

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(государственный университет)»**



«УТВЕРЖДАЮ

**Проректор по учебной работе
и экономическому развитию**

_____ **Д.А. Зубцов**

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине: Кинетика и термодинамика фазовых переходов и фазовых превращений в твердых телах

по направлению: Прикладные математика и физика (бакалавриат)

профиль подготовки: Химическая физика и свойства наноструктур
Факультет молекулярной и химической физики
кафедра физики и химии наноструктур

курс: 4

квалификация: бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8(Весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

практические и семинарские занятия: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 12 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 72, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Л.Ю. Антипина, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры

10 июля 2015 г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

В.Д. Бланк

Начальник учебного управления

И.Р. Гарайшина

Декан факультета

В.М. Некипелов

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целью изучения данной дисциплины является освещение основных методов получения твердых веществ, а также общих закономерностей, связывающих особенности кристаллического строения твердых тел с их физическими и химическими свойствами.

Материал, подлежащий изучению по данной дисциплине, расширяет представление о внешнем и внутреннем строении кристаллов (твердых тел), показывает взаимосвязь их физических, физико-химических и химических свойств; рассматривает природу химической связи в твердых телах, реакционную способность поверхности твердых тел.

Задачи дисциплины

- выработать у студентов представление о современных препаративных методах химии твердого тела,
- ознакомить студентов с особенностями протекания твердофазных реакций,
- познакомить их с общими закономерностями, связывающими особенности кристаллического строения твердых тел с их физическими свойствами.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Курс "Кинетика и термодинамика фазовых переходов и фазовых превращений в твердых телах" является дисциплиной, формирующей у обучающегося профессиональные навыки и компетенции.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

- знать фундаментальные законы физики, молекулярной физики, оптики
- владеть методами интегрирования, дифференцирования
- знать основные понятия и законы общей и неорганической химии
- знать современные проблемы физики и химии
- владеть численным порядком величин, характерным для различных разделов физики

Данная дисциплина относится к вариативной части образовательной программы.

Дисциплина «Кинетика и термодинамика фазовых переходов и фазовых превращений в твердых телах» базируется на дисциплинах:

- Общая и неорганическая химия;
- Дифференциальные уравнения;
- Общая физика: лабораторный практикум;
- Общая физика: термодинамика и молекулярная физика;
- Общая физика: оптика;
- Кратные интегралы и теория поля;
- Общая физика: механика;
- Общая физика: электричество и магнетизм;
- Общая физика: квантовая физика.

Дисциплина «Кинетика и термодинамика фазовых переходов и фазовых превращений в твердых телах» предшествует изучению дисциплин:

Научно-исследовательская работа.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные свойства современных кристаллических материалов, физическую сущности явлений, происходящих в материалах в условиях их обработки и эксплуатации, их взаимосвязь со свойствами;
- понятие о кристалле, кристаллической решётке и её элементах, элементы симметрии кристаллов;
- электронное строение атомов и молекул, основы теории химической связи в соединениях разных типов, основные закономерности протекания реакций и характеристики равновесного состояния;

уметь:

- объяснять характер взаимосвязи между составом, строением и свойствами веществ;
- устанавливать взаимосвязь между получением и составом кристаллов;
- решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы;
- использовать основные химические законы и термодинамические справочные данные;

владеть:

- методами определения физико-химических свойств неорганических соединений;
- методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами;
- методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента
- теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов, экспериментальными методами определения физико-химических неорганических соединений.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практические и семинарские занятия	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Раздел 1. Химическая связь и структура твердых тел	2				
2	Раздел 1. Химическая связь и структура твердых тел		2			
3	Раздел 1. Химическая связь и структура твердых тел					2
4	Раздел 2. Твердофазные процессы.	3				
5	Раздел 2. Твердофазные процессы.		3			
6	Раздел 2. Твердофазные процессы.					2
7	Раздел 3. Методы синтеза твердофазных материалов.	3				

8	Раздел 3. Методы синтеза твердофазных материалов.		3			
9	Раздел 3. Методы синтеза твердофазных материалов.					2
10	Раздел 4. Твердые растворы	2				
11	Раздел 4. Твердые растворы		2			
12	Раздел 4. Твердые растворы					2
13	Раздел 5. Фазовые диаграммы кристаллических систем и фазовые переходы.		2			
14	Раздел 5. Фазовые диаграммы кристаллических систем.	2				
15	Раздел 5. Фазовые диаграммы кристаллических систем.					2
16	Раздел 6. Фазовые переходы.	3				
17	Раздел 6. Фазовые переходы.		3			
18	Раздел 6. Фазовые переходы.					2
Итого часов		15	15			12
Подготовка к экзамену		30 час.				
Общая трудоёмкость		72 час., 2 зач.ед.				

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 8 (Весенний)

1. Раздел 1. Химическая связь и структура твердых тел

Задачи и проблемы курса. Препаративные методы изучения твердых тел. Химическая связь в твердых телах. Типы кристаллов: Ионные структуры; Молекулярные кристаллы; Ковалентные кристаллы

2. Раздел 1. Химическая связь и структура твердых тел

1. Освоение методов исследования твердых тел.
2. Взаимосвязь «структура – свойства» для различных типов кристаллов.

3. Раздел 1. Химическая связь и структура твердых тел

Супрамолекулярные образования. Координационные числа. Основы теорий кристаллического поля и поля лигандов применительно к твердым телам. Влияние d-электронов.

Примеры задач для самостоятельного решения:

1. Объясните, почему Li_2O — наиболее устойчивый оксид лития, тогда как в случаях рубидия и цезия пероксиды M_2O_2 и супероксиды MO_2 более устойчивы, чем простые оксиды M_2O .
2. Полагая энтальпию образования дефектов Шоттки в NaCl равной 2,3 эВ, а долю вакантных узлов при 750°C 10-5, рассчитайте равновесную концентрацию дефектов Шоттки в NaCl при следующих температурах ($^\circ\text{C}$): а) 300; б) 25.

4. Раздел 2. Твердофазные процессы.

Особенности превращений в твердых телах. Особенности термодинамики твердофазных превращений.

5. Раздел 2. Твердофазные процессы.

Твердофазные реакции. Факторы, влияющие на их протекание. Транспортные реакции. Эмпирические и полуэмпирические методы оценки термодинамических характеристик твердофазных реакций

6. Раздел 2. Твердофазные процессы.

Основные факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел. Роль примесей и дефектов. Нетермические способы повышения реакционной способности твердых тел.

Пример задачи для самостоятельного решения:

Какие факторы следует учитывать при постановке кинетического исследования твердофазной реакции, например, между порошкообразными MgO и Al₂O₃, образующими шпинель MgAl₂O₄? Какие выводы можно сделать на основании результатов этого эксперимента?

7. Раздел 3. Методы синтеза твердофазных материалов.

Термодинамические основы синтеза твердых тел. Кристаллизация из растворов, расплавов, стекол, гелей, паровой фазы и пр.. Выращивание монокристаллов.

8. Раздел 3. Методы синтеза твердофазных материалов.

Закономерности зародышеобразования в твердофазных системах.

Кинетические модели твердофазных реакций с различными лимитирующими стадиями.

9. Раздел 3. Методы синтеза твердофазных материалов.

Применение различных физических (ультразвукового, микроволнового и др.) воздействий при синтезе твердофазных веществ. Методы получения твердых фаз в наноразмерном состоянии.

Примеры задач для самостоятельного решения:

1. Основываясь на диаграмме состояния углерода, опишите условия, необходимые для синтеза алмазов.
2. Считая, что вы не ограничены в выборе исходных реагентов, предложите твердофазные реакции и условия их проведения для получения следующих веществ; а) Na₃PO₄ (tпл > 1500°C); б) NaAlO₂ (tпл > 1500°C);

10. Раздел 4. Твердые растворы

Некоторые факторы, влияющие на структуру кристаллов. Твердые растворы замещения и внедрения. Экспериментальные методы изучения твердых растворов.

11. Раздел 4. Твердые растворы

Механизмы образования твердых растворов. Экспериментальные методы изучения твердых растворов.

12. Раздел 4. Твердые растворы

Образование твердых растворов путем механизма двойного замещения. Измерение температур фазовых переходов в твердых растворах. Метод ДТА (дифференциальный термический анализ).

Пример задачи для самостоятельного решения:

Рассчитайте плотность твердого раствора YF_3 в CaF_2 в зависимости от состава: а) по модели катионных вакансий; б) по модели межузельных ионов F^- . Примите, что объем элементарной ячейки не зависит от состава твердого раствора. CaF_2 имеет структуру типа флюорита, с параметром ячейки $a = 5,4626 \text{ \AA}$.

13. Раздел 5. Фазовые диаграммы кристаллических систем и фазовые переходы.

Диаграммы одно-, двух- и трехкомпонентных систем. Анализ возможных типов диаграмм состояния исходя из взаимного расположения кривых свободной энергии фаз. Основные типы диаграмм систем.

14. Раздел 5. Фазовые диаграммы кристаллических систем.

Интерпретация фазовых диаграмм. Двух-, трехфазовые диаграммы. Основные типы диаграмм

15. Раздел 5. Фазовые диаграммы кристаллических систем.

Изоморфные превращения в системах с переменной валентностью. Превращения между аморфными фазами. Тройные системы с двойными соединениями. Субсолидусные равновесия. Изотермические сечения и пути кристаллизации для системы с неограниченной растворимостью компонентов.

Пример задачи для самостоятельного решения:

Система $Mg_2SiO_4—Zn_2SiO_4$ имеет эвтектику и твердые растворы на основе компонентов с ограниченной растворимостью. Постройте фазовую диаграмму этой системы. Каким образом можно определить экспериментально: а) предельные составы твердых растворов; б) механизм образования каждого из твердых растворов; в) эвтектическую температуру?

16. Раздел 6. Фазовые переходы.

Фазовые переходы. Классификация фазовых переходов

17. Раздел 6. Фазовые переходы.

Термодинамическая классификация фазовых переходов. Механизмы фазовых переходов
Кинетика фазовых переходов.

18. Раздел 6. Фазовые переходы.

Переходы типа порядок – беспорядок. Изменения структуры с ростом температуры и давления.

Пример задачи для самостоятельного решения:

К какому типу фазовых переходов можно отнести следующие превращения: а) кварц - кристобалит (SiO_2); б) рутил - кварц (GeO_2); в) тетрагональный – моноклинный ZrO_2 , г) алмаз - графит?

При чтении лекционного курса используются таблицы, слайды, проектор. При оформлении отчета по индивидуальным заданиям проводится математическая обработка результатов с использованием микрокалькуляторов и персональных компьютеров.

При выполнении самостоятельных работ студентам необходим доступ в сеть интернет, наличие учебно-методической литературы.

6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература

- 1) A.R. West, Anthony R. Solid state chemistry and its applications // John Wiley & Sons, Ltd, 2014, 584 pp.
- 2) Третьяков Ю.Д., Путляев В.И. Введение в химию твердофазных материалов : учеб. пособие // М. : Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. - 400 с.
- 3) Averill, B., and P. Eldredge. Chemistry: Principles, Patterns, and Applications. v1.0. // Flat World Knowledge, 2011.
- 4) Воробьева, Т.Н., Кулак А.И. Химия твердого тела: Учеб. пособие / Мн: БГУ, 2004. –148 с.
- 5) Физическое материаловедение: Учебник для вузов / Под общей ред. Б. А. Калина. Т. 1. Физика твердого тела. –М.: МИФИ, 2007. –636 с.

Дополнительная литература

- 1) Третьяков Ю.Д. Точечные дефекты и свойства неорганических материалов // М., «Знание», 1974, 64 с.
- 2) Кнотько А.В. Химия твердого тела: учебное пособие для студентов ВУЗов // М.: Издательский центр «Академия», 2006, 304 с.
- 3) Киттель Ч. Введение в физику твердого тела // М.: Наука, 1978. - 791 с.
- 4) Зиненко В.И., Сорокин Б.П., Турчин П.П. Основы физики твердого тела // М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001, 331 с.
- 5) M.W. Chase, Jr., C.A. Davies, J.R. Downey, Jr., D.J. Frurip, R.A. McDonald, A.N. Syverud. JANAF Thermochemical Tables. Third Edition // J. Phys. Chem. Ref. Data, Vol. 14, Suppl. 1, 1985
- 6) Ковтуненко, П. В. Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами / М.: Высш. шк. 1993. –352 с.
- 7) Фистуль, В. И. Физика и химия твердого тела. В 2-х тт. // М.: Металлургия, 1995. Т 1. –320 с. Т 2. –480 с
- 8) Баре, П. Кинетика гетерогенных процессов: пер с франц. // М.: Мир, 1976. –400 с.
- 9) Воробьева Т. Н., Василевская Е. И. Химия поверхности и тонких пленок // Минск: БГУ, 2009. –142 с. 10) А. Н. Мурашкевич, И. М. Жарский. Теория и методы выращивания моно-кристаллов: Учеб. пособие для студентов // Минск: БГТУ, 2010. –214 с.
- 10) Фистуль, В. И. Новые материалы. Состояние, проблемы, перспективы // М.: МИСИС, 1995. –142 с.
- 11) B.D. Fahlman. Materials Chemistry // Springer Science+Business Media B.V. 2011, 749 pp.
- 12) L. E. Smart, E. A. Moore. Solid state chemistry. An introduction // Taylor & Francis Group, LLC, 2005, 507 pp.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

При выполнении самостоятельных работ студентам необходим доступ в сеть интернет

- 1) Alloy Phase Diagram Database
(<http://www1.asminternational.org/asmenterprise/apd/AdvancedSearchAPD.aspx>)
- 2) WebElements: the periodic table on the web (<http://www.webelements.com/>)

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения

Приложение

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

по направлению: Прикладные математика и физика (бакалавриат)
профиль подготовки: Химическая физика и свойства наноструктур
Факультет молекулярной и химической физики
кафедра физики и химии наноструктур
курс: 4
квалификация: бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8(Весенний) - Экзамен

Разработчик: Л.Ю. Антипина, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Кинетика и термодинамика фазовых переходов и фазовых превращений в твердых телах» обучающийся должен:

знать:

- основные свойства современных кристаллических материалов, физическую сущности явлений, происходящих в материалах в условиях их обработки и эксплуатации, их взаимосвязь со свойствами;
- понятие о кристалле, кристаллической решётке и её элементах, элементы симметрии кристаллов;
- электронное строение атомов и молекул, основы теории химической связи в соединениях разных типов, основные закономерности протекания реакций и характеристики равновесного состояния;

уметь:

- объяснять характер взаимосвязи между составом, строением и свойствами веществ;
- устанавливать взаимосвязь между получением и составом кристаллов;
- решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы;
- использовать основные химические законы и термодинамические справочные данные;

владеть:

- методами определения физико-химических свойств неорганических соединений;
- методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами;
- методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента
- теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов, экспериментальными методами определения физико-химических неорганических соединений.

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Определение химической связи, с помощью каких параметров ее характеризуют?
2. Как меняется энергия системы при сближении двух атомов, имеющих неспаренные электроны с параллельными спинами? с антипараллельными спинами? Почему в последнем случае возрастание сил притяжения не компенсируется возрастанием сил отталкивания?
3. Что такое длина связи? Одинакова ли длина и прочность связи O – H в молекуле пара, воды и во льду? Почему?
4. Что общего и в чем различие между связями: ионной и ковалентной? ионной и металлической? ковалентной и металлической? ковалентной и водородной? водородной и межмолекулярной? межмолекулярной и ионной?

5. Типы кристаллических решеток. Как объяснить хрупкость веществ с ковалентной и ионной решеткой и пластичность. С металлической?
6. Чем определяется энергия ориентационных, индукционных и дисперсионных взаимодействий? Почему в энергию межмолекулярных взаимодействий в случае воды больше вклад ориентационных взаимодействий, а в случае хлорида водорода дисперсионных? Можно ли идеальный газ использовать как рабочее вещество холодильника? Обосновать ответ.
7. Объясните, почему реакции между твердыми телами в большинстве случаев проходят медленно. Каким образом можно увеличить скорость таких реакций?
8. Какие факторы следует учитывать при постановке кинетического исследования твердофазной реакции, например, между порошкообразными MgO и Al_2O_3 , образующими шпинель $MgAl_2O_4$? Какие выводы можно сделать на основании результатов этого эксперимента?
9. Твердофазные реакции, лимитируемые диффузией. Реакции типа $ATB + BTV = ABTV$. Таблеточный метод Вагнера (теория Вагнера) при изучении механизма образования Ag_2HgI_4 .
10. Полагая, что протекание некоторой твердофазной реакции лимитируется диффузионными процессами, оцените энергию активации диффузии, если уменьшение размера частиц в 10 раз при $500^\circ C$ приводит к ускорению его эквивалентному увеличению температуры до $600^\circ C$.
11. Основные проблемы при синтезе твердых материалов.
12. Методы синтеза поликристаллических материалов.
13. Методы получения монокристаллов (рост кристаллов из газовой фазы, рост кристаллов из расплава).
14. Получение эпитаксиальных пленок полупроводников.
15. Химическая гомогенизация поверхности твердых тел.
16. Почему с понижением температуры расплава, начиная с какого-то момента, кристаллизация может замедляться?
17. Какое влияние на структуру пленок, получаемых из паровой фазы, оказывает температура подложки?
18. Как обеспечить постоянство состава монокристалла при его выращивании методом Чохральского?
19. Как очистить от примеси германия кремний?
20. Основываясь на диаграмме состояния углерода, опишите условия, необходимые для синтеза алмазов.
21. Каковы условия очистки металлов методом газотранспортных реакций?
22. Постройте фазовую диаграмму системы $Al_2O_3-SiO_2$ по следующим данным: Al_2O_3 и SiO_2 плавятся при 2060 и $1720^\circ C$; эти компоненты образуют одно соединение $Al_6Si_2O_{13}$, конгруэнтно плавящееся при $1850^\circ C$; в системе имеются эвтектики при 1595 и $1840^\circ C$ (при 5 и 67 мол.% Al_2O_3). Сравните полученную диаграмму с литературными данными.
23. Поясните на примерах различие между понятиями «фаза» и «компонент». При каких условиях компонент может рассматриваться как фаза?
24. На основании фазовой диаграммы системы $MgO - Al_2O_3$ опишите превращения, которые должны происходить при охлаждении жидкости, содержащей 40 мол.% MgO , 60 мол.% Al_2O_3 . Могут ли быть получены другие продукты, если использовать высокие скорости охлаждения?
25. В тройной системе $A-B-C$ имеется одно тройное соединение X , бинарные соединения отсутствуют, а) Выполните триангуляцию субсолидусного изотермического сечения диаграммы, б) Предполагая, что X плавится конгруэнтно, построьте изотермическую проекцию диаграммы плавкости и покажите на ней три тройные эвтектики, три температурных максимума и шесть пограничных моновариантных кривых.

4. Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 бала - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 бал - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Вопрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.