

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра теоретической физики**

Авторы-составители: **Кадыров Дальво Ибрагимович  
Ощепков Александр Юрьевич  
Хеннер Виктор Карлович**

Рабочая программа дисциплины

**СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА**

Код УМК 51004

Утверждено  
Протокол №6  
от «08» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Строение вещества

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « С.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Специальность: **04.05.01** Фундаментальная и прикладная химия  
направленность Программа широкого профиля

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Строение вещества** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**04.05.01** Фундаментальная и прикладная химия (направленность : Программа широкого профиля)

**ОПК.1** знать основные теории, учения и концепции в профессиональной области

**ОПК.10** способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач

**ПК.3** владеть системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания

#### 4. Объем и содержание дисциплины

|   |  |
|---|--|
| <b>Направления подготовки</b>                                     | 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия (направленность: Программа широкого профиля)                   |
| <b>форма обучения</b>   | очная  |
| <b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>          | 10   |
| <b>Объем дисциплины (з.е.)</b>                                    | 3  |
| <b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>                                 | 108  |
| <b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b> | 42   |
| <b>Проведение лекционных занятий</b>                              | 28   |
| <b>Проведение практических занятий, семинаров</b>                 | 14   |
| <b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>                           | 66   |
| <b>Формы текущего контроля</b>                                    | Входное тестирование (1)<br>Итоговое контрольное мероприятие (1)<br>Письменное контрольное мероприятие (2) |
| <b>Формы промежуточной аттестации</b>                             | Зачет (10 триместр)  |

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Строение вещества. Первый семестр

#### Введение

Квантовые свойства микрообъектов, суперпозиционные состояния. Задача двух частиц с кулоновским взаимодействием в квантовой механике, сферические и параболические координаты. Свойства водородоподобных атомов: уровни энергии, классификация и формы атомных орбиталей, размеры атомов.

#### Методы теории возмущений

Применение теории возмущений для описания свойств атома гелия (учет энергии межэлектронного отталкивания) и для исследования поляризации атомов во внешнем электрическом поле (эффект Штарка). Применение вариационного принципа для расчета энергии ионизации и полной электронной волновой функции атома гелия.

Метод самосогласованного поля Хартри: гамильтониан многоэлектронного атома, уравнения Хартри, приближение центрального поля.

#### Спин. Периодический закон.

Спин электрона: опыт Штерна и Герлаха, спин-орбиталь, тождественность частиц, антисимметричность фермионной волновой функции, принцип запрета Паули для электронов. Определители Слэтера, обменное взаимодействие. Уравнения Хартри-Фока, теорема Купманса.

Свойства многоэлектронных атомов: порядок следования энергетических уровней (правило  $n+1$ ), заполнение электронных оболочек, правила Хунда. Периодичность свойств атомов, периодическая система элементов. Термы многоэлектронных атомов. Валентность и спин.

#### Построение атомных и молекулярных орбиталей

Теория гибридизации атомных орбиталей: понятие ГАО, углы между  $sp$ -гибридными орбиталями, порядок построения ГАО, примеры.

Применение вариационного метода Ритца для расчета молекулярных орбиталей. Свойства иона  $H_2^+$ , уровни энергии, расчет МО, связывающие и разрыхляющие МО.

Нахождение молекулярных орбиталей как линейной комбинации атомных орбиталей (МО ЛКАО). Адиабатическое приближение (Борн-Оппенгеймер) для молекул. Уравнения Рутаана. Молекула  $H_2$  в МО ЛКАО. Метод валентных связей. Метод конфигурационного взаимодействия. Классификация молекулярных орбиталей гомоядерных двухатомных молекул. Молекулярные орбитали гетероядерных двухатомных молекул, дипольные моменты молекул.

#### Полуэмпирические методы

Полуэмпирические методы расчета молекул (NDO, NDDO, CNDO, INDO, MINDO). Уравнения Паризерра-Парра-Поппла. Метод молекулярных орбиталей Хюккеля, примеры расчета, циклические углеводороды, альтернантные и неальтернантные углеводороды.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория)/Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. -5-е изд., стер..-Москва:ФИЗМАТЛИТ,2004, ISBN 5-9221-0530-2.-800
2. Цирельсон В. Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела: учебное пособие для вузов / В. Г. Цирельсон. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. — 496 с. : цв. ил. — (Учебник для высшей школы). — ISBN 978-5-9963-0080-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система БиблиоТех : [сайт]. <https://psu.bibliotech.ru/Reader/Book/8633>

### Дополнительная:

1. Кукушкин А. К. Задачи по квантовой химии и строению молекул/А. К. Кукушкин.- Москва:Издательство Московского университета,1987.-1543.-Библиогр.: с. 156
2. Ермаков, А. И. Квантовая механика и квантовая химия : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. И. Ермаков. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 555 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03128-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/402514>
3. Химическая связь. Метод валентных связей : методические указания / составители С. В. Борисевич [и др.], под редакцией А. М. Кузнецов, Л. Г. Шевчук. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 24 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/63540.html>

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://library.psu.ru/node/738> Ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Строение вещества** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

Дополнительный перечень используемых информационных технологий и программного обеспечения определяется преподавателями дисциплины.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-



образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Строение вещества**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и  
критерии их оценивания**

| Компетенция  | Планируемые результаты обучения  | Критерии оценивания результатов обучения   |
|--|--|--|
| <p><b>ОПК.1</b><br/>знать основные теории, учения и концепции в профессиональной области</p> | <p>Знать принципы использования теории возмущений для описания свойств многоэлектронных систем, систем во внешних полях.<br/>Уметь строить одноэлектронное приближение в рамках методов самосогласованного поля.<br/>Владеть навыками расчета энергии ионизации и полной электронной волновой функции под влиянием возмущений.</p> | <p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает принципы использования теории возмущений для описания свойств многоэлектронных систем, систем во внешних полях. Не умеет строить одноэлектронное приближение в рамках методов самосогласованного поля. Не владеет навыками расчета энергии ионизации и полной электронной волновой функции под влиянием возмущений.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания принципов использования теории возмущений для описания свойств многоэлектронных систем, систем во внешних полях. Демонстрирует частично сформированное умение строить одноэлектронное приближение в рамках методов самосогласованного поля. Имеет представление о приемах расчета энергии ионизации и полной электронной волновой функции под влиянием возмущений.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания принципов использования теории возмущений для описания свойств многоэлектронных систем, систем во внешних полях. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения строить одноэлектронное приближение в рамках методов самосогласованного поля. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет приемами расчета энергии ионизации и полной электронной волновой функции под влиянием возмущений.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания</p> |

| Компетенция  | Планируемые результаты обучения  | Критерии оценивания результатов обучения   |
|--|--|--|
|  |  | <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>принципов использования теории возмущений для описания свойств многоэлектронных систем, систем во внешних полях. Сформированное умение строить одноэлектронное приближение в рамках методов самосогласованного поля. Успешное и систематическое применение приемов расчета энергии ионизации и полной электронной волновой функции под влиянием возмущений.</p>   |
| <p><b>ПК.3</b><br/>владеть системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания</p> | <p>Знать: базовые положения квантовой механики и фундаментальные основания методов расчёта электронных оболочек, а также вытекающие из них свойства микроскопических составляющих вещества.<br/>Уметь: вычислять энергетические уровни электронов, спектры атомов и молекул с применением метода Хартри–Фока.<br/>Владеть: фундаментальными принципами расчёта электронных оболочек многоэлектронных атомов и молекул, навыками построения одночастичного приближения.</p> | <p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает базовые положения квантовой механики и фундаментальные основания методов расчёта электронных оболочек, а также вытекающие из них свойства микроскопических составляющих вещества. Не умеет вычислять энергетические уровни электронов, спектры атомов и молекул с применением метода Хартри–Фока. Не владеет фундаментальными принципами расчёта электронных оболочек многоэлектронных атомов и молекул, навыками построения одночастичного приближения.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания базовых положений квантовой механики и фундаментальных оснований методов расчёта электронных оболочек, а также вытекающих из них свойства микроскопических составляющих вещества. Демонстрирует частично сформированное умение вычислять энергетические уровни электронов, спектры атомов и молекул с применением метода Хартри–Фока. Имеет представление о фундаментальных принципах расчёта электронных оболочек многоэлектронных атомов и молекул, построения одночастичного приближения.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания базовых положений квантовой механики и фундаментальных оснований методов расчёта электронных</p> |

| Компетенция   | Планируемые результаты обучения  | Критерии оценивания результатов обучения  |
|---|--|---|
|   |  | <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>оболочек, а также вытекающих из них свойства микроскопических составляющих вещества. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения вычислять энергетические уровни электронов, спектры атомов и молекул с применением метода Хартри–Фока. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет фундаментальными принципами расчёта электронных оболочек многоэлектронных атомов и молекул, построения одночастичного приближения.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания базовых положений квантовой механики и фундаментальных оснований методов расчёта электронных оболочек, а также вытекающих из них свойства микроскопических составляющих вещества. Сформированное умение вычислять энергетические уровни электронов, спектры атомов и молекул с применением метода Хартри–Фока. Успешное и систематическое применение фундаментальных принципов расчёта электронных оболочек многоэлектронных атомов и молекул, построения одночастичного приближения.</p> |
| <p><b>ОПК.10</b><br/>способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач</p> | <p>Знать: основные методы расчёта электронных оболочек<br/>Уметь: вычислять спектры атомов и молекул с применением метода валентных связей, метода молекулярных орбиталей.<br/>Владеть: навыками проведения указанных расчетов для конкретных молекул и атомов с применением метода молекулярных орбиталей, метода валентных связей.</p> | <p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные методы расчёта электронных оболочек<br/>Не умеет вычислять спектры атомов и молекул с применением метода валентных связей, метода молекулярных орбиталей.<br/>Не владеет навыками проведения указанных расчетов для конкретных молекул и атомов с применением метода молекулярных орбиталей, метода валентных связей.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных методов расчёта электронных оболочек. Демонстрирует частично сформированное умение вычислять спектры атомов и молекул с применением метода валентных связей, метода молекулярных</p>   |

| Компетенция | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения  |
|-------------|---------------------------------|---|
|             |                                 | <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>орбиталей. Имеет представление об основных принципах применения метода молекулярных орбиталей, метода валентных связей к конкретным атомам и молекулам.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов расчёта электронных оболочек. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения вычислять спектры атомов и молекул с применением метода валентных связей, метода молекулярных орбиталей. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет применяет метод валентных связей, метод молекулярных орбиталей для конкретных молекул и атомов.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания основных методов расчёта электронных оболочек. Сформированное умение вычислять спектры атомов и молекул с применением метода валентных связей, метода молекулярных орбиталей. Успешное и систематическое применение метода валентных связей, метода молекулярных орбиталей для конкретных молекул и атомов.</p> |

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

| Компетенция  | Мероприятие текущего контроля  | Контролируемые элементы результатов обучения  |
|--|--|---|
| <b>Входной контроль</b>  | Введение<br><b>Входное тестирование</b>  | Знание основ квантовой механики   |
| <b>ОПК.1</b><br>знать основные теории, учения и концепции в профессиональной области   | Методы теории возмущений<br><b>Письменное контрольное мероприятие</b>                    | Методы стационарной теории возмущений. Вариационные методы. Метод самосогласованного поля.  |
| <b>ОПК.1</b><br>знать основные теории, учения и концепции в профессиональной области<br><b>ПК.3</b><br>владеть системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания | Построение атомных и молекулярных орбиталей<br><b>Письменное контрольное мероприятие</b> | Теория спинового момента. Многоэлектронные атомы. Периодическая система элементов. Гибридизация атомных орбиталей. Расчет энергии связей. |
| <b>ОПК.10</b><br>способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач  | Полуэмпирические методы<br><b>Итоговое контрольное мероприятие</b>                       | Полуэмпирические методы расчета энергетических спектров и энергии связи молекул   |

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Введение

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

| Показатели оценивания                            | Баллы |
|--|-------|
| Умение решать простейшие задачи квантовой физики | 5     |
| Знание основ атомной модели строения вещества    | 5     |

### Методы теории возмущений

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

| Показатели оценивания                                    | Баллы |
|--|-------|
| Стационарная теория возмущений для невырожденного случая | 8     |
| Методы самосогласованного поля.                          | 6     |
| Стационарная теория возмущений для вырожденного случая   | 6     |
| Метод Хартри   | 5     |
| Вариационный метод Ритца                                 | 5     |

### Построение атомных и молекулярных орбиталей

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

| Показатели оценивания  | Баллы |
|--|-------|
| Спин электрона. Принцип Паули  | 8     |
| Валентность и спин. Правила заполнения электронных оболочек. Периодический закон | 7     |
| Ион $H_2^+$ . Уровни энергии, расчет МО  | 5     |
| Линейная комбинация атомных орбиталей. Связывающие и разрыхляющие МО             | 5     |
| Классификация молекулярных орбиталей   | 5     |

### Полуэмпирические методы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

| Показатели оценивания                     | Баллы |
|---|-------|
| Полуэмпирические методы расчета молекул   | 10    |
| Метод молекулярных орбиталей Хюккеля      | 10    |
| Примеры расчета циклических углеводородов | 7     |

|   |   |
|---|---|
| Примеры расчета альтернантных и неальтернантных углеводородов | 7 |
| Уравнения Паризерра-Парра-Попла                               | 6 |