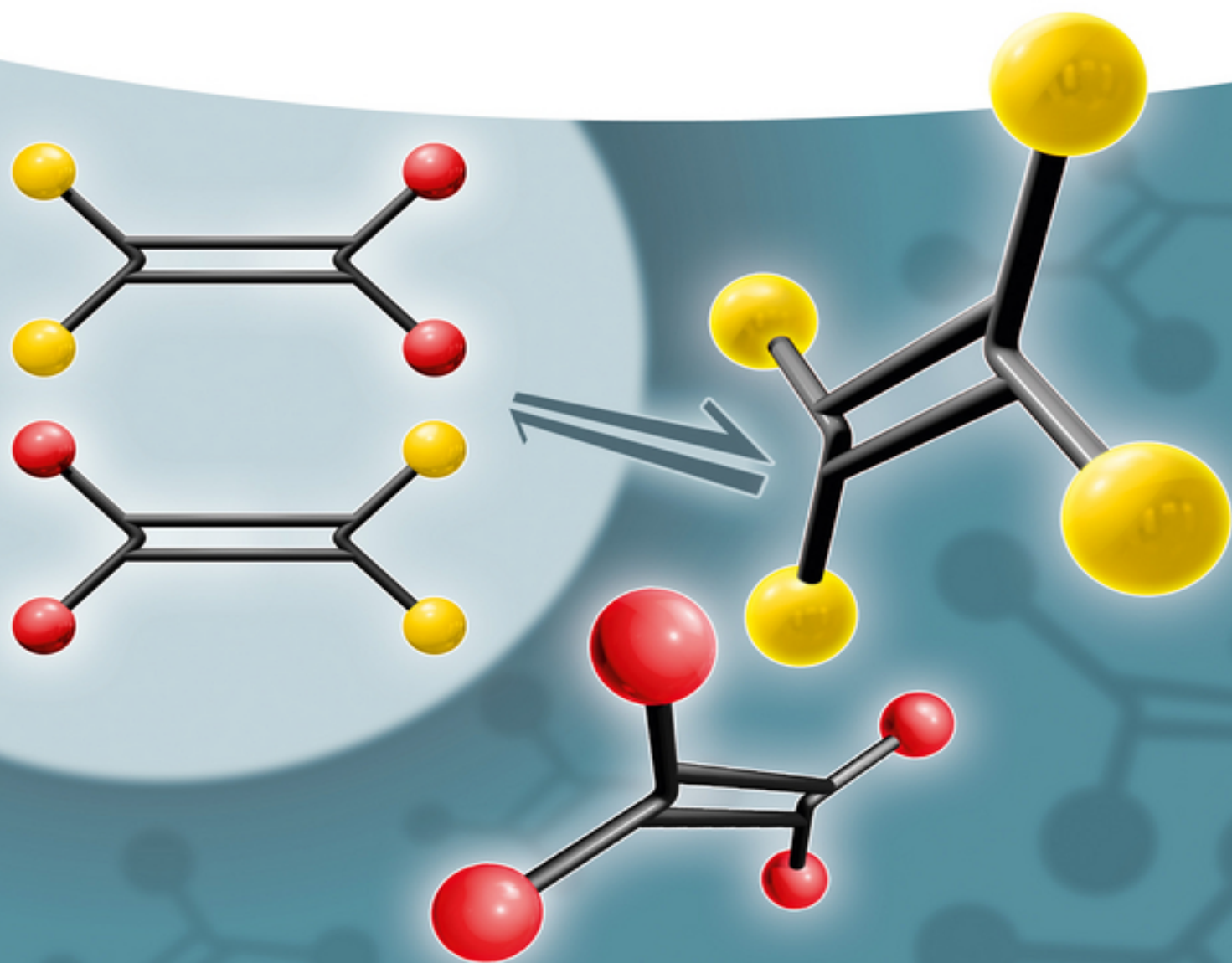


Table of Contents

[Cover](#)

[Title Page](#)

[Copyright](#)

[Preface](#)

[List of Contributors](#)

[List of Abbreviations](#)

[Chapter 1: General Ring-Closing Metathesis](#)

[1.1 Introduction](#)

[1.2 Carbocycles \(Introduction\)](#)

[1.3 Synthesis of Bridged Bicycloalkenes](#)

[1.4 Synthesis of Heterocycles Containing Si, P, S, or B](#)

[1.5 Synthesis of O-Heterocycles](#)

[1.6 Synthesis of N-Heterocycles](#)

[1.7 Synthesis of Cyclic Conjugated Dienes](#)

[1.8 Alkyne Metathesis](#)

[1.9 Enyne Metathesis](#)

[1.10 Tandem Processes](#)

[1.11 Synthesis of Macrocycles](#)

[1.12 RCM and Isomerization via Ru-H](#)

[1.13 Relay RCM \(RRCM\)](#)

[1.14 Z-Selective RCM](#)

[1.15 Enantioselective RCM](#)

[1.16 Conclusion](#)

[1.17 Acknowledgments](#)

[References](#)

Chapter 2: Cross-Metathesis

2.1 Early Examples Using Well-Defined Molybdenum and Ruthenium Catalysts

2.2 The General Model for Selectivity in CM Reactions

2.3 Definition of Cross-Metathesis Reaction Categories and Chapter Organization

2.4 Hydrocarbons

2.5 Boron

2.6 Nitrogen

2.7 Oxygen

2.8 Halides

2.9 Phosphorus

2.10 Sulfur

2.11 Fragment Coupling Reactions

2.12 Conclusions

References

Chapter 3: Vignette: Extending the Application of Metathesis in Chemical Biology - The Development of Site-Selective Peptide and Protein Modifications

3.1 Introduction

3.2 Cross-Metathesis Methodology Studies in Aqueous Media

3.3 Strategies for Allyl Chalcogenide Incorporation into Proteins

3.4 Olefin Metathesis on Proteins

3.5 Outlook

References

Chapter 4: Ruthenium-Catalyzed Tandem Metathesis/Non-Metathesis Processes

- [4.1 Introduction](#)
- [4.2 Metathesis/Isomerization](#)
- [4.3 Metathesis/Hydrogenation](#)
- [4.4 Metathesis/Oxidation](#)
- [4.5 Metathesis/Cyclization](#)
- [4.6 Metathesis/Atom-Transfer Radical Addition](#)
- [4.7 Metathesis/Rearrangement](#)
- [4.8 Metathesis/Cyclopropanation](#)
- [4.9 Metathesis/Miscellaneous](#)
- [4.10 Conclusions](#)
- [References](#)

[Chapter 5: Enyne Metathesis](#)

- [5.1 Introduction](#)
- [5.2 Enyne Metathesis](#)
- [5.3 Strategic Application of Enyne Metathesis in Organic Synthesis](#)
- [5.4 Perspective](#)
- [References](#)

[Chapter 6: Alkyne Metathesis](#)

- [6.1 Introduction](#)
- [6.2 Background Information](#)
- [6.3 Molybdenum Alkylidyne Catalysts with Silanolate Ligands](#)
- [6.4 Other Catalytically Active Molybdenum Alkylidyne Complexes](#)
- [6.5 Novel Tungsten Alkylidyne Catalysts](#)
- [6.6 Basic Types of Applications](#)
- [6.7 Selected Applications](#)
- [6.8 Conclusions](#)

References

Chapter 7: Catalyst-Controlled Stereoselective Olefin Metathesis

7.1 Introduction

7.2 Enantioselective Ring-Opening/Cross-Metathesis (EROCM)

7.3 Enantioselective Ring-Opening/Ring-Closing Metathesis (ERORCM)

7.4 Enantioselective Ring-Closing Metathesis (ERCM)

7.5 Z-Selective Olefin Metathesis Reactions with Mo- and W-Based Complexes

7.6 Z-Selective Olefin Metathesis Reactions with Ru Complexes

7.7 Z-Selective Ring-Opening Metathesis Polymerization

7.8 Conclusions and Outlook

Acknowledgments

References

Chapter 8: Two Vignettes: RCM in Natural Product Total Synthesis

8.1 Vignette 1: Allylsilane RCM/Electrophilic Desilylation as a Means to Access Rings with Exocyclic Alkenes

8.2 Vignette 2: Synthesis of Antimetastatic Agents Using Ring-Closing Metathesis

References

Chapter 9: Metathesis of Silicon-Containing Olefins

9.1 Introduction

9.2 Homo and Cross-Metathesis versus Silylative Coupling of Vinylsilicon Compounds

[9.3 Homometathesis of Allylsilanes and Their Cross-Metathesis with Olefins](#)

[9.4 Silylative Coupling versus Cross-Metathesis of Vinylsilanes in Sequential Synthesis of Functionalized Alkenes](#)

[9.5 Silylative Coupling Cyclization of Silicon-Containing Dienes](#)

[9.6 Ring-Closing Metathesis of Silicon-Containing Dienes](#)

[9.7 Acyclic Diene Metathesis \(ADMET\) versus Silylative Coupling \(SC\) Polycondensation of Silicon-Containing Dienes](#)

[9.8 Ring-Opening Metathesis Polymerization of Silyl-Substituted Cycloalkenes](#)

[References](#)

[Chapter 10: Ring-Closing Metathesis in the Large-Scale Synthesis of Pharmaceuticals](#)

[10.1 Introduction](#)

[10.2 Ciluprevir \(BILN2061\) and Analogs](#)

[10.3 Vaniprevir \(MK-7009\)](#)

[10.4 Simeprevir \(TMC435\)](#)

[10.5 SB-462795](#)

[10.6 Approaches to the Scale-Up of RCM Reactions](#)

[References](#)

[Chapter 11: Metathesis Strategies in Diversity-Oriented Synthesis](#)

[11.1 Introduction](#)

[11.2 Synthesis of Small- to Medium-Sized Rings via Metathesis Strategies](#)

[11.3 Synthesis of Macrocycles via Metathesis Strategies](#)

[11.4 Metathesis Cascade Strategies in Diversity-Oriented Synthesis](#)

[11.5 Synthesis of Small- to Medium-Sized Rings via Metathesis Cascade Strategies](#)

[11.6 Synthesis of Macrocycles via Metathesis Cascade Strategies](#)

[11.7 Metathesis Strategies in Solid-Phase Library Synthesis](#)

[11.8 Immobilized Scavengers and Catalysts](#)

[11.9 Conclusions](#)

[Acknowledgments](#)

[References](#)

[Chapter 12: Olefin Metathesis: Commercial Applications and Future Opportunities](#)

[12.1 Introduction](#)

[12.2 Ruthenium Olefin Metathesis Catalysts](#)

[12.3 Renewable Seed Oil Feedstocks](#)

[12.4 Production of Fatty acids and Amino Acids from Renewables](#)

[12.5 Olefin Metathesis and Natural Materials Chemistry](#)

[12.6 Pharmaceutical Applications](#)

[12.7 ROMP-Derived Oligomers for Facilitated Synthesis](#)

[12.8 Conclusion](#)

[References](#)

[Index](#)

[End User License Agreement](#)

List of Illustrations

[Figure 1.1](#)

[Scheme 1.1](#)

[Scheme 1.2](#)

[Scheme 1.3](#)

[Scheme 1.4](#)

[Scheme 1.5](#)

[Scheme 1.6](#)

[Scheme 1.7](#)

[Scheme 1.8](#)

[Scheme 1.9](#)

[Scheme 1.10](#)

[Scheme 1.11](#)

[Scheme 1.12](#)

[Scheme 1.13](#)

[Scheme 1.14](#)

[Scheme 1.15](#)

[Scheme 1.16](#)

[Scheme 1.17](#)

[Scheme 1.18](#)

[Scheme 1.19](#)

[Scheme 1.20](#)

[Scheme 1.21](#)

[Scheme 1.22](#)

[Scheme 1.23](#)

[Scheme 1.24](#)

[Scheme 1.25](#)

[Scheme 1.26](#)

[Scheme 1.27](#)

[Scheme 1.28](#)

[Scheme 1.29](#)

[Scheme 1.30](#)

[Scheme 1.31](#)

[Scheme 1.32](#)

[Scheme 1.33](#)

[Scheme 1.34](#)

[Scheme 1.35](#)

[Scheme 1.36](#)

[Scheme 1.37](#)

[Scheme 1.38](#)

[Scheme 1.39](#)

[Scheme 1.40](#)

[Scheme 1.41](#)

[Scheme 1.42](#)

[Scheme 1.43](#)

[Scheme 1.44](#)

[Scheme 1.45](#)

[Scheme 1.46](#)

[Scheme 1.47](#)

[Scheme 1.48](#)

[Scheme 1.49](#)

[Scheme 1.50](#)

[Scheme 1.51](#)

[Scheme 1.52](#)

[Scheme 1.53](#)

[Scheme 1.54](#)

[Scheme 1.55](#)

[Scheme 1.56](#)

[Scheme 1.57](#)

[Scheme 1.58](#)

[Scheme 1.59](#)

[Scheme 1.60](#)

[Scheme 1.61](#)

[Scheme 1.62](#)

[Scheme 1.63](#)

[Scheme 1.64](#)

[Scheme 1.65](#)

[Scheme 1.66](#)

[Scheme 1.67](#)

[Scheme 1.68](#)

[Scheme 1.69](#)

[Scheme 1.70](#)

[Scheme 1.71](#)

[Scheme 1.72](#)

[Scheme 1.73](#)

[Scheme 1.74](#)

[Scheme 1.75](#)

[Scheme 1.76](#)

[Scheme 1.77](#)

[Scheme 1.78](#)

[Scheme 1.79](#)

[Scheme 1.80](#)

[Scheme 1.81](#)

[Scheme 1.82](#)

[Scheme 1.83](#)

[Scheme 1.84](#)

[Scheme 1.85](#)

[Scheme 1.86](#)

[Scheme 1.87](#)

[Scheme 1.88](#)

[Scheme 1.89](#)

[Scheme 1.90](#)

[Scheme 1.91](#)

[Scheme 1.92](#)

[Scheme 1.93](#)

[Scheme 1.94](#)

[Scheme 1.95](#)

[Scheme 1.96](#)

[Scheme 1.97](#)

[Scheme 1.98](#)

[Scheme 1.99](#)

[Scheme 1.100](#)

[Scheme 1.101](#)

[Scheme 1.102](#)

[Scheme 1.103](#)

[Scheme 1.104](#)

[Scheme 1.105](#)

[Scheme 1.106](#)

[Scheme 1.107](#)

[Scheme 1.108](#)

[Scheme 1.109](#)

[Scheme 1.110](#)

[Scheme 1.111](#)

[Scheme 1.112](#)

[Scheme 1.113](#)

[Scheme 1.114](#)

[Scheme 1.115](#)

[Scheme 1.116](#)

[Scheme 1.117](#)

[Scheme 1.118](#)

[Scheme 1.119](#)

[Scheme 1.120](#)

[Scheme 1.121](#)

[Scheme 1.122](#)

[Scheme 1.123](#)

[Scheme 1.124](#)

[Scheme 1.125](#)

[Scheme 1.126](#)

[Scheme 1.127](#)

[Scheme 1.128](#)

[Scheme 1.129](#)

[Scheme 1.130](#)

[Scheme 1.131](#)

[Scheme 1.132](#)

[Scheme 1.133](#)

[Scheme 1.134](#)

[Scheme 1.135](#)

[Scheme 1.136](#)

[Scheme 1.137](#)

[Scheme 1.138](#)

[Scheme 1.139](#)

[Scheme 1.140](#)

[Scheme 1.141](#)

[Scheme 1.142](#)

[Scheme 1.143](#)

[Scheme 1.144](#)

[Scheme 1.145](#)

[Scheme 1.146](#)

[Scheme 1.147](#)

[Scheme 1.148](#)

[Scheme 1.149](#)

[Scheme 1.150](#)

[Scheme 1.151](#)

[Scheme 1.152](#)

[Scheme 1.153](#)

[Scheme 1.154](#)

[Scheme 1.155](#)

[Scheme 1.156](#)

[Scheme 1.157](#)

[Scheme 1.158](#)

[Scheme 1.159](#)

[Scheme 1.160](#)

[Scheme 1.161](#)

[Scheme 1.162](#)

[Scheme 1.163](#)

[Scheme 1.164](#)

[Scheme 1.165](#)

[Scheme 1.166](#)

[Figure 2.1](#)

[Figure 2.2](#)

[Figure 2.3](#)

[Scheme 2.1](#)

[Scheme 2.2](#)

[Scheme 2.3](#)

[Scheme 2.4](#)

[Scheme 2.5](#)

[Scheme 2.6](#)

[Scheme 2.7](#)

[Scheme 2.8](#)

[Scheme 2.9](#)

[Scheme 2.10](#)

[Scheme 2.11](#)

[Scheme 2.12](#)

[Scheme 2.13](#)

[Scheme 2.14](#)

[Scheme 2.15](#)

[Scheme 2.16](#)

[Scheme 2.17](#)

[Scheme 2.18](#)

[Scheme 2.19](#)

[Scheme 2.20](#)

[Scheme 2.21](#)

[Scheme 2.22](#)

[Scheme 2.23](#)

[Scheme 2.24](#)

[Scheme 2.25](#)

[Scheme 2.26](#)

[Scheme 2.27](#)

[Scheme 2.28](#)

[Scheme 2.29](#)

[Scheme 2.30](#)

[Scheme 2.31](#)

[Scheme 2.32](#)

[Scheme 2.33](#)

[Scheme 2.34](#)

[Scheme 2.35](#)

[Scheme 2.36](#)

[Scheme 2.37](#)

[Scheme 2.38](#)

[Scheme 2.39](#)

[Scheme 2.40](#)

[Scheme 2.41](#)

[Scheme 2.42](#)

[Scheme 2.43](#)

[Scheme 2.44](#)

[Scheme 2.45](#)

[Scheme 2.46](#)

[Scheme 2.47](#)

[Scheme 2.48](#)

[Scheme 2.49](#)

[Scheme 2.50](#)

[Scheme 2.51](#)

[Scheme 2.52](#)

[Scheme 2.53](#)

[Scheme 2.54](#)

[Scheme 2.55](#)

[Scheme 2.56](#)

[Scheme 2.57](#)

[Scheme 2.58](#)

[Scheme 3.1](#)

[Scheme 3.2](#)

[Scheme 3.3](#)

[Scheme 3.4](#)

[Scheme 3.5](#)

[Scheme 3.6](#)

[Scheme 3.7](#)

[Scheme 3.8](#)

[Scheme 3.9](#)

[Scheme 3.10](#)

[Scheme 3.11](#)

[Scheme 3.12](#)

[Scheme 3.13](#)

[Figure 4.1](#)

[Scheme 4.1](#)

[Scheme 4.2](#)

[Scheme 4.3](#)

[Scheme 4.4](#)

[Scheme 4.5](#)

[Scheme 4.6](#)

[Scheme 4.7](#)

[Scheme 4.8](#)

[Scheme 4.9](#)

[Scheme 4.10](#)

[Scheme 4.11](#)

[Scheme 4.12](#)

[Scheme 4.13](#)

[Scheme 4.14](#)

[Scheme 4.15](#)

[Scheme 4.16](#)

[Scheme 4.17](#)

[Scheme 4.18](#)

[Scheme 4.19](#)

[Scheme 4.20](#)

[Scheme 4.21](#)

[Scheme 4.22](#)

[Scheme 4.23](#)

[Scheme 4.24](#)

[Scheme 4.25](#)

[Scheme 4.26](#)

[Scheme 4.27](#)

[Scheme 4.28](#)

[Scheme 4.29](#)

[Scheme 4.30](#)

[Scheme 4.31](#)

[Scheme 4.32](#)

[Scheme 4.33](#)

[Scheme 4.34](#)

[Scheme 4.35](#)

[Scheme 4.36](#)

[Scheme 4.37](#)

[Scheme 4.38](#)

[Scheme 4.39](#)

[Scheme 4.40](#)

[Scheme 4.41](#)

[Scheme 4.42](#)

[Scheme 4.43](#)

[Scheme 4.44](#)

[Scheme 4.45](#)

[Scheme 4.46](#)

[Scheme 4.47](#)

[Scheme 5.1](#)

[Scheme 5.2](#)

[Scheme 5.3](#)

[Scheme 5.4](#)

[Figure 5.1](#)

[Scheme 5.5](#)

[Scheme 5.6](#)

[Scheme 5.7](#)

[Scheme 5.8](#)

[Scheme 5.9](#)

[Scheme 5.10](#)

[Scheme 5.11](#)

[Scheme 5.12](#)

[Scheme 5.13](#)

[Scheme 5.14](#)

[Scheme 5.15](#)

[Scheme 5.16](#)

[Scheme 5.17](#)

[Scheme 5.18](#)

[Scheme 5.19](#)

[Scheme 5.20](#)

[Scheme 5.21](#)

[Scheme 5.22](#)

[Scheme 5.23](#)

[Scheme 5.24](#)

[Scheme 5.25](#)

[Scheme 5.26](#)

[Scheme 5.27](#)

[Scheme 5.28](#)

[Scheme 5.29](#)

[Scheme 5.30](#)

[Scheme 5.31](#)

[Scheme 5.32](#)

[Scheme 5.33](#)

[Scheme 5.34](#)

[Scheme 5.35](#)

[Scheme 5.36](#)

[Scheme 5.37](#)

[Scheme 5.38](#)

[Scheme 5.39](#)

[Scheme 5.40](#)

[Scheme 5.41](#)

[Scheme 5.42](#)

[Scheme 5.43](#)

[Scheme 5.44](#)

[Scheme 5.45](#)

[Scheme 5.46](#)

[Scheme 5.47](#)

[Scheme 5.48](#)

[Scheme 5.49](#)

[Scheme 5.50](#)

[Scheme 5.51](#)

[Scheme 5.52](#)

[Scheme 5.53](#)

[Scheme 5.54](#)

[Scheme 5.55](#)

[Scheme 5.56](#)

[Scheme 5.57](#)

[Scheme 5.58](#)

[Scheme 5.59](#)

[Scheme 5.60](#)

[Scheme 5.61](#)

[Scheme 5.62](#)

[Scheme 5.63](#)

[Scheme 5.64](#)

[Scheme 5.65](#)

[Scheme 5.66](#)

[Scheme 5.67](#)

[Scheme 5.68](#)

[Scheme 5.69](#)

[Scheme 5.70](#)

[Scheme 5.71](#)

[Scheme 5.72](#)

[Scheme 5.73](#)

[Scheme 5.74](#)

[Scheme 5.75](#)

[Scheme 5.76](#)

[Scheme 5.77](#)

[Scheme 5.78](#)

[Scheme 5.79](#)

[Scheme 5.80](#)

[Scheme 5.81](#)

[Scheme 5.82](#)

[Scheme 5.83](#)

[Scheme 5.84](#)

[Scheme 5.85](#)

[Scheme 5.86](#)

[Scheme 5.87](#)

[Scheme 5.88](#)

[Scheme 5.89](#)

[Scheme 5.90](#)

[Scheme 5.91](#)

[Scheme 5.92](#)

[Scheme 5.93](#)

[Scheme 5.94](#)

[Scheme 5.95](#)

[Scheme 5.96](#)

[Scheme 5.97](#)

[Scheme 5.98](#)

[Scheme 5.99](#)

[Scheme 5.100](#)

[Scheme 5.101](#)

[Scheme 5.102](#)

[Scheme 5.103](#)

[Scheme 5.104](#)

[Scheme 5.105](#)

[Scheme 5.106](#)

[Scheme 5.107](#)

[Scheme 5.108](#)

[Scheme 5.109](#)

[Scheme 5.110](#)

[Scheme 5.111](#)

[Scheme 5.112](#)

[Scheme 5.113](#)

[Scheme 5.114](#)

[Scheme 5.115](#)

[Scheme 6.1](#)

[Scheme 6.2](#)

[Figure 6.1](#)

[Scheme 6.3](#)

[Figure 6.2](#)

[Figure 6.3](#)

[Scheme 6.4](#)

[Scheme 6.5](#)

[Scheme 6.6](#)

[Scheme 6.7](#)

[Scheme 6.8](#)

[Figure 6.4](#)

[Scheme 6.9](#)

[Figure 6.5](#)

[Scheme 6.10](#)

[Figure 6.6](#)

[Scheme 6.11](#)

[Scheme 6.12](#)

[Scheme 6.13](#)

[Scheme 6.14](#)

[Scheme 6.15](#)

[Scheme 6.16](#)

[Scheme 6.17](#)

[Scheme 6.18](#)

[Scheme 6.19](#)

[Scheme 6.20](#)

[Scheme 6.21](#)

[Scheme 6.22](#)

[Scheme 6.23](#)

[Scheme 6.24](#)

[Scheme 6.25](#)

[Scheme 6.26](#)

[Scheme 6.27](#)

[Scheme 6.28](#)

[Scheme 6.29](#)

[Scheme 6.30](#)

[Scheme 6.31](#)

[Scheme 6.32](#)

[Scheme 6.33](#)

[Scheme 6.34](#)

[Scheme 6.35](#)

[Scheme 6.36](#)

[Scheme 6.37](#)

[Scheme 7.1](#)

[Scheme 7.2](#)

[Scheme 7.3](#)

[Scheme 7.4](#)

[Scheme 7.5](#)

[Scheme 7.6](#)

[Scheme 7.7](#)

[Scheme 7.8](#)

[Scheme 7.9](#)

[Scheme 7.10](#)

[Scheme 7.11](#)

[Scheme 7.12](#)

[Scheme 7.13](#)

[Scheme 7.14](#)

[Scheme 7.15](#)

[Scheme 7.16](#)

[Scheme 7.17](#)

[Scheme 7.18](#)

[Scheme 7.19](#)

[Scheme 7.20](#)

[Scheme 7.21](#)

[Scheme 7.22](#)

[Scheme 7.23](#)

[Scheme 7.24](#)

[Scheme 7.25](#)

[Scheme 7.26](#)

[Scheme 7.27](#)

[Scheme 7.28](#)

[Scheme 7.29](#)

[Scheme 7.30](#)

[Scheme 7.31](#)

[Scheme 7.32](#)

[Scheme 7.33](#)

[Scheme 7.34](#)

[Scheme 7.35](#)

[Scheme 7.36](#)

[Scheme 7.37](#)

[Figure 8.1](#)

[Scheme 8.1](#)

[Scheme 8.2](#)

[Figure 8.2](#)

[Figure 8.3](#)

[Figure 8.4](#)

[Scheme 8.3](#)

[Scheme 8.4](#)

[Scheme 8.5](#)

[Scheme 8.6](#)

[Scheme 8.7](#)

[Scheme 8.8](#)

[Scheme 8.9](#)

[Scheme 8.10](#)

[Scheme 8.11](#)

[Scheme 8.12](#)

[Scheme 8.13](#)

[Figure 9.1](#)

[Scheme 9.1](#)

[Scheme 9.2](#)

[Scheme 9.3](#)

[Figure 9.2](#)

[Scheme 9.4](#)

[Scheme 9.5](#)

[Scheme 9.6](#)

[Scheme 9.7](#)

[Scheme 9.8](#)

[Scheme 9.9](#)

[Scheme 9.10](#)

[Scheme 9.11](#)

[Figure 9.3](#)

[Scheme 9.12](#)

[Figure 9.4](#)

[Figure 9.5](#)

[Figure 9.6](#)

[Figure 9.7](#)

[Figure 9.8](#)

[Figure 10.1](#)

[Scheme 10.1](#)

[Scheme 10.2](#)

[Scheme 10.3](#)

[Scheme 10.4](#)

[Scheme 10.5](#)

[Scheme 10.6](#)

[Scheme 10.7](#)

[Figure 10.8](#)

[Scheme 10.9](#)

[Scheme 10.10](#)

[Scheme 10.11](#)

[Scheme 10.12](#)

[Scheme 10.13](#)

[Scheme 10.14](#)

[Scheme 10.15](#)

[Scheme 10.16](#)

[Scheme 10.17](#)

[Scheme 10.18](#)

[Scheme 10.19](#)

[Scheme 10.20](#)

[Scheme 10.21](#)

[Figure 11.1](#)

[Scheme 11.1](#)

[Scheme 11.2](#)

[Scheme 11.3](#)

[Scheme 11.4](#)

[Scheme 11.5](#)

[Scheme 11.6](#)

[Scheme 11.7](#)

[Scheme 11.8](#)

[Scheme 11.9](#)

[Scheme 11.10](#)

[Figure 11.2](#)

[Scheme 11.11](#)

[Scheme 11.12](#)

[Scheme 11.13](#)

[Scheme 11.14](#)

[Scheme 11.15](#)

[Scheme 11.16](#)

[Scheme 11.17](#)

[Scheme 11.18](#)

[Scheme 11.19](#)

[Scheme 11.20](#)

[Scheme 11.21](#)

[Scheme 11.22](#)

[Scheme 11.23](#)

[Scheme 11.24](#)

[Scheme 11.25](#)

[Scheme 11.26](#)

[Scheme 11.27](#)

[Scheme 11.28](#)

[Scheme 11.29](#)