**Министерство науки и образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**

**высшего профессионального образования**

**«Московский физико-технический институт (государственный университет)»**

**МФТИ (ГУ)**

**Кафедра «Физика высокотемпературных процессов»**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Проректор по учебной работе**

**О. А. Горшков**

**2012 г**.

.

**Рабочая УЧЕБНАЯ Программа**

**по дисциплине:** **Термодинамика конденсированного состояния**

**по направлению:** 010900 «Прикладные математика и физика»

**магистерская программа:** 010932 – физика высокотемпературных процессов

**факультет:** **МБФ**

**кафедра: Физика высокотемпературных процессов**

**курс:** 5 (магистратура)

**семестры:** 9 **Экзамен: 9 семестр**

**Трудоёмкость в зач. ед.:** вариативная часть – 3 зач. ед.;

**в т.ч.:**

**лекции:** 34 час.;

**практические (семинарские) занятия:** нет;

**лабораторные занятия:** нет;

**мастер классы, индивид. и групповые консультации:** нет;

**самостоятельная работа:** 34 час.;

**курсовые работы:** нет;

**подготовка к экзамену:** 1 зач. ед.

**ВСЕГО часов 98**

**Программу составил:** проф.,д.ф-м.н., Ломоносов И.В.

**Программа обсуждена на заседании кафедры физики высокотемпературных процессов**

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2012 г.

Заведующий кафедрой академик, д.ф.-м.н. В.Е. Фортов

**ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Вариативная часть, в т.ч. :** | \_\_3\_\_ зач. ед. |
| Лекции | \_34\_ часа |
| Практические занятия | \_\_-\_\_ часов |
| Лабораторные работы | \_\_-\_\_ часов |
| Индивидуальные занятия с преподавателем | \_\_-\_\_ часов |
| Самостоятельные занятия, включая подготовку курсовой работы | \_34\_ часа |
| Мастер- классы, индивидуальные и групповые  Консультации | \_\_-\_\_ часов |
| Самостоятельные занятия (работа над коллективными и индивидуальными проектами, курсовые работы) | \_\_-\_\_ часов |
| Подготовка к экзамену | 1 зач. ед. |
| **ВСЕГО** | 98 часов (3 зач. ед.) |
| **Итоговая аттестация** | Экзамен: 9 семестр |

1. **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ**

Целью освоения дисциплины «Термодинамика конденсированного состояния» является изучение экспериментальных и теоретических методов исследований термодинамических свойств конденсированного вещества при высоких давлениях и температурах, полуэмпирических методов расчета и применению полученных знаний на практике.

**Задачами данного курса являются:**

* изучение экспериментальных методов исследования при высоких давлениях и температурах,
* ознакомление с первопринципными методами расчета термодинамических свойств конденсированного вещества;
* математические и физические требования к уравнениям состояния для практических расчетов, изучение принципов построения полуэмпирических уравнений состояния;
* формирование у магистрантов способности оперировать полученными знаниями для оценок термодинамических свойств вещества, ставить задачи и уметь планировать исследования при высоких давлениях и температурах.

1. **Место дисциплины в структуре ООП МАГИСТРАТУРЫ**

Дисциплина **«Термодинамика конденсированного состояния»** включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к профессиональному циклу М.2.

Дисциплина **«Термодинамика конденсированного состояния»**базируется на материалах курсов бакалавриата: базовая и вариативная часть кода УЦ ООП Б.2**(**математическийестественнонаучный блок) по дисциплинам«Высшая математика» (математический анализ, высшая алгебра, дифференциальные уравнения и методы математической физики), блока «Общая физика» и региональной составляющей этого блока и относится к профессиональному циклу***.*** Освоение курса необходимо для разносторонней подготовки магистров к профессиональной деятельности, включающей как проведение фундаментальных исследований, так и постановку и решение инженерных задач.

1. **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

Освоение дисциплины «**Термодинамика конденсированного состояния**» направлено на формирование следующих общекультурных и общепрофессиональных интегральных компетенций магистрата:

*а) общекультурные (ОК):*

* *компетенция самообразования и самоорганизации*: способность и стремление к совершенствованию и развитию своего интеллектуального и общекультурного уровня, умение эффективно организовывать свою деятельность и достигать поставленные цели (ОК-1);
* *компетенция* *профессиональной мобильности*: способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности (ОК-2);
* *компетенция получения знаний и использования новой информации:* способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать на практике новые знания и умения, способность интегрировать новую информацию в уже имеющуюся систему знаний и применять её, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОК-3);
* *компетенция нестандартного мышления и самостоятельных действий в условиях изменений и неопределённости:* способность самостоятельно ставить, формализовать и решать нестандартной задачи в условиях изменяющихся внешних условий и неопределённости (ОК-6);

*б) профессиональные (ПК):*

* способность формализовать и решать отдельные части нестандартной задачи в общей постановке (ПК-1);
* способность к пониманию важности воздействия внешних факторов, и их учёта в ходе исследований и разработок (ПК-2);
* способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в физике, химии, экологии, других естественных и социально-экономических науках (ПК-3);
* способность к выявлению сущности задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлечению соответствующего физико-математического аппарата для их решения (ПК-4);
* способность применять базовую лексику и основную терминологию по направлению подготовки, способность к подготовке и редактированию текстов профессионального и социально-значимого содержания на русском и английском языках (ПК-5);
* способность самостоятельно работать на компьютере на уровне квалифицированного пользователя, применять информационно-коммуникационные технологии для обработки, хранения, представления и передачи информации с использованием универсальных пакетов прикладных программ, знание общих подходов и методов по совершенствованию информационно-коммуникационных технологий (ПК-6);
* способность представлять планы и результаты собственной деятельности с использованием различных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчётов, презентаций, докладов на русском и английском языках (ПК-7).

1. **конкретные Знания, умения и навыки, формируемые в результате освоения дисциплины**
   1. **Знать:**

* фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
* порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
* современные проблемы физики, химии, математики;
* основы физики твердого тела, жидкого состояния, плазмы, ударных волн в конденсированных средах;
* экспериментальные методы исследований термодинамических свойств веществ при высоких давлениях и температурах;
* теоретические методы расчета термодинамических свойств веществ при высоких давлениях и температурах;
* практические требования к уравнениям состояния и принципы построения полуэмпирических моделей уравнений состояния;
  1. **Уметь:**
* абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
* пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
* делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
* производить численные оценки по порядку величины;
* делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
* видеть в технических задачах физическое содержание;
* осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
* работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
* эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и экспериментальных результатов.
  1. **Владеть:**
* навыками освоения большого объема информации;
* навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
* культурой постановки и моделирования физических задач;
* навыками грамотной обработки результатов экспериментов и сопоставления с теоретическими и литературными данными;
* практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
* навыками выполнения оценок термодинамических свойств вещества при высоких давлениях и температурах для анализа процессов в экстремальных условиях.

1. **Структура и содержание дисциплины**
   1. **Структура преподавания дисциплины**

**Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам**

|  |  |
| --- | --- |
| № темы и название | Количество часов |
| 1. Экспериментальные методы исследований термодинамических свойств конденсированных веществ при высоких давлениях и температурах | 22 |
| 2. Теоретические методы расчета термодинамических свойств конденсированных веществ при высоких давлениях и температурах | 22 |
| 3. Полуэмпирические уравнения состояния вещества | 24 |
| ВСЕГО (зач. ед.(часов)) | 68 часов (2 зач. ед.) |

**Лекции:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы | Трудоёмкость  (количество часов) |
| 1 | Введение. Научный метод познания – от эксперимента к теории и практическим применениям. Построение курса: экспериментальные методы, строгие теории, их объединение в модельных уравнениях состояния. Мотивация изучения уравнения состояния вещества. Системные и несистемные единицы измерений. | 1 |
| 2 | Статические методы исследований: наковальни Бриджмена, устройства изучения Р-Т диаграмм, алмазные наковальни. | 4 |
| 3 | Электрический взрыв проводников. | 2 |
| 4 | Метод ударного сжатия. Законы Гюгонио. Методы торможения и отражения. Генераторы ударных волн. Сверхвысокие давления, проблема эталона. Измерения фазовых переходов. Ударное сжатие пористого вещества. Метод изэнтропического расширения. Восстановление термодинамического потенциала по данным ударноволновых измерений. | 4 |
| 6 | Сопоставление экспериментальных методов. Особенности, погрешности, область применимости. Выводы. | 1 |
| 7 | Теоретические методы расчета свойств твердого тела. Типы кристаллических решеток, о.ц.к. и г.ц.к. решетки, понятие решетки Бравэ, ячейки Вигнера-Зейтца.  Общие свойства для периодических решеток, граничные условия, число состояний, зонный спектр. Приближение сильной связи. Приближение слабой связи. Метод ячеек, MT – потенциал. Метод присоединенных плоских волн. Метод гриновских функций RRH (Корринга-Кон-Ростокер). Метод ортогонализованных плоских волн. Метод функционала плотности. | 5 |
| 8 | Метод Томаса-Ферми | 2 |
| 9 | Теория жидкого состояния, понятия парной корреляционной функции и структурного фактора.  Интегральные уравнения Борна-Грина-Ивона, Перкуса-Иевика, гиперцепное приближение, решение уравнения Перкуса-Иевика для потенциала твердых и мягких сфер. | 3 |
| 10 | Сопоставление теоретических методов. Особенности, область применимости. Выводы. | 1 |
| 11 | Полуэмпирические модели УРС. Модели Эйнштейна и Дебая твердого тела. УРС Ми-Грюнайзена, связь коэффициента Грюнайзена с параметрами кривой упругого сжатия.  Потенциалы Борна-Майера, Берча-Мурнагана, Морзе; проблема описания сильносжатых состояний при T=0 К.  Плавление, учет плавления в моделях уравнения состояния, критерии плавления, учет эффектов ангармонизма тепловых колебаний атомов решетки по Кормеру, способы описания жидкой фазы.  Термодинамика электронной компоненты в различных областях фазовой диаграммы  Аппроксимационные УРС. Глобальные УРС, проблема термодинамической согласованности. | 9 |
| 12 | Заключение. Примеры реальных уравнений состояния, принципов построения и использования в расчетах. Важность корректного учета фазовых границ. Перспективы эксперимента и теории. | 2 |
| ВСЕГО ( зач. ед.(часов)) | | 34 часа (1 зач. ед.) |

**Самостоятельная работа:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы | Трудоёмкость  (количество часов) |
| 1 | Введение. Научный метод познания – от эксперимента к теории и практическим применениям. Построение курса: экспериментальные методы, строгие теории, их объединение в модельных уравнениях состояния. Мотивация изучения уравнения состояния вещества. Системные и несистемные единицы измерений. | 1 |
| 2 | Статические методы исследований: наковальни Бриджмена, устройства изучения Р-Т диаграмм, алмазные наковальни. | 4 |
| 3 | Электрический взрыв проводников. | 2 |
| 4 | Метод ударного сжатия. Законы Гюгонио. Методы торможения и отражения. Генераторы ударных волн. Сверхвысокие давления, проблема эталона. Измерения фазовых переходов. Ударное сжатие пористого вещества. Метод изэнтропического расширения. Восстановление термодинамического потенциала по данным ударноволновых измерений. | 4 |
| 6 | Сопоставление экспериментальных методов. Особенности, погрешности, область применимости. Выводы. | 1 |
| 7 | Теоретические методы расчета свойств твердого тела. Типы кристаллических решеток, о.ц.к. и г.ц.к. решетки, понятие решетки Бравэ, ячейки Вигнера-Зейтца.  Общие свойства для периодических решеток, граничные условия, число состояний, зонный спектр. Приближение сильной связи. Приближение слабой связи. Метод ячеек, MT – потенциал. Метод присоединенных плоских волн. Метод гриновских функций RRH (Корринга-Кон-Ростокер). Метод ортогонализованных плоских волн. Метод функционала плотности. | 5 |
| 8 | Метод Томаса-Ферми | 2 |
| 9 | Теория жидкого состояния, понятия парной корреляционной функции и структурного фактора.  Интегральные уравнения Борна-Грина-Ивона, Перкуса-Иевика, гиперцепное приближение, решение уравнения Перкуса-Иевика для потенциала твердых и мягких сфер. | 3 |
| 10 | Сопоставление теоретических методов. Особенности, область применимости. Выводы. | 1 |
| 11 | Полуэмпирические модели УРС. Модели Эйнштейна и Дебая твердого тела. УРС Ми-Грюнайзена, связь коэффициента Грюнайзена с параметрами кривой упругого сжатия.  Потенциалы Борна-Майера, Берча-Мурнагана, Морзе; проблема описания сильносжатых состояний при T=0 К.  Плавление, учет плавления в моделях уравнения состояния, критерии плавления, учет эффектов ангармонизма тепловых колебаний атомов решетки по Кормеру, способы описания жидкой фазы.  Термодинамика электронной компоненты в различных областях фазовой диаграммы  Аппроксимационные УРС. Глобальные УРС, проблема термодинамической согласованности. | 9 |
| 12 | Заключение. Примеры реальных уравнений состояния, принципов построения и использования в расчетах. Важность корректного учета фазовых границ. Перспективы эксперимента и теории. | 2 |
| 13 | Подготовка к экзамену | 1 зач. ед. |
| ВСЕГО ( зач. ед.(часов)) | | 34 часа (1 зач. ед.) + 1 зач. ед. |

* 1. **Содержание дисциплины**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Название модулей | Разделы и темы лекционных занятий | Содержание | Объем | |
| Аудиторная работа  (часы) | Самостоятельная работа  (часы) |
| 1 | I  Экспериментальные методы исследований термодинамических свойств конденсированных веществ при высоких давлениях и температурах | **Основные понятия физики высоких давлений** | Введение. Научный метод познания – от эксперимента к теории и практическим применениям. Построение курса: экспериментальные методы, строгие теории, их объединение в модельных уравнениях состояния. Мотивация изучения уравнения состояния вещества. Системные и несистемные единицы измерений. | 1 | 1 |
| 2 | **Статические методы исследований.** | Общий анализ фазовой диаграммы. Наковальни Бриджмена, устройства изучения Р-Т диаграмм, алмазные наковальни. Лазерные алмазные наковальни. | 4 | 4 |
| 3 | **Электрический взрыв проводников.** | Изобарическое расширение. Взрыв в конечный объем. Плазменный изохорический генератор. | 2 | 2 |
| 4 | **Метод ударного сжатия** | Законы Гюгонио. Методы торможения и отражения. Генераторы ударных волн. Сверхвысокие давления, проблема эталона. Измерения фазовых переходов. Ударное сжатие пористого вещества. Метод изэнтропического расширения. Восстановление термодинамического потенциала по данным ударноволновых измерений. | 4 | 4 |
| 5 | **Сопоставление экспериментальных методов.** | Особенности методов, погрешности, область применимости. Выводы. | 1 | 1 |
| 6 | II  Теоретические методы расчета термодинамических свойств конденсированных веществ при высоких давлениях и температурах | Теоретические методы расчета свойств твердого тела | Типы кристаллических решеток, о.ц.к. и г.ц.к. решетки, понятие решетки Бравэ, ячейки Вигнера-Зейтца.  Общие свойства для периодических решеток, граничные условия, число состояний, зонный спектр. Приближение сильной связи. Приближение слабой связи. Метод ячеек, MT – потенциал. Метод присоединенных плоских волн. Метод гриновских функций RRH (Корринга-Кон-Ростокер). Метод ортогонализованных плоских волн. Метод функционала плотности. | 5 | 5 |
| 7 | **Модели плазмы** | Метод Томаса-Ферми | 2 | 2 |
| 8 | **Модели жидкого состояния** | Понятия парной корреляционной функции и структурного фактора. Интегральные уравнения Борна-Грина-Ивона, Перкуса-Иевика, гиперцепное приближение, решение уравнения Перкуса-Иевика для потенциала твердых и мягких сфер. | 3 | 3 |
| 9 | **Сопоставление теоретических методов** | Методические особенности, область применимости. Выводы. | 1 | 1 |
| 10 | III  Полуэмпирические уравнения состояния | Методы расчета твердой фазы | Модели Эйнштейна и Дебая твердого тела. УРС Ми-Грюнайзена, связь коэффициента Грюнайзена с параметрами кривой упругого сжатия.  Потенциалы Борна-Майера, Берча-Мурнагана, Морзе; проблема описания сильносжатых состояний при T=0 К. | 4 | 4 |
| 11 | **Учет эффектов ангармонизма тепловых колебаний атом и электронов проводимости** | Плавление, учет плавления в моделях уравнения состояния, критерии плавления, учет эффектов ангармонизма тепловых колебаний атомов решетки по Кормеру, способы описания жидкой фазы.  Термодинамика электронной компоненты в различных областях фазовой диаграммы | 4 | 4 |
| 12 | Табличные уравнения состояния | Математические и физические требования к уравнениям состояния. Аппроксимационные УРС. Способы построения табличных УРС. Глобальные УРС, проблема термодинамической согласованности.. | 1 | 1 |
| 13 | IV  заключение | Реальные уравнения состояния в практике | Примеры реальных уравнений состояния, принципов построения и использования в расчетах. Важность корректного учета фазовых границ. Перспективы эксперимента и теории. | 2 | 2 |

1. **Образовательные технологии**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Вид занятия | Форма проведения занятий | Цель |
| 1 | лекция | изложение теоретического материала | получение теоретических знаний по дисциплине |
| 2 | лекция | изложение теоретического материала с помощью презентаций | повышение степени понимания материала |
| 3 | лекция | решение задач по заданию (индивидуальному где требуется) преподавателя– решаются задачи, выданные преподавателем по итогам лекционных занятий и сдаются в конце изучения темы, используются учебники, рекомендуемые данной программой | осознание связей между теорией и практикой, а также взаимозависимостей разных дисциплин |
| 4 | самостоятельная работа студента | подготовка к экзамену | повышение степени понимания материала |

1. **Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Контрольно-измерительные материалы**

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 9-ом семестре.

1. Понятие уравнения состояния (УРС). Примеры функциональных УРС, табличных и графических.
2. Системные и несистемные физические единицы в физике высоких давлений.
3. Наковальни Бриджмена: область давлений, особенности диагностики, типичные погрешности.
4. Устройства измерения фазовых диаграмм давление – плотность: область давлений и температур, особенности диагностики, типичные погрешности.
5. Алмазные наковальни, алмазные наковальни с лазерным подогревом. Особенности диагностики, типичные погрешности. Важность обеспечения стационарности.
6. Аппроксимационные потенциалы давления для результатов статического сжатия.
7. Электровзрыв проводников: изобарическое расширение, расширение в конечный объем. Реализуемая область давлений и температур, особенности диагностики, типичные погрешности.
8. Метод ударного сжатия. Уравнения Гюгонио. Особенности метода. Область применимости уравнений Гюгонио для измерений термодинамических свойств вещества.
9. Методы торможения и отражения.
10. Генераторы ударных волн.
11. Лазерные ударные волны.
12. Сверхвысокие давления, проблема эталона.
13. Измерения фазовых переходов при ударном сжатии.
14. Ударное сжатие пористого вещества.
15. Предельная степень сжатия в методе ударного сжатия, предельная степень сжатия идеального газа.
16. Метод изэнтропического расширения.
17. Восстановление термодинамического потенциала на основании данных ударноволновых измерений – метод Зельдовича.
18. Сравнение методов изотермического, изэнтропического и ударного сжатия.
19. Анализ возможностей современных экспериментальных методов, особенности, ограничения физические и материаловедческие.
20. Понятие кристаллической решетки. Типы кристаллических решеток. Решетка Бравэ.
21. Общие свойства для периодических решеток, граничные условия, число состояний, зонный спектр
22. Приближение сильной связи
23. Приближение слабой связи
24. Метод присоединенных плоских волн
25. Метод ортогонализованных плоских волн
26. Метод функционала плотности
27. Автомодельная теория Томаса – Ферми при Т=0 К
28. Автомодельная теория Томаса – Ферми при конечных температурах
29. Теория жидкости: функция распределения, корреляционная функция, структурный фактор.
30. Решение уравнения Перкуса-Йевика для потенциала твердых сфер
31. Анализ возможностей теоретических методов расчета.
32. Квазигармоническая модель твердого тела: модели Дебая и Эйнштейна
33. Вывод УРС Ми – Грюнайзена
34. Коэффициент Грюнайзена: определения дифференциального, термодинамического и дифференциального термодинамического, их отличия
35. Связь коэффициента Грюнайзена с параметрами кривой упругого сжатия, уравнения Слетера, Дугдейла-Макдональда и Ващенко-Зубарева
36. Потенциалы Борна-Майера, Берча-Мурнагана, Морзе
37. Проблема описания сильносжатых состояний при T=0 К
38. Плавление, учет плавления в моделях уравнения состояния, критерии плавления,
39. Учет эффектов ангармонизма тепловых колебаний атомов решетки по Кормеру, способы описания жидкой фазы
40. Термодинамика электронной компоненты в различных областях фазовой диаграммы
41. Аппроксимационные УРС
42. Глобальные УРС, методы построения табличных УРС, проблема термодинамической согласованности.
43. Математические и физические требования к УРС для практических расчетов.
44. Влияние УРС на результаты численного моделирования, необходимость учета плавления и испарения
45. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**
    1. **Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:** компьютер и мультимедийное оборудование (проектор), доступ к сети Интернет
46. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**
    1. **Основная литература**
47. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П.. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Физматлит. Изд. 3., 656 с., 2008.
48. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Статистическая физика. Часть 1: Учебное пособие для вузов. — М.: Физматлит, 2010. — 616 с.
49. Фортов В. Е. Экстремальные состояния вещества. М. : Физматлит, 304 с., 2009.
50. Жерноклетов М.В. Методы исследования свойств материалов при интенсивных динамических нагрузках. Саров, 403 с., 2003.
    1. **Дополнительная литература:**
51. Физика высоких плотностей энергии / Ред. П.Кальдирола, Г.Кнопфель. - М.: Мир, 1974.
52. Альтшулер Л.В. Применение ударных волн в физике высоких давлений // УФН. -1965. - Т.85. - С.197-258.
53. Жарков В.Н., Калинин В.А. Уравнения состояния твердых тел при высоких давлениях и температурах. - М.: Наука, 1968.
54. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела, т.1,2. - М.: Мир, 1979.
55. Абрикосов А.А. Основы теории металлов. - М.: Наука, 1986.
56. Физика простых жидкостей / Ред. Темперли - М.: Мир, 1971.

**Пособия и методические указания**

1. Ломоносов И.В. Методы исследования фазовых диаграмм и термодинамических свойств веществ при высоких давлениях и температурах (Учебное пособие). Черноголовка: ИПХФ РАН, 29 с., 2005.
2. Ломоносов И.В. Теоретические модели уравнений состояния (Учебное пособие). Черноголовка: ИПХФ РАН, 21 с., 2005.
3. Ломоносов И.В. Полуэмпирические модели уравнений состояния (Учебное пособие). Черноголовка: ИПХФ РАН, 31 с., 2005.

**Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных и т.д.**

1. База данных по свойствам веществ в условиях ударного сжатия и изэнтропического расширения, http://www.ficp.ac.ru/rusbank

Программу составил

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (Ломоносов И.В., д.ф.-м.н., профессор)

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_2012 г.