

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

Институт информатики, электроники и робототехники

Кафедра физических основ микро- и нанoeлектроники

СОГЛАСОВАНО
Руководитель образовательной
программы
_____ Шебзухов А.А.
« ____ » _____ 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИЭиР
_____ Черкесова Н.В.
« ____ » _____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.10 Термодинамика межфазных границ 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, 2020

Рабочая программа дисциплины «Термодинамика межфазных явлений в макро- и наносистемах» /сост. Шебзухов А.А.– Нальчик: ФГБОУ КБГУ, 2020.

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

Рабочая программа составлена в соответствии с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению «Электроника и нанотехнология», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «12» 03 2015 г. №218

Содержание

	стр
1 Цели и задачи освоения дисциплины	4
1.1. Цели освоения дисциплины	4
1.2. Задачи изучения дисциплины	6
2 Место дисциплины в структуре ООП ВО	6
3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины	7
4 Содержание и структура дисциплины	9
4.1 Содержание разделов дисциплины	9
4.2 Структура дисциплины	11
4.2.1 Общая трудоемкость дисциплины	11
4.2.2 Лекционные занятия	12
4.2.3 Практические занятия (семинары)	12
4.2.4 Лабораторные занятия	13
4.2.5 Самостоятельное изучение разделов дисциплины	13
5. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	13
5.1. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости	13
5.1.1 Коллоквиумы	14
5.1.2 Тестовые задания по дисциплине	16
5.1.3 Промежуточная аттестация	19
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности	22
7 Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	23
7.1 Основная литература	23
7.2 Дополнительная литература.	24
7.3 Периодические издания	24
7.4 Интернет-ресурсы	24
7.5 Методические указания по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студентов	25
7.5.1 Методические рекомендации к чтению лекции	25
7.5.2 Критерии оценки лекции	27
7.5.3 Методические рекомендации по проведению практических занятий	29
8 Материально-техническое обеспечение дисциплины	31
Лист изменений в рабочей программе дисциплины	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, создания 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 форму-

лировке 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 автора, 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 указанным возможных подходов их решения.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.

Дисциплина «Термодинамика межфазных явлений в макро- и наносистемах» включена в вариативную часть (вузовский компонент) Б1.В.10 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 изуче-

ния 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.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВО и ОПП ВО по данной специальности подготовки.

а)Выпускник должен обладать следующими общекультурными компетенциями (ОК)

- способностью к самоорганизацию и самообразованию (ОК-7);

б)Выпускник должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями (ОПК)

- способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математической аппарат (ОПК-2);

в) Выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК)

- способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программы средства их компьютерного моделирования (ПК-1);

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 и 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	Содержание раздела	Форма контроля
1	Применение термодинамики к поверхностным слоям и гетерогенным системам	1.Натяжение и толщина плоского поверхностного слоя. 2.Формула Баккера Натяжение искривленного слоя. 3.Поверхность натяжения. 4.Формула Кондо	Коллоквиум №1, компьютерное тестирование (I)
2	Термодинамический метод слоя конечной толщины (метод Ван-дер-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.	
		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.	
		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.	Коллоквиум №2, компьютерное тестирование (II)
		14. Фундаментальные уравнения термодинамики поверхностных явлений в многокомпонентных системах (плоские поверхности)	
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.	
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.	
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	
		28. Влияние малой добавки на работу адгезии, краевого угол смачивания и коэффициент растекания по Гаркинсу	
8	Поверхностные явления в однокомпонентных наносистемах. Размерная зависимость поверх-	27. Зависимость поверхностного натяжения наночастиц от размера в изотермических условиях.	Коллоквиум №3, компьютерное тестирование (III)
		28. Размерная зависимость поверхностного натяжения наночастиц при условиях посто-	

	ностного натяжения в системах с положительной и отрицательной кривизной в изотермических и изобарических условиях	яинства давления в матрице. 29.Размерная зависимость поверхностного натяжения нанопор.	
9	Размерная зависимость температуры плавления наночастиц	30.Дифференциальное уравнение описывающее зависимость температуры плавления от размера наночастиц 31.Формула Томсона 32.Выход за пределы приближения Томсона при нахождении зависимости температуры плавления наночастиц от размера.	
10	Влияние наноразмерных эффектов на объемные и поверхностные свойства бинарных систем.	33.Уравнение изотермы межфазного натяжения на границе наночастицы и матрицы. 34.Влияние наноразмерных эффектов на состав и температуру равновесия в бинарной системе. 35.Размерная зависимость состава межфазного слоя и межфазного натяжения на границе наночастицы и матрицы в бинарной системе.	

4.2. Структура дисциплины

4.2.1.Общий 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	49	49
Курсовая работа (КР)	-	-
Курсовой проект (КП)	-	-
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	28	28
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-пар и твердое-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
5	Типы фазовых диаграмм. Методы их расчета
7	Критерии поверхностной активности
8	Сегрегация и адгезия в макросистемах

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

5.1.Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости.

Текущий и промежуточный контроль успеваемости студентов, изучающих курс «Термодинамика межфазных явлений в макро- и наносистемах» осуществляется в рамках балльно-рейтинговой системе аттестации студентов, разработанный и внедренный в практику деятельности в КБГУ. В рамках этой системы в течение семестра по утвержденному графику проводится балльно-рейтинговые контрольные мероприятия, включающие проведение коллоквиума в устной форме и компьютерное тестирование студентов. В рамках балльно-рейтинговой системе аттестации студентов предусмотрены меры, стимулирующие посещение занятий студентами. Оценка успешности студентов проводится по многобалльной шкале (100 б.)

5.1.1.Коллоквиумы

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

Таблица 6

№	Тема	№ кол- локвиума
1	Натяжение и толщина плоского поверхностного слоя. Формула Баккера Натяжение искривленного слоя.	Коллоквиум №1
2	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)	Коллоквиум №2
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. 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.	
21	Критерии межфазной сегрегации	
22	Влияние малой добавки на работу адгезии, краевого угол смачивания и коэффициент растекания по Гаркинсу	
23	Зависимость поверхностного натяжения наночастиц от размера в изотермических условиях.	
24	Размерная зависимость поверхностного натяжения нанопор.	
25	Размерная зависимость поверхностного натяжения наночастиц при условиях постоянства давления в матрице.	Коллоквиум №3
26	Дифференциальное уравнение, описывающее зависимость температуры плавления от размера наночастиц. 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	
31	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 ведущих вузов России.

Критерии оценки на коллоквиумах.

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

- ясность, четкость и доказательность изложения ответов на вопросы;
- владение специальными терминами;
- системность знаний по тематике.

5.1.2. Тестовые задания по дисциплине

В течение семестра трижды проводится тестирование студентов (через каждого 1/3 семестра). Вопросы, выносимые на тестирование

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 Δ 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. $K_p = \sigma_{TK} - \sigma_T - \sigma_K$
2. $K_p = \sigma_T + \sigma_K - \sigma_{TK}$
3. $K_p = \sigma_T + \sigma_K - 2\sigma_{TK}$
4. $K_p = \sigma_T - \sigma_K - \sigma_{TK}$

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 режиме самоконтроля. В течении 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 оценки по тестированию.

По результатам тестирования студенты могут получить по дисциплине до 15 баллов.

5.1.3.Промежуточная аттестация

Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен по темам дисциплины (модуля)

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 угла 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 и рубежного контроля, а также промежуточной (сессионной) аттестации. В ходе текущей аттестации (выполнение индивиду-

альных 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.

Шкала оценки успешности освоения программного материала по данной дисциплине приведена в таблице 7.

Шкала оценки успеваемости студентов.

Таблица 7.

Сумма баллов	Оценка
91-100	отлично
81-90	хорошо
61-80	удовлетворительно
36-60	неудовлетворительно
0-35	недопуск

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

Таблица 8

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала
Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7)	Планирует собственную работу в рамках самообразования, использует результаты самообразования для решения профессиональных задач. Понимает значение самообразования для профессиональной деятельности. Использует результаты самообразования в профессиональной деятельности. Умеет составлять и реализовывать план работы.	Коллоквиум, тестирование
Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2)	Имеет представление о роли и месте математики в современной цивилизации и мировой культуре. Знает и понимает физическую сущность явлений и процессов, происходящих в материалах при взаимодействии с электромагнитным полем и рабочей средой в различных условиях эксплуатации. Умеет логически мыслить, оперировать с абстрактными объектами и быть корректным в употреблении математических понятий и символов для выражения количественных и качественных отношений. Владеет терминологией, методами решения систем линейных и алгебраических уравнений, основами векторной алгебры и аналитической геометрии, методами дифференциального и интегрального исчисления, методами исследования функции и построения графиков, методами решения дифференциальных уравнений и систем.	Коллоквиум, тестирование
Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1)	Создает новые и эксплуатирует имеющие компьютерные модели, расчетные модули, алгоритмы и визуализаторы с интерфейсом, моделирующих поведение реальных систем и объектов наномира при задании различных входных параметров. Умеет эксплуатировать системы многомасштабного моделирования наноструктурированных материалов и устройств.	Коллоквиум, тестирование

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>

7.2 Дополнительная литература

1. Реза Вакили-Неджади. 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.Справочно-информационная система «Консультант Плюс» и «Гарант»

7.3 Периодические издания

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

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

3.Коллоидный журнал (Россия).

7.4 Интернет-ресурсы

[http: //www.uksaf.orq/](http://www.uksaf.orq/)

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

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

http://www.nanoobr.ru/training/courses/detail.php& ELEMENT_ID=769

ЭБС «Ай Пи Эрбукс» (лицензионный договор №2749/17 от 20.03.2018 г.).

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

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

7.5.1.Методические рекомендации к чтению лекций.

Методические рекомендации общего характера по проведению учебных занятий и организации самостоятельной работы студентов доста-

точно хорошо разработаны многими отечественными и зарубежными авторами, в том числе с учетом компетентностного подхода при организации образовательного процесса, основанного на деятельностей модели подготовки выпускника вуза. Характерной особенностью реализации деятельностной парадигмы образования является уменьшение трудоемкости аудиторной работы и соответствующие повышения 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 явлений 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 явлений 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 ли-

тературных 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. Целесообразной 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 технологий (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.

7.5.2. Критерии оценки лекции.

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

I. Критерии оценки содержания 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 обучаемых.
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.

7.5.3.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 лекциях теоретическим материалом. При этом они предшествуют выдаче студентам заданий на самостоятельную работу.

По дисциплине «Термодинамика межфазных явлений 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 нанотехнологиях.

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 прак

тических занятиях задач, связанных с областью и видам профессиональной деятельности выпускников по направлению подготовки «Электроника и нанoeлектроника»

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 явлений в макро- и наносистемах» имеется курс видео – лекции, охватывающий все модули, включенные в программу дисциплины.

Перечень программных продуктов используемых при самостоятельной работе студентов 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 построение 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.

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)
2020-2021 уч.г.

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень выносимых изменений (дополне- ний)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры Физических основ микро- и наноэлектроники протокол № ____ от « ____ » _____ 2020 г.

Зав.кафедрой ФОМ и НЭ, проф. _____ Шебзухов А.А.