

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики**

**В.В. Иванов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Физико-химия поверхности материалов микро и нанoeлектроники
<b>по направлению:</b>	Электроника и нанoeлектроника
<b>профиль подготовки:</b>	Микро- и нанoeлектроника Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра микро- и нанoeлектроники
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: В.П. Бокарев, канд. хим. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники 29.05.2020

## Аннотация

Курс "Физико-химия поверхности материалов микро и наноэлектроники" предусматривает формирование специальных знаний в области практической физической химии поверхности кристаллов, необходимых при расчёте температур фазовых превращений нанокристаллических структур, минимальных температур срачивания полупроводниковых пластин и спекания порошкообразных материалов, изменения электропроводности наноструктур, а также для практических расчётов поверхностных энергий кристаллических материалов и их анизотропии.

Задачи курса:

- рассмотрение основ физической химии кристаллических материалов;
- рассмотрение влияния поверхностной энергии твёрдых веществ на их свойства;
- рассмотрение основных теоретических и экспериментальных методов определения поверхностной энергии, их недостатков и преимуществ;
- рассмотрение геометрического подхода к прогнозированию физических свойств нанокристаллических структур;
- введение в теории плавления твердого тела;
- изложение «энергетического критерия» аморфизации кристаллического вещества;
- рассмотрение «координационной» модели плавления кристалла;
- проведение расчётов поверхностных энергий кристаллических веществ, основанных на «координационной» модели плавления кристаллов и на «энергетическом критерии» аморфизации кристаллического вещества;
- сопоставление результатов расчётов поверхностных энергий с имеющимися экспериментальными и теоретическими данными;
- сопоставление результатов расчётов температур поверхностного плавления с имеющимися экспериментальными и теоретическими данными;
- рассмотрение применимости предложенной модели плавления в физической химии твердого тела;
- рассмотрение применимости предложенной модели плавления для расчётов температур спекания порошкообразных и монокристаллических материалов;
- рассмотрение применимости предложенной модели плавления для прогнозирования изменения физико-химических свойств материалов микроэлектроники с уменьшением их линейных размеров.

По результатам освоения курса студент должен:

Знать:

- физико-химические характеристики поверхности твёрдых тел; различия между поверхностной энергией и поверхностным натяжением; влияние линейных размеров твёрдых тел на их физико-химические свойства; «Энергетический критерий аморфизации твёрдых тел»; основные модели плавления твёрдых тел; «Координационную» модель плавления кристаллов; различия между объёмным и поверхностным плавлением твёрдых тел; способы перевода твёрдого вещества в высокоэнергетическое состояние; связь между габитусом и структурой кристаллов.

Уметь:

- рассчитывать зависимость температуры плавления монокристаллов от их линейных размеров; рассчитывать поверхностную энергию и анизотропию поверхностных энергий кристаллов элементарных веществ; рассчитывать изменение среднего координационного числа атомов в простейших наноструктурах; рассчитывать температуру поверхностного плавления кристаллов элементарных веществ.

Владеть:

- знаниями равновесной термодинамики, кристаллографии и кристаллохимии; навыками машинных расчётов размерных зависимостей физико-химических свойств кристаллов элементарных веществ.

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Введение в физическую химию поверхности.
2. Теоретические и экспериментальные методы оценки поверхностной энергии
3. Поверхностная энергия и физико-химические свойства макро- и нанокристаллов
4. Энергетический критерий аморфизации твёрдого вещества

5. Влияние поверхности на среднее координационное число атомов в нанокристаллах
6. Расчёты изменения среднего координационного числа атомов в идеальных кристаллах при уменьшении их линейных размеров
7. Плавление кристаллов
8. «Координационная» модель плавления кристаллов
9. Влияние поверхности на плавление кристалла
10. Поверхностное плавление кристаллов
11. Влияние поверхностного плавления на свойства металлической разводки микросхем

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- формирование специальных знаний в области практической физической химии поверхности кристаллов, необходимых при расчёте температур фазовых превращений нанокристаллических структур, минимальных температур срачивания полупроводниковых пластин и спекания порошкообразных материалов, изменения электропроводности наноструктур, а также для практических расчётов поверхностных энергий кристаллических материалов и их анизотропии.

### Задачи дисциплины

- рассмотрение основ физической химии кристаллических материалов;
- рассмотрение влияния поверхностной энергии твёрдых веществ на их свойства;
- рассмотрение основных теоретических и экспериментальных методов определения поверхностной энергии, их недостатков и преимуществ;
- рассмотрение геометрического подхода к прогнозированию физических свойств нанокристаллических структур;
- введение в теории плавления твердого тела;
- изложение «энергетического критерия» аморфизации кристаллического вещества;
- рассмотрение «координационной» модели плавления кристалла;
- проведение расчётов поверхностных энергий кристаллических веществ, основанных на «координационной» модели плавления кристаллов и на «энергетическом критерии» аморфизации кристаллического вещества;
- сопоставление результатов расчётов поверхностных энергий с имеющимися экспериментальными и теоретическими данными;
- сопоставление результатов расчётов температур поверхностного плавления с имеющимися экспериментальными и теоретическими данными;
- рассмотрение применимости предложенной модели плавления в физической химии твердого тела;
- рассмотрение применимости предложенной модели плавления для расчётов температур спекания порошкообразных и монокристаллических материалов;
- рассмотрение применимости предложенной модели плавления для прогнозирования изменения физико-химических свойств материалов микроэлектроники с уменьшением их линейных размеров.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- физико-химические характеристики поверхности твёрдых тел; различия между поверхностной энергией и поверхностным натяжением; влияние линейных размеров твёрдых тел на их физико-химические свойства; «Энергетический критерий аморфизации твёрдых тел»; основные модели плавления твёрдых тел; «Координационную» модель плавления кристаллов; различия между объёмным и поверхностным плавлением твёрдых тел; способы перевода твёрдого вещества в высокоэнергетическое состояние; связь между габитусом и структурой кристаллов.

уметь:

- рассчитывать зависимость температуры плавления монокристаллов от их линейных размеров; рассчитывать поверхностную энергию и анизотропию поверхностных энергий кристаллов элементарных веществ; рассчитывать изменение среднего координационного числа атомов в простейших наноструктурах; рассчитывать температуру поверхностного плавления кристаллов элементарных веществ.

владеть:

- знаниями равновесной термодинамики, кристаллографии и кристаллохимии; навыками машинных расчётов размерных зависимостей физико-химических свойств кристаллов элементарных веществ.

#### 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	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение в физическую химию поверхности	3			2
2	Теоретические и экспериментальные методы оценки поверхностной энергии	4			2
3	Поверхностная энергия и физико-химические свойства макро- и нанокристаллов	3			2
4	Энергетический критерий аморфизации твёрдого вещества	3			2
5	Влияние поверхности на среднее координационное число атомов в нанокристаллах	2			1
6	Расчёты изменения среднего координационного числа атомов в идеальных кристаллах при уменьшении их линейных размеров	3			1
7	Плавление кристаллов	3			1
8	«Координационная» модель плавления кристаллов	3			1
9	Влияние поверхности на плавление кристалла	3			1
10	Поверхностное плавление кристаллов	2			1
11	Влияние поверхностного плавления на свойства металлической разводки микросхем	1			1
Итого часов		30			15

Подготовка к экзамену	0 час.
Общая трудоёмкость	45 час., 1 зач.ед.

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

Семестр: 8 (Весенний)

##### 1. Введение в физическую химию поверхности

Основы равновесной термодинамики. Поверхность как основной неустранимый дефект кристаллической структуры. Учёт влияния поверхности в технологии микроэлектроники. Вклад поверхности в термодинамические свойства системы. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Удельная полная и удельная свободная поверхностные энергии. Анизотропия поверхностной энергии.

##### 2. Теоретические и экспериментальные методы оценки поверхностной энергии

Способы измерения поверхностной энергии. Основные проблемы в экспериментальном получении точных значений поверхностной энергии. Расчёты поверхностной энергии. Сопоставление расчётных и экспериментальных данных.

##### 3. Поверхностная энергия и физико-химические свойства макро- и нанокристаллов

Влияние поверхности на температуру плавления твёрдых веществ. Формула Гиббса-Томсона. Способы получения веществ в высокоэнергетическом состоянии. Предельные значения размеров кристаллических блоков. Влияние высоких концентраций дефектов на физико-химические свойства твёрдых веществ.

##### 4. Энергетический критерий аморфизации твёрдого вещества

Расчёт изменения температуры плавления на основе «Энергетического критерия аморфизации твёрдого вещества».

##### 5. Влияние поверхности на среднее координационное число атомов в нанокристаллах

Координационное число атомов (молекул) в кристалле как одна из основных характеристик его физико-химических свойств. Влияние давления и температуры на кристаллическую структуру.

##### 6. Расчёты изменения среднего координационного числа атомов в идеальных кристаллах при уменьшении их линейных размеров

Расчёты изменения среднего координационного числа атомов в идеальных кристаллических решётках при уменьшении линейных размеров кристалла. Сопоставление результатов расчётов с расчётами изменения температуры плавления кристаллов при уменьшении их размеров.

##### 7. Плавление кристаллов

Основные модели плавления кристаллов. Явления предплавления. Экспериментальное обнаружение поверхностного плавления и интерпретация данного эффекта в разных работах.

##### 8. «Координационная» модель плавления кристаллов

Сопоставление предложенной модели плавления с известными. Расчёт толщины первой координационной сферы атомов для кристаллических структур кубической симметрии.

## 9. Влияние поверхности на плавление кристалла

Расчёт поверхностной энергии кристаллов элементарных веществ и анизотропии поверхностной энергии с применением «Энергетического критерия аморфизации твёрдого вещества» и «Координационной» модели плавления кристаллов. Сопоставление рассчитанных величин поверхностной энергии с известными экспериментальными и расчётными данными.

## 10. Поверхностное плавление кристаллов

Объяснение явления поверхностного плавления на основе «Координационной» модели плавления кристаллов. Температура начала поверхностного плавления, вывод формулы. Расчёт температур начала поверхностного плавления свинца и золота. Сопоставление с экспериментальными данными. Расчёт температур начала поверхностного плавления кристаллов льда. Сложности экспериментального определения температур поверхностного плавления. Габитус кристаллов. Поверхностная энергия и габитус кристаллов. Отличие габитуса от равновесной формы кристалла. Причины отличия.

## 11. Влияние поверхностного плавления на свойства металлической разводки микросхем

«Электромиграция» и её связь с температурой поверхностного плавления металлов. Связь предельных электрических параметров металлической разводки с линейными размерами.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для лекций: учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).  
Обеспечение самостоятельной работы: доступ в сеть Интернет, доступ к рекомендованной литературе.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Ормонт Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников. - М. Высш. школа, 1982. - 528 с.
2. Адамсон А. Физическая химия поверхности. - М.: Мир, 1979. - 567 с.
3. Уббелоде А. Плавление и кристаллическая структура. - М.: Мир, 1969. - 419 с.
4. Уббелоде А.Р. Расплавленное состояние вещества / пер. с англ. - М.: Металлургия, 1982. - 376 с.

### Дополнительная литература

- 1 Бокарев В.П., Г.Я. Красников. Оценка изменения физико-химических свойств наноразмерных кристаллических материалов// ДАН, 2008, т. 420, № 2, с. 186–189
- 2 Бокарев В.П., Горнев Е.С., Тодуа П.А. Оценка температуры поверхностного плавления монокристаллов элементарных веществ. // РАН, Кристаллография, 2013, т. 58, №1, С.155-157.

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

Не используются

## 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Обязательные задания

Индивидуальные задания по темам курса:

1. Расчёт изменения температуры плавления кристаллов элементарных веществ при уменьшении их линейных размеров.
2. Расчёт изменения среднего координационного числа атомов в идеальных кристаллических решётках при уменьшении линейных размеров кристалла.
3. Расчёт поверхностной энергии кристаллов элементарных веществ и анизотропии поверхностной энергии.
4. Расчёт температуры начала поверхностного плавления кристаллов элементарных веществ.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Электроника и нанoeлектроника
<b>профиль подготовки:</b>	Микро- и нанoeлектроника Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра микро- и нанoeлектроники
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** В.П. Бокарев, канд. хим. наук



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физико-химия поверхности материалов микро и нанoeлектроники» обучающийся должен:

### знать:

- физико-химические характеристики поверхности твёрдых тел; различия между поверхностной энергией и поверхностным натяжением; влияние линейных размеров твёрдых тел на их физико-химические свойства; «Энергетический критерий аморфизации твёрдых тел»; основные модели плавления твёрдых тел; «Координационную» модель плавления кристаллов; различия между объёмным и поверхностным плавлением твёрдых тел; способы перевода твёрдого вещества в высокоэнергетическое состояние; связь между габитусом и структурой кристаллов.

### уметь:

- рассчитывать зависимость температуры плавления монокристаллов от их линейных размеров; рассчитывать поверхностную энергию и анизотропию поверхностных энергий кристаллов элементарных веществ; рассчитывать изменение среднего координационного числа атомов в простейших наноструктурах; рассчитывать температуру поверхностного плавления кристаллов элементарных веществ.

### владеть:

- знаниями равновесной термодинамики, кристаллографии и кристаллохимии; навыками машинных расчётов размерных зависимостей физико-химических свойств кристаллов элементарных веществ.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

## 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету:

1. Введение в физическую химию поверхности.
2. Теоретические и экспериментальные методы оценки поверхностной энергии.
3. Поверхностная энергия и физико-химические свойства макро- и нанокристаллов.
4. Энергетический критерий аморфизации твёрдого вещества.
5. Влияние поверхности на среднее координационное число атомов в нанокристаллах.
6. Расчёты изменения среднего координационного числа атомов в идеальных кристаллах при уменьшении их линейных размеров.
7. Плавление кристаллов.
8. Координационная модель плавления кристаллов.
9. Влияние поверхности на плавление кристалла.
10. Поверхностное плавление кристаллов.
11. Влияние поверхностного плавления на свойства металлической разводки микросхем.

## Критерии оценивания

### 10 баллов — (ПРЕВОСХОДНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

### 9 баллов — (ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы, полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

### 8 баллов — (ПОЧТИ ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку с позиций государственной идеологии (по дисциплинам социально-гуманитарного цикла);
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

### 7 баллов — (ОЧЕНЬ ХОРОШО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;

- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

6 баллов — (ХОРОШО):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

5 баллов — (ПОЧТИ ХОРОШО):

- достаточные знания в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4 балла — (УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

3 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), НЕЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

2 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;
- знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

1 балл — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

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

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать двух астрономических часов в устной и (или) письменной форме.