

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образо-  
вания «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»  
(КБГУ)**

Институт информатики, электроники и робототехники

Кафедра электроники и цифровых информационных технологий

**СОГЛАСОВАНО**  
Руководитель образовательной  
программы  
\_\_\_\_\_ Тешев Р.Ш.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор ИИЭ и Р  
\_\_\_\_\_ Черкесова Н.В.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.01.03 Термодинамика межфазных явлений в макро- и наносистемах**

Направление подготовки  
**11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

Профиль  
**Современные информационные технологии в электронной технике**

Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Нальчик, 2021

Рабочая программа дисциплины **«Термодинамика межфазных явлений в макро- и наносистемах»** /сост. Люев В.К.– Нальчик: ФГБОУ КБГУ, 2021.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины студентам очной формы обучения по направлению «Электроника и нанoeлектроника» в 6 семестре, 3 курса.

Рабочая программа составлена в соответствии с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки «Электроника и нанотехнология», утвержденного приказом Министерства образования науки и ВО Российской Федерации от «19» 09 2017 г. №927 и зарегистрированного приказом Министерства юстиции Российской Федерации от 10.10.2017 №48494.

© Шебзухов А.А., 2019  
© ФГБОУ ВО КБГУ,  
2019

## Содержание

	стр
1 Цели и задачи освоения дисциплины	4
1.1. Цели освоения дисциплины	4
1.2. Задачи изучения дисциплины	5
2 Место дисциплины в структуре ООП ВО	5
3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины	6
4 Содержание и структура дисциплины	7
4.1 Содержание разделов дисциплины	7
4.2 Структура дисциплины	10
4.2.1 Общая трудоемкость дисциплины	10
4.2.2 Лекционные занятия	10
4.2.3 Практические занятия (семинары)	11
4.2.4 Лабораторные занятия	11
4.2.5 Самостоятельное изучение разделов дисциплины	11
5. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	12
5.1. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости	12
5.1.1 Коллоквиумы	13
5.1.2 Тестовые задания по дисциплине	16
5.2. Промежуточная аттестация	19
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности	21
7 Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	22
7.1 Основная литература	22
7.2 Дополнительная литература.	23
7.3 Периодические издания	23
7.4 Интернет-ресурсы	23
7.5 Методические указания по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студентов	24
7.5.1 Методические рекомендации к чтению лекции	24
7.5.2 Методические рекомендации по проведению практических занятий	25
8 Материально-техническое обеспечение дисциплины	26
<b>Приложение 1.</b> Лист изменений в рабочей программе дисциплины	28
<b>Приложение 2.</b> Критерии оценки качества освоения дисциплины	
Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования	29
<b>Приложение 3.</b> Критерии оценки лекции	33

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

### **1.1. Цели освоения дисциплины**

Термодинамика межфазных явлений, основы которой были заложены в классических работах Юнга, Лапласа, Гиббса, Ван-дер-Ваальса и др., является в настоящее время одним из наиболее развитых разделов современного учения о межфазных явлениях. Она является теоретической основой для рассмотрения многих вопросов, связанных с различными физико-химическими процессами, протекающими на границах раздела фаз. Основные выводы и положения термодинамики межфазных явлений уже используются для решения многих прикладных задач, в частности, разработке микро- и нанотехнологий в электронике, создании наноскопов, медицинских нанороботов, композиционных материалов и многих других.

Особенно плодотворным в термодинамике межфазных явлений оказался метод, предложенный Гиббсом в своей работе «О равновесии гетерогенных веществ», опубликованной более 135 лет назад. Гиббс, проявляя большую физическую интуицию, сформулировал феноменологическую теорию границ раздела фаз, находящихся в равновесии. Термодинамическая теория капиллярности Гиббса положила начало громадному числу исследований в области межфазных явлений и имеет фундаментальное значение. Термодинамика межфазных явлений прошла к настоящему времени большой путь развития. На этом пути можно выделить следующие моменты:

- а) понимание, конкретизация и новая интерпретация отдельных положений теории капиллярности Гиббса;
- б) развитие и обобщение теории капиллярности Гиббса;
- в) возникновение новых разделов термодинамики поверхностных явлений, не вытекающих из теории капиллярности Гиббса.

Другой метод термодинамики межфазных явлений – метод слоя конечной толщины, основан трудами Ван-дер-Ваальса, Баккера, Версхаффельта и Гуттенгейма. Позднее было обращено внимание на то, что при строгой формулировке этого метода требуется привлечение понятия разделяющей поверхности, но при этом используется не одна, а две разделяющие поверхности.

Термодинамика поверхностных явлений, как составная часть курса термодинамики, имеет непреходящее значение, ибо формирует самые общие закономерности в области поверхностных явлений и образует фундамент, на котором строятся многие физико-химические теории.

Данный курс предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Электроника и наноэлектроника» и содержит 10 разделов по основным направлениям термодинамики плоских и искривленных поверхностей в одно- и многокомпонентных системах. Характерной особенностью курса является ориентация на изучение специфических свойств границ раздела двух конденсированных фаз (двух растворов), имеющих макроскопические размеры. Тематика курса посвящена фундаментальным термодинамическим уравнениям для плоских и искривленных поверхностей, межфазному натяжению, составу (адсорбции) межфазного слоя, адгезии, смачиванию и растеканию, новым критериям влияния малых добавок на свойства тонкого межфазного слоя между сосуществующими фазами.

За последние десятилетия значительное развитие получили исследования в области термодинамики высокодисперсных систем, известные в литературе как размерные эффекты в наносистемах. Подобные вопросы излагаются в заключительных разделах курса (модули 8-10). В значительной степени настоящий курс построен на работах лектора, выполненных в области физики и химии поверхностных явлений.

Исходя из изложенного выше, целью преподавания курса «Термодинамика межфазных явлений в макро- и наносистемах» является :

- ознакомление студентов, обучающихся по направлению подготовки «Электроника и наноэлектроника» с важнейшими понятиями и фундаментальными соотношениями термодинамики межфазных границ;

- ознакомление студентов с новыми результатами, полученными зарубежными и отечественными исследователями, а также специалистами КБГУ, за последнее время в области термодинамики межфазных явлений;

- обучение студентов творческому использованию термодинамики межфазных явлений для решения ряда научно-технических и инженерных задач.

### **1.2. Задачи изучения дисциплины**

Для достижения указанных выше целей необходимо решить следующие задачи :

- дать студентам основные понятия термодинамики межфазных границ;

- сообщить студентам исходные положения и основные соотношения (с выводами и интерпретациями) термодинамики межфазных явлений в многокомпонентных системах;

- изложить новые результаты в области термодинамики поверхностных и межфазных явлений в одно- и двухкомпонентных наносистемах, полученных сотрудниками кафедры физических основ микро- и наноэлектроники КБГУ;

- поставить перед студентами новые еще нерешенные актуальные задачи в области термодинамики межфазных явлений в наносистемах, с указанием возможных подходов их решения.

### **1.3.Выполнение требований профессиональных стандартов**

Изучение дисциплины направлено на подготовку специалистов, способных решать проблемы, возникающие при производстве и эксплуатации изделий электроники и наноэлектроники с учетом области, типов и задач профессиональной деятельности в соответствии с профессиональными студентами :

- 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», который утвержден приказом Минтруда России от 03.07.2019 №480н и зарегистрирован Минюстом России 29.07.2019 №55439;

- 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», который утвержден приказом Минтруда России от 07.09.2015 №593н (В редакции, введенной в действие с 20.01.2019 г. приказом Минтруда России от 14.12.2018 №807н) и зарегистрирован Минюстом России 23.09.2015 г. №38983

## **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.**

Дисциплина «Термодинамика межфазных явлений в макро- и наносистемах» включена в часть, формируемой участниками образовательных отношений Б1.В.01.03 учебного плана по направлению подготовки ВО 11.03.04 Электроника и наноэлектроника и профилю «Современные информационные технологии в электронной технике».

Изучение дисциплины «Термодинамика межфазных явлений в макро- и наносистемах» базируется на понятиях и методах, развиваемых в ряде математических и естественнонаучных дисциплин. Для успешного изучения курса необходимо знание следующих разделов из соответствующих дисциплин:

- общая физика (термодинамика и молекулярная физика) : I, II и III начала термодинамики, термодинамические функции и соотношения, химический потенциал, условия фазовых равновесий и устойчивости, фазовые переходы и критические явления, элементы термодинамики необратимых процессов, термодинамические теории растворов,

- теоретическая физика : термодинамическая вероятность и методы ее вычисления, каноническое и микроканоническое распределение Гиббса, квантовые статистики,

- элементы тензорного анализа : полилинейные формы и тензоры, собственные векторы и собственные значения линейного преобразования, тензоры напряжений и деформации.

В свою очередь, освоение данной дисциплины необходимо для выполнения курсовых работ, а также выпускных квалификационных работ по специфическим свойствам и процессам в наносистемах.

При освоении дисциплины обучающийся сможет частично продемонстрировать следующие обобщенные трудовые функции (ОТФ):

- Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению браков в производстве изделий микроэлектроники (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код В, уровень квалификации 6).

- Разработка типовых технологических процессов и планировок рабочих мест и производственных участков на производстве изделий микроэлектроники (профессиональный стандарт 40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники», код С, уровень квалификации -6).

- Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», код С, уровень квалификации -6).

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов компетенции, указанной ниже :

Категория компетенции/ тип задач	Код и наименование компетенции	Индикаторы (показатели) достижения компетенций
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский	<b>ПК-1.</b> Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	<b>ПК-1.1.</b> Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков <b>ПК-1.2.</b> Владеет навыками компьютерного моделирования

Формирование профессиональной (рекомендованной) компетенции ПК-1 осуществляется в соответствии с профессиональными стандартами и ориентирована на выполнение обобщенных трудовых функций (ОТФ) и трудовых функций (ТФ), указанных ниже.

Профессиональная компетенция	Профессиональный стандарт	Обобщенная трудовая функция	Трудовая функция
<b>ПК-1.</b> Способен строить простейшие физические и		В.Разработка единичных технологических процессов и рекомендаций по устранению и предупреждению	В/01.6 . Анализ причин брака при изготовлении изделий микроэлектроники и разработка рекомендаций по их устранению и

математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»	брака в производстве изделий микроэлектроники	предупреждению В/01.6 .Разработка единичных технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники
		С.Разработка типовых технологических процессов и планировок рабочих мест и производственных участков на производстве изделий микроэлектроники	С/01.6 . Разработка и адаптация типовых технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники
			С/02.6 . Разработка планировок рабочих мест и участков на производстве изделий микроэлектроники
	40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»	С. Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	С/01.6. Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур. С/02.6 . Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

**В результате освоения дисциплины студент должен**

**знать:** - основные понятия термодинамики поверхностных явлений (натяжение плоского и искривленного слоя, разделяющие поверхности, толщина поверхностного слоя и др.);

- методы построения термодинамики поверхностных явлений;
- фундаментальные уравнения термодинамики поверхностных явлений;

**уметь :** - анализировать фундаментальные уравнения по зависимости межфазного натяжения от основных параметров состояния двухфазной многокомпонентной системы (температура, давление, состав);

- получать уравнения изотерм поверхностного натяжения в бинарных системах, наиболее часто используемых на практике (уравнения Батлера-Жуховицкого, Хора-Мелфорда и др.), из основных соотношений термодинамики поверхностных явлений;

- рассчитывать одни характеристики поверхностного слоя по другим известным (в частности, легко измеряемым на опыте) характеристикам;

**владеть** : - методами прогнозирования (предсказания) характера распределения малой добавки между сосуществующими и объемными фазами и межфазным слоем между ними;

- методикой использования качественных критериев предельной межфазной активности для выявления тенденции влияния малой добавки на адгезию, смачивание и растекание.

#### 4.Содержание и структура дисциплины

##### 4.1 Содержание разделов дисциплины

Таблица 1

№	Наименование раздела	темы	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма контроля
1	Применение термодинамики к поверхностным слоям и гетерогенным системам	1.Натяжение и толщина плоского поверхностного слоя. 2.Формула Баккера Натяжение искривленного слоя.	ПК-1	Коллоквиум №1, компьютерное тестирование (I)
		3.Поверхность натяжения. 4.Формула Кондо		
2	Термодинамический метод слоя конечной толщины (метод Вандер-Ваальса-Гуггенгейма-Русанова)	5.Фундаментальные уравнения для поверхностного слоя или двухфазной системы с плоским поверхностным слоем в дифференциальной форме в рамках метода слоя конечной толщины.	ПК-1	
		6.Термодинамические потенциалы плоского поверхностного слоя или двухфазной системы в целом с плоским поверхностным слоем в интегральной форме в рамках метода слоя конечной толщины.		
		7.Удельные термодинамические потенциалы плоского поверхностного слоя в рамках метода слоя конечной толщины.		
3	Термодинамический метод разделяющей поверхности (метод Гиббса)	8.Фундаментальные уравнения для поверхностного слоя или двухфазной системы с плоским поверхностным слоем в дифференциальной форме в рамках метода Гиббса.	ПК-1	
		9.Термодинамические потенциалы плоского поверхностного слоя или двухфазной системы в целом с плоским поверхностным слоем в интегральной форме в рамках метода Гиббса.		
		10.Удельные термодинамические потенциалы плоского поверхностного слоя в рамках метода Гиббса.		



		11.Адсорбция. 12.Адсорбционное уравнение Гиббса для плоского поверхностного слоя.		
4	Двухфазное равновесие при наличии плоской поверхности раздела. Фундаментальные дифференциальные уравнения для плоских поверхностных слоев или двухфазных систем в целом при наличии плоской поверхности раздела.	13.Условия равновесия гетерогенных систем и внутреннего равновесия фаз. 14.Фундаментальные уравнения термодинамики поверхностных явлений в многокомпонентных системах (плоские поверхности)	ПК-1	Коллоквиум №2, компьютерное тестирование (II)
5	Применение фундаментальных дифференциальных уравнений термодинамики поверхности для описания свойств границы-пар в бинарных системах.	15.Вывод уравнения изотермы поверхностного натяжения Батлера-Жуховицкого для бинарной системы из фундаментальных уравнений термодинамики поверхности дифференциальной форме. 16.Вывод уравнения изотермы состава поверхностного слоя для бинарной системы из обобщенных дифференциальных уравнений термодинамики поверхностных явлений. 17.Влияние примеси на поверхностное натяжение. Критерий поверхностной активности.	ПК-1	
6	Применение обобщенных дифференциальных уравнений термодинамики поверхности для описания свойств плоских границ раздела двух конденсированных фаз в бинарных системах.	18.Составы двух сосуществующих объемных фаз в изотермических условиях в бинарных системах. 19.Уравнение изотермы состава межфазного слоя на плоской границе раздела двух конденсированных фаз в бинарной системе. 20.Уравнение изотермы межфазного натяжения на плоской границе раздела двух конденсированных фаз в бинарной системе. 21.Адгезия 22.Смачивание 23.Растекание.	ПК-1	
7	Новые критерии межфазной активности.	24.Влияние малой примеси на межфазное натяжение плоской границы раздела двух конденсированных фаз. 25.Распределение малой добавки в гетерогенной системе с плоской межфазной границей. 26.Критерии межфазной сегрегации 27.Влияние малой добавки на работу	ПК-1	

		адгезии, краевого угла смачивания и коэффициент растекания по Гаркинсу		
8	Поверхностные явления в однокомпонентных наносистемах. Размерная зависимость поверхностного натяжения в системах с положительной и отрицательной кривизной в изотермических и изобарических условиях	28.Зависимость поверхностного натяжения наночастиц от размера в изотермических условиях. 29.Размерная зависимость поверхностного натяжения наночастиц при условиях постоянства давления в матрице. 30.Размерная зависимость поверхностного натяжения нанопор.	ПК-1	Коллоквиум №3, компьютерное тестирование (III)
9	Размерная зависимость температуры плавления наночастиц	31.Дифференциальное уравнение описывающее зависимость температуры плавления от размера наночастиц 32.Формула Томсона 33.Выход за пределы приближения Томсона при нахождении зависимости температуры плавления наночастиц от размера.	ПК-1	
10	Влияние наноразмерных эффектов на объемные и поверхностные свойства бинарных систем.	34.Уравнение изотермы межфазного натяжения на границе наночастицы и матрицы. 35.Влияние наноразмерных эффектов на состав и температуру равновесия в бинарной системе. 36.Размерная зависимость состава межфазного слоя и межфазного натяжения на границе наночастицы и матрицы в бинарной системе.	ПК-1	

## 4.2. Структура дисциплины

### 4.2.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 ч.)

Таблица 2

Вид работы	Трудоемкость, часов	
	6 семестр	всего
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Контактная работа (в часах)	68	68
Лекционные занятия (Л)	34	34
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Семинарские занятия (СЗ)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа (в часах)	49	49
Расчетно-графическое задание (РГЗ)	-	-
Реферат (Р)	-	-
Эссе (Э)	-	-
Контрольная работа (К)	-	-
Самостоятельное изучение разделов/тем		

Курсовая работа (КР)	-	-
Курсовой проект (КП)	-	-
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	27	27
Вид про промежуточной аттестации	Экзамен	Экзамен

#### 4.2.2 Лекционные занятия

Таблица 3

№	Тема
1	Применение термодинамики к поверхностным слоям и гетерогенным системам
2	Термодинамический метод слоя конечной толщины (метод Ван-дер-Ваальса-Гуггенгейма-Русанова)
3	Термодинамический метод разделяющей поверхности (метод Гиббса)
4	Двухфазное равновесие при наличии плоской поверхности раздела. Фундаментальные дифференциальные уравнения для плоских поверхностных слоев или двухфазных систем в целом при наличии плоской поверхности раздела.
5	Применение фундаментальных дифференциальных уравнений термодинамики поверхности для описания свойств границы-пар в бинарных системах.
6	Применение обобщенных дифференциальных уравнений термодинамики поверхности для описания свойств плоских границ раздела двух конденсированных фаз в бинарных системах.
7	Новые критерии межфазной активности.
8	Поверхностные явления в однокомпонентных наносистемах. Размерная зависимость поверхностного натяжения в системах с положительной и отрицательной кривизной в изотермических и изобарических условиях
9	Размерная зависимость температуры плавления наночастиц
10	Влияние наноразмерных эффектов на объемные и поверхностные свойства бинарных систем.

#### 4.2.3. Практические занятия (семинары)

Таблица 4

№№	Тема
1	Применение термодинамики к поверхностным слоям и гетерогенным системам
2	Термодинамический метод слоя конечной толщины (метод Ван-дер-Ваальса-Гуггенгейма-Русанова)
3	Термодинамический метод разделяющей поверхности (метод Гиббса)
4	Двухфазное равновесие при наличии плоской поверхности раздела. Фундаментальные дифференциальные уравнения для плоских поверхностных слоев или двухфазных систем в целом при наличии плоской поверхности раздела.
5	Применение фундаментальных дифференциальных уравнений термодинамики поверхности для описания свойств границы-пар в бинарных системах.
6	Применение обобщенных дифференциальных уравнений термодинамики поверхности для описания свойств плоских границ раздела двух конденсированных фаз в бинарных системах.
7	Новые критерии межфазной активности.

8	Зависимость поверхностного натяжения однокомпонентных наночастиц от размера
9	Уравнения изотерм поверхностного натяжения на границах жидкость-пар, твердое тело-пар и твердое тело-жидкость в двухкомпонентных наносистемах.
10	Размернозависимые диаграммы состояния в двухкомпонентных наносистемах

#### 4.2.4. Лабораторные работы - (не предусмотрены по учебному плану)

#### 4.2.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины.

Таблица 5

№№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	Первое и второе начала термодинамики. Фаза. Гетерогенные системы.
4	Уравнение Гиббса-Дюгема. Активности и коэффициенты термодинамической активности компонентов.
5	Типы фазовых диаграмм состояния в бинарных системах.. Методы их построения (эксперимент, теория).
7	Критерии поверхностной активности компонентов
8	Межфазная сегрегация и адгезия в макросистемах

### 5. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

#### 5.1. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения программного материала и промежуточная аттестация студентов, изучающих курс «Термодинамика межфазных границ в макро- и наносистемах» осуществляется в рамках балльно-рейтинговой системы обучающихся, разработанной и внедренной в практику деятельности КБГУ. Положение о балльно-рейтинговой системе аттестации обучающихся в КБГУ размещено на сайте [kbsu@mail.ru](mailto:kbsu@mail.ru) Локальные нормативные акты КБГУ. Тестовые задания по дисциплине «Термодинамика межфазных границ в макро- и наносистемах» находятся на сайте [open.kbsu.ru](http://open.kbsu.ru) по адресу <http://open.kbsu.ru/moodle/course/view.php?id=4295> /

Основными целями балльно-рейтинговой системы аттестации являются:

- стимулирование систематической контактной и самостоятельной работы студентов;
- снижение роли субъективных факторов в процессе проведения аттестационных мероприятий;
- повышение состязательности в образовательном процессе;
- определение рейтинга студента в соответствии с его достижениями;
- обеспечение систематического контроля качества обучения в соответствии с требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования.

Балльно-рейтинговая система аттестации студентов предусматривает проведение контрольных мероприятий по логически завершенным блокам, циклам, разделам, а также промежуточная аттестация в форме экзамена и/или зачета (дифференцированного зачета).

По дисциплине «Термодинамика межфазных границ в макро- и наносистемах» проводятся балльно-рейтинговые контрольные мероприятия, включающие проведение коллоквиума в устной форме и компьютерные тестирование студентов. В рамках балльно-рейтинговых системах аттестации студентов предусмотрены меры, стимулирующие посещения занятий студентами. Оценка успешности освоения программного материала студентами проводится по многобалльной шкале (100 б.)

Для определения качества освоения обучающимися учебного материала по дисциплине используются следующие оценочные средства, приведенные ниже.

№	Оценоч-	Краткая характеристика оценочного	Представление оценочного
---	---------	-----------------------------------	--------------------------

п/п	ные средства	средства	средства в фонде
1	Коллоквиум	Средства контроля усвоения учебного материала темы (дидактической единицы), организованное как учебное занятие в виде собеседование преподавателя с обучающимися	Вопросы по темам
2	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Фонд тестовых заданий размещены на образовательном портале КБГУ <a href="http://open.kb-su.ru/moodele/course/view.php?id=4295/">http://open.kb-su.ru/moodele/course/view.php?id=4295/</a>
3	Мотивация (личностное отношение)	Целевая подборка данных, характеризующих учебную активность и мотивацию обучающихся	Групповой журнал посещаемости занятий; журнал преподавателя; рефераты, эссе и другие материалы

### 5.1.1.Коллоквиумы

В течение семестра проводятся три коллоквиума. Вопросы, выносимые на коллоквиумы приведены ниже.

Таблица 6

№ коллоквиума	№ темы	тема	Компетенции (шифр)	Этапы формирования компетенции; показатели и критерии оценивания результатов обучения
1	1	Натяжение и толщина плоского поверхностного слоя.	ПК-1	<b>Первый этап</b>  <b>Знать:</b> термины, понятия, методы и принципы термодинамики поверхностных явлений  <b>Уметь:</b> оперировать терминами, понятиями, методами и принципами термодинамики межфазного слоя; решать учебные задачи по образцу.  <b>Владеть:</b> терминами, по-
	2	Формула Баккера Натяжение искривленного слоя.		
	3	Поверхность натяжения.		
	4	Формула Кондо		
	5	Фундаментальные уравнения для поверхностного слоя или двухфазной системы с плоским поверхностным слоем в дифференциальной форме в рамках метода слоя конечной толщины.		
	6	Термодинамические потенциалы плоского поверхностного слоя или двухфазной системы в целом с плоским поверхностным слоем в интегральной форме в рамках метода слоя конечной толщины.		
	7	Удельные термодинамические потенциалы плоского поверхностного слоя в рамках метода слоя конечной толщины.		

	8	Фундаментальные уравнения для поверхностного слоя или двухфазной системы с плоским поверхностным слоем в дифференциальной форме в рамках метода Гиббса.		нятиями и методами и принципами термодинамики межфазных границ
	9	Термодинамические потенциалы плоского поверхностного слоя или двухфазной системы в целом с плоским поверхностным слоем в интегральной форме в рамках метода Гиббса.		
	10	Удельные термодинамические потенциалы плоского поверхностного слоя в рамках метода Гиббса.		
	11	Адсорбция.		
	12	Адсорбционное уравнение Гиббса для плоского поверхностного слоя.		
2	13	Условия равновесия гетерогенных систем и внутреннего равновесия фаз.	ПК-1	<b>Второй этап</b>  <b>Знать:</b> фундаментальные уравнения термодинамики межфазного слоя, полученные методом Гиббса и методы слоя конечной толщины;  <b>Уметь:</b> получать и анализировать фундаментальные уравнения термодинамики межфазных явлений; решать учебные задачи по капиллярным явлениям, характерным в технологии производства изделий электроники и нанoeлектроники;  <b>Владеть:</b> методами получения и анализа фундаментальных уравнений термодинамики поверхностных явлений; методами построения и решения
	14	Фундаментальные уравнения термодинамики поверхностных явлений в многокомпонентных системах (плоские поверхности)		
	15	Вывод уравнения изотермы поверхностного натяжения Батлера-Жуховицкого для бинарной системы из фундаментальных уравнений термодинамики поверхности дифференциальной форме.		
	16	Вывод уравнения изотермы состава поверхностного слоя для бинарной системы из обобщенных дифференциальных уравнений термодинамики поверхностных явлений.		
	17	Влияние примеси на поверхностное натяжение. Критерий поверхностной активности.		
	18	Составы двух сосуществующих объемных фаз в изотермических условиях в бинарных системах.		
	19	Уравнение изотермы состава межфазного слоя на плоской границе раздела двух конденсированных фаз в бинарной системе.		
	20	Уравнение изотермы межфазного натяжения на плоской границе раздела двух конденсированных фаз в бинарной системе.		
	21	Адгезия		

	22	Смачивание		модельных задач по поверхностным явлениям, возникающих в технологии производства материалов и изделий электронной техники; стандартными программными средствами компьютерного моделирования капиллярных эффектов.
	23	Растекание.		
	24	Влияние малой примеси на межфазное натяжение плоской границы раздела двух конденсированных фаз.		
	25	Распределение малой добавки в гетерогенной системе с плоской межфазной границей.		
	26	26.Критерии межфазной сегрегации		
	27	27.Влияние малой добавки на работу адгезии, краевой угол смачивания и коэффициент растекания по Гаркинсу		
	28	28.Зависимость поверхностного натяжения наночастиц от размера в изотермических условиях.		
3	29	Размерная зависимость поверхностного натяжения наночастиц при условиях постоянства давления в матрице.	ПК-1	<b>Третий этап</b> <b>Знать:</b> методы выявления и рассмотрения естественнонаучной сущности проблем в области наноразмерных эффектов, возникающих при производстве и функционировании изделий электронной техники; <b>Уметь:</b> выявлять и анализировать роль наноразмерных эффектов в процессах адгезии, смачивания и растекания применительно к условиям создания и функционирования изделий электронной техники; <b>Владеть:</b> методами описания размерных эффектов в рамках термодинамики дисперсных систем, представляющих интерес при производстве и эксплуатации приборов и изделий электронной техники
	30.	Размерная зависимость поверхностного натяжения нанопор.		
	31.	Дифференциальное уравнение описывающее зависимость температуры плавления от размера наночастиц		
	32.	Формула Томсона		
	33.	Выход за пределы приближения Томсона при нахождении зависимости температуры плавления наночастиц от размера.		
	34.	Уравнение изотермы межфазного натяжения на границе наночастицы и матрицы.		
	35.	Влияние наноразмерных эффектов на состав и температуру равновесия в бинарной системе.		
	36.	Размерная зависимость состава межфазного слоя и межфазного натяжения на границе наночастицы и матрицы в бинарной системе.		

Методические рекомендации по подготовке к коллоквиумам

При подготовке к коллоквиумам по дисциплине необходимо использовать соответствующие разделы основной и дополнительной литературы, рекомендованной лектором на первом занятии по дисциплине. Значительную помощь в подготовке к коллоквиуму могут оказать записи (конспекты) лекций, которые проводились во время аудиторных занятий по дисциплине. В конце каждой темы по данной дисциплине студентам предлагаются контрольные вопросы, которые кратко рассматриваются после лекции и более детально разбираются на практических занятиях. При подготовке к очередному коллоквиуму целесообразно обращаться к этим контрольным вопросам. По данному курсу весьма полезными будут следующие методические рекомендации в трех частях, опубликованные лектором в соавторстве (Шебзухов А.А., Шебзухова М.А.):

1) Поверхностное натяжение наночастиц, Нальчик, 2017, 60 с.

2) Межфазное натяжение наночастиц сферической формы в собственном расплаве, Нальчик, 2017, 42 с.

3) Поверхностная энергия наночастиц и характеристики границ раздела в случае трехфазного равновесия с участием наночастиц, Нальчик, 2017, 55 с.

В этих рекомендациях, в конце каждой темы, приведены контрольные вопросы, которые соответствуют вопросам, выносимым на коллоквиумы.

При подготовке к коллоквиумам целесообразно обращаться к интернет ресурсам по данной дисциплине, которые рекомендованы преподавателем в начале изучения дисциплины.

При подготовке к коллоквиуму рекомендуется посещение консультаций, проводимых преподавателем, а также обращение к сайту преподавателя. Студенты через Интернет имеют доступ к учебно-методическим изданиям в ведущих вузах России.

#### **Критерии оценивания на коллоквиумах**

Во время устного опроса на каждом коллоквиуме студент может получить до 15 баллов. При этом оценивается :

- владение терминами, понятиями, принципами термодинамики дисперсных систем;
- ясность, четкость и доказательность изложения ответов на вопросы;
- системность знаний, умений и навыков по теме.

По итогам устного опроса на коллоквиуме студенту выставляется :

а) 14-15 баллов, если владеет в полном объеме программным материалом, вынесенным на коллоквиум, достаточно глубоко осмысливает тему (раздел), исчерпывающе отвечает на все вопросы, выделяет при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать программный материал, четко формирует ответы;

б) 12-13 баллов, если владеет учебным материалом, вынесенным на коллоквиум почти в полном объеме (имеются пробелы в знаниях только в некоторых, особенно сложных вопросах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы; не всегда выделяет наиболее существенное, не допускает серьезных ошибок в ответах.

в) 9 – 11 баллов, если владеет основным объемом знаний по темам коллоквиума, проявляет затруднения в самостоятельных ответах, допускает неточные формулировки, в процессе ответа допускает ошибки по существу вопроса.

г) 5-8 баллов, если не освоил обязательный минимум знаний предмета, не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах.

д) если ответы студента по учебным материалам коллоквиума оцениваются количеством баллов менее 4, то студенту выставляется 0 баллов.

#### **5.1.2 Тестовые задания по дисциплине**



В течение семестра трижды проводится компьютерное тестирование студентов (через каждого 1/3 семестра). На тестирование выносятся основные вопросы, рассмотренные за отчетный период. Тестовые задания в полном объеме по дисциплине размещены по адресу <http://open.kbsu.ru/moodele/course/view.php?id=4295/>

### **Образцы тестовых заданий по дисциплине**

#### **Задание 2.**

Выражение для механической работы деформации плоского слоя, неоднородного в направлении, перпендикулярном слою, имеет вид

1.  $\delta W = -P_N \delta v$
2.  $\delta W = -P_N \delta v + \sigma \delta \omega$
3.  $\delta W = -P_N \delta \omega + \sigma \delta v$
4.  $\delta W = -v \delta P_N + \omega \delta \sigma$

#### **Задание 4.**

Эффективная толщина поверхностного слоя

1. одна и та же для физической системы не зависимо от того, какое свойств этой системы рассматривается.

2. определяется по конкретному свойству и является, вообще говоря, различной для разных свойств системы

3. определяется только внешними параметрами

4. является параметром состояния

#### **Задание 6**

Для плоской границы справедливо выражение

1.  $P^{(\alpha)} - P^{(\beta)} = \frac{2\sigma}{r}$
2.  $P^{(\alpha)} = P^{(\beta)}$
3.  $P^{(\alpha)} + P^{(\beta)} = \frac{2\sigma}{r}$
4.  $P^{(\alpha)} - P^{(\beta)} = -\frac{2\sigma}{r}$

#### **Задание 8.**

Выражение  $P^{(\alpha)} - P^{(\beta)} = \frac{2\sigma}{r}$  имеет место для

1. эквимолекулярной разделяющей поверхности
2. поверхности натяжения
3. разделяющей поверхности нулевой когезионной энергии
4. разделяющей поверхности с нулевой избыточной свободной энергии

#### **Задание 32**

В методе Гиббса справедливо следующее соотношение для избыточных величин

1.  $\bar{G} = T\bar{S} + \sigma\omega - \sum_i \mu_i \bar{N}_i$
2.  $\bar{G} = \sum_i \mu_i \bar{N}_i$
3.  $\bar{G} = \sigma\omega + \sum_i \mu_i \bar{N}_i$
4.  $\bar{G} = -\sigma\omega + \sum_i \mu_i \bar{N}_i$

#### **Задание 45**

В выражении, связывающем значения абсолютной адсорбции на двух разделяющих поверхностях, величина  $\Delta$  означает :

1. адсорбцию компонента на соответствующей разделяющей поверхности
2. расстояние между разделяющими поверхностями
3. химический потенциал
4. поверхностное натяжение

#### Задание 46

Абсолютная адсорбция  $i$ -го компонента при смещении разделяющей поверхности в пределах переходного слоя изменяется :

1. по логарифмическому закону
2. по линейному закону
3. пропорционально квадрату смещения
4. по экспоненциальному закону

#### Задание 85

Уравнение изотермы поверхностного натяжения Батлера-Жуховицкого для условия  $\mu_i \sim \ln x_i$

$$1. \sigma = \sigma_{0i} - \frac{RT}{\omega_{0i}} \ln \frac{x_i}{x_i^{(\sigma)}}$$

$$2. \sigma = \sigma_{0i} + \frac{RT}{\omega_{0i}} \ln \frac{x_i}{x_i^{(\sigma)}}$$

$$3. \sigma = \sigma_{0i} + \frac{RT}{\omega_{0i}} \ln \frac{a_i^{(\sigma)}}{a_i^{(\sigma)}}$$

$$4. \sigma = \sigma_{0i} - \frac{RT}{\omega_{0i}} \ln \frac{a_i}{a_i^{(\sigma)}}$$

#### Задание 105

Для поверхностно-активного вещества (первый компонент) справедливо выражение  $(x_1, x_1^{(\sigma)})$  - концентрация первого компонента в объеме и на поверхности)

1.  $x_1^{(\sigma)} < x_1$
2.  $x_1^{(\sigma)} \ll x_1$
3.  $x_1^{(\sigma)} = x_1$
4.  $x_1^{(\sigma)} > x_1$

#### Задание 142

Работа адгезии выражается в виде

$$1. W = \sigma^{(\alpha\beta)} - \sigma^{(\alpha)} - \sigma^{(\beta)}$$

$$2. W = \sigma^{(\alpha)} + \sigma^{(\beta)} + \sigma^{(\alpha\beta)}$$

$$3. W = \sigma^{(\alpha)} + \sigma^{(\beta)} - \sigma^{(\alpha\beta)}$$

$$4. W = \sigma^{(\alpha)} + \sigma^{(\beta)} - 2\sigma^{(\alpha\beta)}$$

#### Задание 150

Коэффициент растекания по Гаркинсу выражается в виде

$$1. K_p = \sigma_{TЖ} - \sigma_T - \sigma_{Ж}$$

$$2. K_p = \sigma_T + \sigma_{Ж} - \sigma_{TЖ}$$

$$3. K_p = \sigma_T + \sigma_{Ж} - 2\sigma_{TЖ}$$

$$4. K_p = \sigma_T - \sigma_{Ж} - \sigma_{TЖ}$$

#### Задание 212

Формула Оствальда-Фройндлиха для растворимости мелких частиц в матрице имеет вид

$$1. x_i^{(\beta)}(r) = x_{i\infty}^{(\beta)} \exp\left(-\frac{2\sigma V_{0i}^{(\alpha)}}{rRT}\right)$$

$$2. x_i^{(\beta)}(r) = x_{i\infty}^{(\beta)} \exp\left(\frac{2\sigma V_{0i}^{(\alpha)}}{rRT}\right)$$

$$3. x_i^{(\beta)}(r) = x_{i\infty}^{(\beta)} \exp\left(\frac{2\sigma V_{0i}^{(\alpha)}}{r^2 RT}\right)$$

$$4. x_i^{(\beta)}(r) = x_{ix}^{(\beta)} \exp\left(-\frac{2\sigma V_{0i}^{(\alpha)}}{r^2 RT}\right)$$

#### **Методические рекомендации по подготовке к тестированию**

Основные рекомендации, изложенные выше для подготовки к коллоквиумам, остаются в силе и для подготовки к тестированию (использование рекомендуемой литературы, конспектов лекции, методические указания, интернет-ресурсы, консультации у преподавателя и др.).

Студентам, изучающим данный курс, предоставляется возможность многократного решения тестовых заданий и получить оценку уровня своих знаний. В течение семестра студенты трижды тестируются по дисциплине (через каждые 1/3 семестра). Студенты имеют возможность, после процедуры регистрации, пройти онлайн - тестирование, в том числе в режиме самоконтроля.

#### **Критерии формирования оценок (баллов) по тестовым заданиям.**

По результатам каждого тестирования студент может получить до 5 баллов (всего 15 баллов в течение семестра).

При этом студенту выставляется:

- 5 баллов при правильном выполнении 91-100% от общего числа тестовых заданий,
- 4 балла при 81-90%
- 3 балла при 61-80%
- 2 балла при 36-60%

При количестве правильных решений меньше 36% от общего числа тестовых заданий студент не получает баллов.

#### **Критерии оценивания мотивации (личностного отношения)**

В течение семестра трижды (через каждые треть семестра) проводится оценивание мотивации (личностного отношения) обучающегося к освоению программного материала по дисциплине. При этом студент может получить соответственно 3,3 и 4 балла (всего 10 баллов за семестр). Баллы выставляются преподавателем с учетом учебной активности обучающегося, в том числе своевременного выполнения контрольных мероприятий, по итогам контактной работы с преподавателем, представление рефератов, эссе и других материалов преподавателю.

После каждого этапа (всего 3) балльно-рейтинговой аттестации преподаватель принимает решение о выставлении указанных баллов (3,3 и 4 по принципу зачтено - незачтено без перехода к меньшим цифрам).

### **5.2. Промежуточная аттестация**

#### **Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен по дисциплине (модуля) (контролируемые компетенции ОПК-1, ПК-1)**

1. Натяжение и толщина плоского поверхностного слоя. Формула Баккера
2. Натяжение искривленного слоя. Поверхность натяжения. Формула Кондо
3. Фундаментальные уравнения для поверхностного слоя или двухфазной системы с плоским поверхностным слоем в дифференциальной форме в рамках метода слоя конечной толщины.
4. Термодинамические потенциалы плоского поверхностного слоя или двухфазной системы в целом с плоским поверхностным слоем в интегральной форме в рамках метода слоя конечной толщины.
5. Удельные термодинамические потенциалы плоского поверхностного слоя в рамках метода слоя конечной толщины.
6. Фундаментальные уравнения для поверхностного слоя или двухфазной системы с плоским поверхностным слоем в дифференциальной форме в рамках метода Гиббса.

7. Термодинамические потенциалы плоского поверхностного слоя или двухфазной системы в целом с плоским поверхностным слоем в интегральной форме в рамках метода Гиббса.
8. Удельные термодинамические потенциалы плоского поверхностного слоя в рамках метода Гиббса.
9. Адсорбция. Адсорбционное уравнение Гиббса для плоского поверхностного слоя.
10. Условия равновесия гетерогенных систем и внутреннего равновесия фаз.
11. Фундаментальные уравнения термодинамики поверхностных явлений в многокомпонентных системах (плоские поверхности).
12. Вывод уравнения изотермы поверхностного натяжения Батлера-Жуховицкого для бинарной системы из фундаментальных уравнений термодинамики поверхности дифференциальной форме.
13. Вывод уравнения изотермы состава поверхностного слоя для бинарной системы из обобщенных дифференциальных уравнений термодинамики поверхностных явлений.
14. Влияние примеси на поверхностное натяжение. Критерий поверхностной активности.
15. Составы двух сосуществующих объемных фаз в изотермических условиях в бинарных системах.
16. Уравнение изотермы состава межфазного слоя на плоской границе раздела двух конденсированных фаз в бинарной системе.
17. Уравнение изотермы межфазного натяжения на плоской границе раздела двух конденсированных фаз в бинарной системе.
18. Адгезия, смачивание и растекание.
19. Влияние малой примеси на межфазное натяжение плоской границы раздела двух конденсированных фаз.
20. Распределение малой добавки в гетерогенной системе с плоской межфазной границей. Критерии межфазной сегрегации
21. Влияние малой добавки на работу адгезии, краевого угол смачивания и коэффициент растекания по Гаркинсу
22. Зависимость поверхностного натяжения наночастиц от размера.
23. Размерная зависимость поверхностного натяжения наночастиц при условиях постоянства давления в матрице.
24. Размерная зависимость поверхностного натяжения нанопор.
25. Дифференциальное уравнение описывающее зависимость температуры плавления от размера наночастиц
26. Формула Томсона
27. Выход за пределы приближения Томсона при нахождении зависимости температуры плавления наночастиц от размера.
28. Уравнение изотермы межфазного натяжения на границе наночастицы и матрицы.
29. Влияние наноразмерных эффектов на состав и температуру равновесия в бинарной системе.
30. Размерная зависимость состава межфазного слоя и межфазного натяжения на границе наночастицы и матрицы в бинарной системе.

**Методические рекомендации по подготовке к процедуре осуществления промежуточной аттестации.**

В КБГУ действует балльно-рейтинговая система аттестации студентов. Оценка успешности освоения программ по дисциплинам осуществляется в ходе текущего (в том числе рубежного контроля), а также промежуточной (сессионной) аттестации. В ходе текущей аттестации (выполнение индивидуальных контрольных заданий, тестирование, коллоквиумы и др.) проводится контроль усвоения программного материала по темам, разделам и совокупности вопросов по дисциплине. Во время такой аттестации преподаватель оценивает в какой мере обучающийся изучил запланированную к проверке часть программы по

дисциплине и насколько детально знает постановку задачи (вопроса), намеченный план решения этой задачи, вывод основных соотношений (формул, уравнений) и может проводить их анализ.

На экзамене, предусмотренный рабочим учебным планом и проводимый в соответствии с календарным графиком во время сессии, проверяется сформированность знаний **ИНТЕГРАЛЬНОГО** характера по дисциплине в целом. Такой подход в проведении экзамена (промежуточной аттестации) требует соответствующей формулировки вопросов, выносимых на экзамен. На промежуточную аттестацию в форме экзамена в КБГУ отводится 30 баллов из 100 возможных баллов по дисциплине в семестре.

#### **Критерии оценивания на экзамене**

По итогам экзамена студенту, из максимального количества баллов, которое составляет 30, выставляется:

1) от 27 до 30 баллов, если владеет программным материалом по дисциплине в полном объеме; достаточно глубоко осмысливает дисциплину, исчерпывающе отвечает на все вопросы; умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, устанавливать причинно-следственные связи; четко формирует ответы;

2) от 24 до 26 баллов, если владеет программным материалом почти в полном объеме (имеются пробелы только в некоторых особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы; не всегда выделяет наиболее существенные, не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах;

3) от 15 до 23 баллов, если владеет основным объемом программного материала по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускает ошибки по существу вопросов.

В случаях, когда обучающийся не освоил обязательный минимум программного материала по дисциплине, не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах, выставляется 0 баллов.

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

Основные процедуры по оценке знаний, умений и навыков по дисциплине «Термодинамика межфазных границ в макро- и наносистемах», осуществляются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе (БРС) аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета и программ магистратуры Кабардино-Балкарского государственного университета им.Х.М.-Бербекова ([kbsu@mail.ru](mailto:kbsu@mail.ru)) Локальные нормативные акты КБГУ).

В Положении о БРС определены :

- виды и формы аттестации,
- порядок допуска и прохождения промежуточной аттестации,
- отработка текущей, рубежной, промежуточной аттестации и отчисление из образовательной организации,
- порядок организации, проведения и представления результатов балльно-рейтинговых мероприятий,
- организация контроля проведения балльно-рейтинговых контрольных мероприятий,
- особенности организации и проведения балльно-рейтинговых контрольных мероприятий для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья,
- оформление, учет и хранения нормативной документации.

В приложениях Положения приведены образцы ведомости учета результатов текущего и рубежного контроля успеваемости, а также зачетной и экзаменационной ведомости.

**Таблица 7**

Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала
<b>ПК-1</b> Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	<b>Знать:</b> Фундаментальные уравнения термодинамики поверхностных явлений в макро- и наносистемах для описания (моделирования) межфазных процессов, возникающих при производстве и эксплуатации изделий электроники и наноэлектроники. <b>Уметь:</b> Использовать фундаментальные уравнения термодинамики поверхностных явлений для моделирования межфазных процессов, возникающих при производстве и эксплуатации изделий электроники и наноэлектроники <b>Владеть:</b> Достижениями термодинамики поверхностных явлений в макро- и наносистемах для моделирования (в том числе компьютерного) межфазных процессов при производстве и эксплуатации изделий электроники и наноэлектроники	Оценочные материалы для проведения коллоквиума (раздел 5.1.1, тестовые задания раздел 5.1.2). Оценочные материалы для промежуточной аттестации (раздел 5.2)

Основными этапами формирования компетенций при изучении студентами дисциплины является последовательное формирование результатов обучения по дисциплине. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися. В Приложении 2 приведены критерии оценки качества освоения дисциплины и описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Русанов А.И. Фазовые равновесия и поверхностные явления, Л., Химия, 1967, 388 с.
2. Русанов А.И. Лекции по термодинамике поверхностей, Санкт-Петербург-Москва-Краснодар, 2013, 240 с.
3. Шебзухов А.А., Шебзухова М.А.
  - 1) Поверхностное натяжение наночастиц, Нальчик, 2017, 60 с.
  - 2) Межфазное натяжение наночастиц сферической формы в собственном расплаве, Нальчик, 2017, 42 с.
  - 3) Поверхностная энергия наночастиц и характеристики границ раздела в случае трехфазного равновесия с участием наночастиц, Нальчик, 2017, 55 с.
  - 4) Фазовые равновесия в однокомпонентных системах [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.В. Булидорова [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 93 с. — 978-5-7882-1550-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63525.html>

4.ЭБС КБГУ – [http://lib.kbsu.ru/Elektronic Resources/Elektronic Library.aspx/](http://lib.kbsu.ru/Elektronic%20Resources/Elektronic%20Library.aspx/) .

## 7.2 Дополнительная литература

1. Реза Вакили-Неджад. Нанотермодинамика. В книге «Нанонаука и нанотехнологии. Энциклопедия систем жизнеобеспечения», из-во Юнеско, EOLS, Магистр-прес. Москва, 2010, с 78-105.

2. Русанов А.И. Термодинамические основы механохимии СПб, Наука, 2006, 221 с.

3. Морачевский А.Г. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы. Санкт-Петербург-Москва-Краснодар, 2015, 160 с.

4. Львов П.Е., Светухин В.В. Физика твердого тела, 2014, т.56, вып.9 с.1825-1833.

5. Шебзухова М.А., Шебзухов А.А. Физика твердого тела, 2017, т.59, вып.7, с.1368-1378.

6. Шебзухова М.А., Шебзухов А.А. Физика твердого тела, 2018, т.60, вып.1, с.180-186.

7. Шебзухова М.А., Шебзухов А.А. Физика твердого тела, 2018, т.60, вып.2, с.390 - 395.

8. <http://www.consultant.ru/>

9. <http://www.garant.ru>

## 7.3 Периодические издания

1. Журнал «Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования» (Россия)

2. Международный журнал «*Surface Science*» (Голландия).

3. Коллоидный журнал (Россия).

4. Физика твердого тела (Россия)

## 7.4 Интернет-ресурсы

1. <http://www.uksaf.org/>

2. <http://www.omicron.de/en/home>

3. <http://www.rusnanonet.ru/equipment/>

4. [http://www.nanoobr.ru/training/courses/detail.php& ELEMENT\\_ID=769](http://www.nanoobr.ru/training/courses/detail.php&ELEMENT_ID=769)

5. ЭБС IPR books ([www/iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)), лицензионный договор №2749/17 от 20.03.2018 г.

6. ЭБС «Консультант студента» (Договор №122 СЛ/09-18 от 17.09.2018 г.)

7. Современные профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование электронного ресурса	Краткая характеристика	Адрес сайта	Условия доступа
1.	ЭБД РГБ	Электронные версии 885898 полных текстов диссертаций и авторефератов из фонда Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.dis-s.rsl.ru">http://www.dis-s.rsl.ru</a>	Авторизованный доступ из библиотеки (к. 112-113)
2.	«Web of Science» (WOS)	Авторитетная политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных, в которой индексируются около 12,5 тыс. журналов	<a href="http://www.isiknowledge.com/">http://www.isiknowledge.com/</a>	Доступ по IP-адресам КБГУ
3.	Sciverse Scopus издательства «Эльзевир. На-	Реферативная и аналитическая база данных, содержащая 21.000 рецензируемых журналов; 100.000 книг; 370 книжный	<a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>	Доступ по IP-адресам КБГУ

	ука и техно- логии»	серий (продолжающихся изданий); 6,8 млн. докладов из трудов конференций		
4.	<b>Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)</b>	Электронная библиотека научных публикаций - полнотекстовые версии около 4000 иностранных и 3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тысяч журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций. 2800 российских журналов на безвозмездной основе	<a href="http://elibrary.ru">http:// elibrary.ru</a>	Полный доступ
5.	<b>База данных Science Index (РИНЦ)</b>	Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций российских авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских журналов.	<a href="http://elibrary.ru">http:// elibrary.ru</a>	Авторизованный доступ. Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях ученых КБГУ, имеющих в РИНЦ
6.	<b>Национальная электронная библиотека РГБ</b>	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний	<a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>	Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ

## 7.5.Методические указания по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студента.

### 7.5.1.Методические рекомендации к чтению лекций и организации самостоятельной работы студентов.

Методические рекомендации общего характера по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студентов достаточно хорошо разработаны многими отечественными и зарубежными авторами, в том числе с учетом компетентностного подхода при организации образовательного процесса, основанного на деятельности модели подготовки выпускника вуза. Характерной особенностью реализации деятельностной парадигмы образования является уменьшение трудоемкости аудиторной работы и соответствующее повышение трудоемкости самостоятельной работы. Рабочий учебный план для бакалавров по направлению подготовки «Электроника и нанoeлектроника» в КБГУ, предусматривает объем контактной работы ~47% от общей трудоемкости дисциплинарной подготовки. По дисциплине «Термодинамика межфазных границ в макро- и наносистемах», которая включена в указанной выше учебный план, выдерживается этот показатель. В таких условиях имеет место повышение роли, значимости и объемов самостоятельной работы студентов, при изучении данной дисциплины. В то же время учебная (контактная) работа, по-



прежнему, должна, безусловно, выполнять системообразующую роль, обеспечивая регулярность и целевую направленность образовательной деятельности по данной дисциплине.

Основными формами организации учебных (аудиторных) занятий по дисциплине «Термодинамика межфазных границ в макро- и наносистемах» являются лекции и практические занятия.

При подготовке лекционных занятий преподаватель должен определить цели и задачи лекции, разработать план проведения лекции, осуществить подбор литературы (ознакомление с периодическими изданиями по теме лекций), отбор необходимого и достаточного по содержанию учебного материала. Лектор определяет методы, приемы и средства поддержания интереса, внимания, стимулирования творческого мышления студентов.

Лекция должна включать в качестве этапов формулировку темы лекций, перечень вопросов, изложение вводной части, основной части, краткие выводы по каждому рассмотренному вопросу и рекомендации литературных источников по излагаемым вопросам. Если очередное занятие является продолжением предыдущей лекции, целесообразно кратко сформулировать полученные ранее результаты, необходимые для понимания и усвоения изучаемых вопросов. В заключительной части лекции желательно обобщить наиболее важные и существенные моменты лекции, сделать выводы, а также сформулировать задачи для самостоятельной работы студентов и указать рекомендуемую литературу. Целесообразно также оставить время для ответа на вопросы студентов и возможную дискуссию по изложенному материалу на лекции.

Содержание лекции по данной дисциплине должно соответствовать дидактическим принципам, которые обеспечивают соответствие излагаемого материала научно-методическим основам педагогической деятельности. Основными из них являются целостность, научность, доступность, систематичность и наглядность.

Эффективность лекции может быть повышена за счет рационального использования технических средств. Комплекты технических средств необходимо готовить к каждой лекции заблаговременно, не перегружая ими аудиторию.

Существует классификация лекций по типам и методам их проведения (вводная, установочная, программная, обзорная, итоговая и др.). При изложении программного материала по данной дисциплине на лекциях рекомендуется широкое использование средств информационно-коммуникационных технологии (ИКТ) и аудио-видеотехники. Подготовка видео – лекции состоит в перекодировании, переконструировании учебной информации по теме в визуальную форму для предъявления студентам через технические средства обучения или схемы, рисунки, чертежи.

Критерии оценки лекции проведены в **Приложении 3.**

#### **7.5.2. Методические рекомендации по проведению практических занятий.**

Практические занятия должны обеспечивать формирование, прежде всего, компонентов «уметь» заданных дисциплинарных компетенций. Практические занятия по дисциплине должны быть ориентированы, как правило, на решение типовых (базовых) задач, в будущей профессиональной деятельности с использованием методов, методик, формул, подходов, алгоритмов, моделей и прочих, изложенных на лекциях в материалах, вынесенных на самостоятельную работу.

Практические занятия по дисциплине целесообразно предусмотреть (при наличии возможности) во всех модулях и, как правило, следует непосредственно за изучением лекций теоретическим материалом. При этом они предшествуют выдаче студентам заданий на самостоятельную работу.

По дисциплине «Термодинамика межфазных границ в макро- и наносистемах» одной из главных целей практических занятий является углубление, закрепление и наиболее полное усвоение того материала, который был освещен на лекции или задан для самостоятельного изучения.

В ходе проведения практических занятий преподаватель помогает студентам овладеть научной терминологией, свободно оперировать ею, применять ее при анализе технологических процессов изготовления приборов и устройств в нанотехнологии.

Успех практических занятий по дисциплине зависит от качества подготовки к нему преподавателя и студентов. Подготовка к практическим занятиям предусматривает составление продуманных планов их проведения с указанием рекомендованной литературы и подбор наглядных пособий.

На практических занятиях преподаватель должен создавать непринужденную обстановку в аудитории и организовать оживленный обмен мнениями, полемику и дискуссию по основным вопросам практических занятий. Необходимо развивать и поощрять активность обучающихся, добиваться их внимательного и критического отношения к выступлению сокурсников.

Активная работа студентов на практических занятиях является одним из показателей хорошей организации таких занятий. При этом очень важно подлинно научное решение на практических занятиях задач, связанных с областью и видами профессиональной деятельности выпускников по направлению подготовки «Электроника и нанотехнологии»

#### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях, оснащенных оборудованием, обеспечивающим реализацию интерактивных образовательных технологий, а также сетевым оборудованием, позволяющим реализовать возможности образовательных технологий и технологии оперативного доступа к информационным ресурсам.

По дисциплине «Термодинамика межфазных границ в макро- и наносистемах» имеется курс видео – лекции, охватывающий все модули, включенные в программу дисциплины.

Перечень программных продуктов включает :

- Продукты MICROSOFT (Desktop Education ALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription) № V 2123829;
- Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition № лицензии 17E0-180427-050836-287-197;
- Academic MathCAD License
- Архиватор 7z (бесплатное ПО)
- Программа для работы с pdf публикациями Adobe Reader (бесплатное ПО)
- Пакет математического анализа SMath Studio (бесплатное ПО)
- Система построения графиков SciDAVis (бесплатное ПО)
- Среда разработки виртуальных приборов MyOpenLab (бесплатное ПО)

Система локальной сети КБГУ предоставляет возможность одновременной работы большого количества пользователей как в локальной сети вуза, так и через сеть «Интернет» с соблюдением требований информационной безопасности и ограничением доступа к информации. Электронная информационно – образовательная среда КБГУ позволяет осуществлять работу обучающихся из любой точки доступа, в том числе извне вуза.

#### **Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается: 1) альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих; 2) присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; 3) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху - дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-

двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекту питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

Лист изменений (дополнений)  
в рабочей программе дисциплины (модуля)  
«Термодинамика межфазных явлений в макро- и наносистемах»  
по направлению подготовки «Электроника наноэлектроника»  
(Современные информационные технологии в электронной технике)  
2021-2022 уч.г.

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень выносимых изменений (дополнений)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры электроники и цифровых информационных технологий, протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Люев В.К.

**Критерии оценки качества освоения дисциплины**  
**Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования**

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценки				
			компетенция не сформирована	пороговый	базовый	продвинутый
		шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	удовлетворительно / диф.зачет	хорошо/ диф.зачет	отлично/ диф.зачет
		шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
<b>ПК-1</b> Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники раз-	<b>Знать:</b> Фундаментальные уравнения термодинамических поверхностных явлений в макро- и наносистемах для описания (моделирования) межфазных процессов, возникающих при производстве и эксплуатации изделий электроники и нанoeлектроники. <b>Уметь:</b> Использовать фундаментальные уравнения тер-	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полностью знаний вследствие отказа обу-	Уровень знаний по доступным ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.  При решении	Минимально допустимый уровень знаний по дисциплине. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки по дисциплине. Допущено несколько негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки по дисциплине без ошибок.

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценки				
			компетенция не сформирована	пороговый	базовый	продвинутый
		шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	удовлетворительно / диф.зачет	хорошо/ диф.зачет	отлично/ диф.зачет
		шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
личного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	<p>модинамики поверхностных явлений для моделирования межфазных процессов, возникающих при производстве и эксплуатации изделий электроники и нанoeлектроники</p> <p><b>Владеть:</b> Достижениями термодинамики поверхностных явлений в макро- и наносистемах для моделирования (в том числе компьютерного) межфазных процессов при производстве и эксплуатации изделий электроники</p>	<p>чающего-ся</p> <p>Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа</p>	<p>стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.</p> <p>При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место</p>	<p>Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме</p> <p>Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами</p>	<p>Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.</p> <p>Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами</p>	<p>Продemonстрированы в полном объеме умения по учебной программе. Все задания выполнены в полном объеме.</p> <p>Продemonстрированы навыки решения нестандартных задач без ошибок и недочетов</p>

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценки				
			компетенция не сформирована	пороговый	базовый	продвинутый
		шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	удовлетворительно /диф.зачет	хорошо/ диф.зачет	отлично/ диф.зачет
		шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
	троники и наноэлектроники	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.	грубые ошибки	с использованием аппарата термодинамики дисперсных систем.	тами с использованием аппарата термодинамики дисперсных систем	тов.
	Характеристика сформиро-	Компе-	Компетенция в	Сформированность	Сформированность	Сформированность

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценки				
			компетенция не сформирована	пороговый	базовый	продвинутый
		шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	удовлетворительно / диф.зачет	хорошо/ диф.зачет	отлично/ диф.зачет
		шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
	ванности компетенций	тенция не сформирована, отсутствуют знания, умения, навыки, необходимые для решения практических (профессиональных) задач.	полной мере не сформирована, Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач	компетенций в целом соответствуют требованиям, но имеются недочеты. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом, достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по некоторым профессиональным задачам	компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач.



## **Критерии оценки лекции**

### **I. Критерии оценки содержания лекции**

Анализ качества лекции строится из оценки содержания, методики чтения, организации лекции, руководства работой студентов на лекции, результативности лекции.

1. Соответствие темы и содержания лекции тематическому плану и учебной программе курса.
2. Научность, соответствие современному уровню развития науки.
3. Точность используемой научной терминологии.
4. Информативность; раскрытие основных понятий темы; сочетание теоретического материала с конкретными примерами.
5. Реализация принципа органической связи теории с практикой; раскрытие практического значения излагаемых теоретических положений.
6. Реализация внутрипредметных и междисциплинарных связей.
7. Связь с профилем подготовки студентов, их будущей специальностью.
8. Соотношение содержания лекции с содержанием учебника (излагается материал, которого нет в учебнике; разъясняются особо сложные вопросы; дается задание самостоятельно прорабатывать часть материала по учебнику, пересказывается учебник и т.п.).

### **II. Критерии оценки методики чтения лекции**

1. Дидактическая обоснованность используемого вида лекции и соответствующих ему форм и методов изложения материала.
2. Структурированность содержания лекции: наличие плана, списка рекомендуемой литературы, вводной, основной и заключительной части лекции.
3. Акцентирование внимания аудитории на основных положениях и выводах лекции.
4. Рациональное сочетание методических приемов традиционной педагогики и новых методов обучения (проблемного, программного, контекстного, деятельностного и др.).
5. Логичность, доказательность и аргументированность изложения.
6. Ясность и доступность материала с учетом подготовленности обучающихся.
7. Соответствие темпов изложения возможностям его восприятия и ведения записей студентами.
8. Использование методов активизации мышления студентов.
9. Использование приемов закрепления информации (повторение, включение вопросов на проверку внимания, усвоения и т.п., подведение итогов в конце рассмотрения каждого вопроса, в конце всей лекции).
10. Использование записей на доске, наглядных пособий.
11. Использование раздаточного материала на лекции.
12. Использование ИКТ.

### **III. Критерии оценки организации лекции**

1. Соответствие лекции учебному расписанию.
2. Четкость начала лекции (задержка во времени, вход лектора в аудиторию, приветствие, удачность первых фраз и т.п.).
3. Посещаемость лекции студентами.
4. Дисциплина на лекции.
5. Рациональное распределение времени на лекции.
6. Соответствие аудитории, в которой проводится лекция, современным нормам и требованиям (достаточная вместимость, возможность использования ТСО, оформленные и т.п.).
7. Наличие необходимых средств наглядности и ТС.

### **IV. Критерии оценки руководства работой студентов на лекции**

1. Осуществление контроля за ведением студентами конспекта лекций.

2. Оказание студентам помощи в ведении записи лекции (акцентирование изложения материала лекции, выделение голосом, интонацией, темпом речи наиболее важной информации, использование пауз для записи таблиц, вычерчивания схем и т.п.).
3. Просмотр конспектов лекций студентов (до, во время, после лекции).
4. Использование приемов поддержания внимания и снятия усталости студентов на лекции (риторические вопросы, шутки, исторические экскурсы, рассказы из жизни замечательных людей, из опыта научно-исследовательской, творческой работы преподавателя и т.п.).
5. Разрешение задавать вопросы лектору (в ходе лекции или после нее).
6. Согласование сообщаемого на лекции материала с содержанием других видов аудиторной и самостоятельной работы студентов.

#### **V. Критерии оценки результативности лекции**

1. Степень реализации плана лекции (полная, частичная).
2. Степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытие темы лекции.
3. Информационно-познавательная ценность лекции.
4. Воспитательное воздействие лекции.