

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.13 ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Направление подготовки (специальность) 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Профиль подготовки (специализация)

Форма обучения очная

Год набора 2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили
доцент, к.ф.-м.н. М.С.Павловский

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины:

Формирование базовых знаний в области фазовых переходов второго рода в конденсированных средах, обеспечение компетенций, связанных с использованием современных фундаментальных и прикладных достижений в областях применения материалов и изменения их свойств в различных термодинамических состояниях.

1.2 Задачи изучения дисциплины:

Задачи изучения дисциплины:

- изучить вопросы феноменологической теории фазовых переходов, включая и критические явления в области фазового перехода.

- обсудить модель Изинга, как одну из простейших моделей фазовых переходов.

- рассмотреть фазовые переходы в конкретных системах: критическая точка жидкость-пар, структурные переходы в кристаллах, переходы упорядочивания в сплавах, магнитные фазовые переходы.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы высшего образования:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства	
ПК-3.1 Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств	знать теорию фазовых переходов второго рода в конденсированных средах
ПК-3.2 Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства	знать фазовые переходы в конкретных системах: критическая точка жидкость-пар, структурные переходы в кристаллах, переходы упорядочивания в сплавах, магнитные фазовые переходы; уметь использовать современные фундаментальные и прикладные достижения в областях применения материалов и изменения их свойств в различных термодинамических состояниях

Дисциплина реализуется без применения ЭО и ДОТ

2 Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр	
		9	10
Общая трудоемкость дисциплины	6 (72)	2 (72)	4 (144)
Контактная работа с преподавателем:	2 (72)	1 (36)	1 (36)
занятия лекционного типа	2 (72)	1 (36)	1 (36)
Самостоятельная работа обучающихся	3 (108)	1 (36)	2 (72)
Вид промежуточной аттестации (Зачет)	36	Зачёт	Экзаме н

3 Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Вид работ	Темы занятия	Объем часов	Семестр /курс	Часы в эл. формате
Раздел 1. Феноменологическая теория фазовых превращений					
1.	Лек	Общие сведения о фазовых переходах в конденсированных средах.	2	9	
2.	Лек	Феноменологическая теория фазовых переходов второго рода.	2	9	
3.	Лек	Феноменологическая теория фазовых переходов первого рода близких к переходам второго рода.	2	9	
4.	Лек	Феноменологическая теория фазовых переходов второго рода в системах с многокомпонентным параметром порядка.	2	9	
5.	Лек	Изменения критических свойств системы, связанные с некритическими степенями свободы.	2	9	
6.	Лек	Несоизмеримые фазы.	2	9	
7.	Лек	Учет флуктуаций параметра порядка в термодинамической теории фазовых переходов второго рода.	2	9	
8.	Ср	Самостоятельная работа	18	9	
Раздел 2. Модель Изинга. Микроскопическое описание фазовых превращений в жидкости					
1.	Лек	Модель Изинга	4	9	
2.	Лек	Учет квантовых эффектов.	4	9	
3.	Лек	Точное решение одномерной модели Изинга.	4	9	
4.	Лек	Точное решение одномерной модели Изинга с внешним продольным полем.	4	9	
5.	Лек	Исследование модели Изинга в приближении двухчастичного кластера.	2	9	
6.	Лек	Микроскопическая модель решеточного газа. Фазовый переход жидкость-пар.	2	9	
7.	Лек	Критическая опалесценция.	2	9	
8.	Ср	Самостоятельная работа	18	9	
9.	Зачёт	Зачет		9	
Раздел 3. Структурные и магнитные фазовые переходы					
1.	Лек	Структурные фазовые переходы. Переходы типа смещения	4	10	
2.	Лек	Метод самосогласованных фононов для описания фазовых переходов типа смещения.	4	10	
3.	Лек	Микроскопический гамильтониан для структурных фазовых переходов типа порядок-беспорядок.	2	10	
4.	Лек	Квантовые эффекты туннелирования.	2	10	
5.	Лек	Учет сильных близкодействующих корреляций.	2	10	
6.	Лек	Модель сегнетоэлектрического фазового перехода в кри-сталле KN_2PO_4 .	2	10	
7.	Лек	Магнитные фазовые переходы	2	10	
8.	Лек	Переход из парамагнитного в ферри- и антиферромагнитные состояния.	2	10	
9.	Лек	Геликоидальные несоизмеримые магнитные структуры.	2	10	
10.	Ср	Самостоятельная работа	36	10	

Раздел 4. Фазовые переходы в металлических сплавах. Критические явления					
1.	Лек	Фазовые переходы типа упорядочения	2	10	
2.	Лек	Определение параметра порядка для упорядочивающихся сплавов.	2	10	
3.	Лек	Термодинамические свойства сплава Cu ₃ Au.	2	10	
4.	Лек	Критические явления.	2	10	
5.	Лек	Метод ренормализационной группы. Ренормализационная группа в обратном пространстве.	2	10	
6.	Лек	□-разложение	2	10	
7.	Лек	Вычисление критических показателей.	2	10	
8.	Ср	Самостоятельная работа	36	10	
9.	Экзамен	Экзамен	36	10	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П. Основы физики твердого тела: учебное пособие по физике твердого тела для вузов. - Москва: Физико-математическая литература, 2001. - 335 с..

2. Ведяев А. В., Котельникова О. А., Николаев М. Ю., Стефанович А. В. Фазовые переходы и электронная структура сплавов: монография. - Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1986. - 166 с..

3. Вшивков С. А., Зубарев А. Ю., Сафронов А. П. Самоорганизация, фазовые переходы и свойства анизотропных сред в магнитном и механическом полях: монография. - Екатеринбург: АМБ, 2011. - 383 с..

4. Вшивков С. А. Фазовые переходы полимерных систем во внешних полях: монография. - Екатеринбург: АМБ, 2011. - 312 с..

5. Александров К. С. Фазовые переходы. : Часть 1: учебное пособие. - Красноярск: Красноярский университет [КрасГУ], 1978. - 112 с..

6. Александров К. С. Модельные теории фазовых переходов: Часть 2: учебное пособие. - Красноярск: Красноярский университет [КрасГУ], 1979. - 112 с..

7. Стенли Г., Вонсовский С. В. Фазовые переходы и критические явления: перевод с английского. - Москва: Мир, 1973. - 420 с..

8. Гехт Р.С., Пономарев В.И., Епихин А.М. Фазовые переходы и критические явления во фрустрированных антиферромагнетиках: Учеб. пособие. - Красноярск, 1995. - 88 с..

9. Шнайдер Т., Зингер Дж. М., Абдулвагидов Ш. Б., Камилов И. К. Фазовые переходы и высокотемпературная сверхпроводимость: универсальные свойства купратных сверхпроводников. - Махачкала: Изд-во Ин-та физики Дагест. науч. центра РАН, 2007. - 498 с..

10. Епифанов Г. И. Физика твердого тела: учебное пособие для вузов. - Санкт-Петербург: Лань, 2011. - 288 с..

11. Прудников В.В., Вакилов А.Н., Прудников П.В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования [Электронный ресурс]: учеб. пособие. - Москва: Физматлит, 2009. - 223 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2288 .

12. Александров К. С., Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П., Сорокин П. Б., Бурков С. И., Глушков Д. А., Четвергов Н. А., Софронова С. Н., Токарев Н. А. Теоретическая физика твердого тела [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины. - Красноярск: СФУ, 2007. - on-line – Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/ELIB_DC/UMKD/i-656895.zip .

13. Флеров И.Н., Горев М.В. Теория теплофизических свойств веществ. Теплоемкость и фазовые переходы в твердых телах: метод. указания к решению задач для студентов спец. 070700. - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. - 43 с..

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Microsoft Windows Professional 10 Russian. Операционная система Windows.

2. Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian. Офисный пакет Microsoft Office.

3. Adobe Acrobat Reader DC . Программное обеспечение для просмотра и печати файлов PDF.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Поисковая машина электронных книг <http://www.poiskknig.ru>

2. Файловый архив для студентов <http://www.studfiles.ru>

3. Библиотечно-издательский комплекс <https://bik.sfu-kras.ru/elib/databases>

5 Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля), хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины (модуля).

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория для проведения лекционных, семинарских и практических занятий: Специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

помещение для самостоятельной работы обучающихся: специализированная мебель, демонстрационное оборудование, АРМ преподавателя, АРМ обучающихся, подключение к сети «Интернет» и индивидуальный неограниченный доступ в ЭИОС университета

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

По дисциплине (модулю)/ практике Б1.В.13 Фазовые переходы

Направление подготовки/специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Образовательная программа

03.05.02.30 Фундаментальная и прикладная физика

1. Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения, соотнесенных с результатами обучения по дисциплине (модулю), практики и оценочными средствами

Семестр ¹	Код и содержание индикатора компетенции	Результаты обучения ²	Оценочные средства ³
ПК-3: Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства			
9, 10	ПК-3.1: Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств	знать теорию фазовых переходов второго рода в конденсированных средах	Реферат (обзор научных статей) Контрольные вопросы к зачету и экзамену
9, 10	ПК-3.2: Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства	знать фазовые переходы в конкретных системах: критическая точка жидкость-пар, структурные переходы в кристаллах, переходы упорядочивания в сплавах, магнитные фазовые переходы	Реферат (обзор научных статей) Контрольные вопросы к зачету и экзамену
		уметь использовать современные фундаментальные и прикладные достижения в областях применения материалов и изменения их свойств в различных термодинамических состояниях	Реферат (обзор научных статей) Контрольные вопросы к зачету и экзамену

¹ Семестры указываются по порядку, для каждого индикатора

² Указываются результаты обучения по дисциплине (модулю), практике, соотнесенные с индикатором достижения компетенции.

³ Указываются оценочные средства для каждого индикатора.

2. Типовые оценочные средства или иные материалы, с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру проведения и оценивания достижения результатов обучения

Темы рефератов:

9 семестр

1. Структурные фазовые переходы реконструктивного типа (обзор научных статей)
2. Структурные фазовые переходы типа порядок-беспорядок (обзор научных статей)
3. Структурные фазовые переходы в металлах (обзор научных статей)
4. Структурные фазовые переходы типа смещения (обзор научных статей)
5. Динамика кристаллической решетки и фазовые переходы. Мягкая мода (обзор научных статей)
6. Сегнетоэлектрические фазовые переходы (обзор научных статей)
7. Несобственные сегнетоэлектрики (обзор научных статей)
8. Магнитные фазовые переходы (обзор научных статей)

10 семестр

1. Квазигармоническое приближение и его применение для описания фазовых переходов типа смещения.
2. Микроскопический вывод и анализ гамильтониана для фазовых переходов порядок-беспорядок в кристаллах с двухминимумным потенциалом.
3. Влияние квантового туннелирования на термодинамические свойства систем с фазовыми переходами типа «порядок-беспорядок».
4. Роль сильных корреляций в фазовых переходах типа «порядок-беспорядок»: обзор моделей и результатов.
5. Применение «правила льда» и кластерных приближений для описания остаточной энтропии и термодинамических свойств льда.
6. Приближение среднего поля для описания фазовых переходов в магнитных материалах: от ферромагнетизма к антиферромагнетизму.
7. Теоретические модели фазовых переходов в магнитных материалах: от модели Эллиота к модели ANNNI.
8. Фазовые переходы упорядочивающего типа в металлических сплавах: особенности фазовых диаграмм и физических свойств.
9. Приближение Брэгга-Уильямса для описания упорядочения в сплавах типа CuAu и Cu₃Au: сравнение результатов.

10. Метод ренормализационной группы и его применение для анализа критических явлений: от общих принципов к ϵ -разложению для гамильтониана Гинзбурга-Ландау.

Методические рекомендации по выполнению реферата:

Фазовые переходы – фундаментальная теоретическая дисциплина, по которой предусмотрены только лекционные занятия. Поэтому для текущего контроля по дисциплине используется реферат.

Написание реферата — это важный процесс, который помогает усвоить материал, развить аналитические и исследовательские навыки. Ниже приведены методические рекомендации, которые могут помочь в этом:

1. Выбор темы

- Актуальность: Выбирайте тему, которая интересует вас и имеет смысл в контексте учебного курса или современности.
- Специфика: Уточняйте и конкретизируйте тему, чтобы не охватывать слишком широкий пласт информации.

2. Сбор информации

- Источники: Используйте разнообразные источники: книги, научные статьи, интернет-ресурсы, учебники.
- Критический подход: Оценивайте достоверность и актуальность информации, обращая внимание на авторитетность источников.

3. Структура реферата

- Титульный лист: Указывайте название работы, ФИО, учебное заведение, дисциплину и дату.
- Содержание: Составьте оглавление, чтобы читатель мог легко ориентироваться в работе.
- Введение: Ознакомьте с темой, обоснуйте ее актуальность и поставьте цели и задачи.
- Основная часть: Разделите на логические главы и подразделы. Освещайте ключевые аспекты темы, приводите примеры и аргументы.
- Заключение: Подведите итоги работы, сделайте выводы и предложения по дальнейшему изучению темы.
- Список использованных источников: Перечислите все источники, на которые вы опирались при написании реферата, в соответствующем формате.

4. Стиль и язык

- Ясность и точность: Используйте простой и понятный язык, избегайте избыточной терминологии без объяснения.
- Логичность: Структурируйте мысли так, чтобы они следовали одна из другой, создавая логическую цепочку.

5. Оформление

- Реферат должен быть оформлен в соответствии с требованиями Стандарта университета «Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности» [Электронный ресурс] / Красноярск: СФУ, 2021, СТУ 7.5-07-2021, <http://www.sfu-kras.ru/node/8127>

6. Проверка и редактирование

- Корректурa: Проверьте работу на наличие грамматических, орфографических и стилистических ошибок.

- Чтение вслух: Прочитайте текст вслух — это поможет выявить неясности и трудные для восприятия места.

7. Временные рамки

- Планирование: Определите срок написания реферата и распределите задания по времени: поиск информации, написание черновика, исправление и оформление.

Без наличия реферата студенты к зачету и экзамену не допускаются.

Критерии оценки реферата:

«**Зачтено**» выставляется обучающемуся, если:

- 1) Содержание реферата в целом соответствует теме задания.
- 2) Продемонстрировано владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, отсутствуют ошибки в употреблении терминов. Продемонстрировано умение аргументированно излагать собственную точку зрения. Изложение отчасти сопровождается адекватными иллюстрациями (примерами) из практики.
- 3) Реферат в достаточной степени структурирован и выстроен в заданной логике без нарушений общего смысла. Части ответа логически взаимосвязаны. Отражена логическая структура проблемы (задания): постановка проблемы – аргументация – выводы. Объем ответа незначительно превышает заданные рамки при сохранении смысла.
- 4) Достаточная степень самостоятельности, оригинальность в представлении материала.

«**Не зачтено**» выставляется обучающемуся, если:

- 1) Содержание реферата не соответствует теме задания или соответствует ему в очень малой степени. Продемонстрировано крайне низкое (отрывочное) знание фактического материала, много фактических ошибок – практически все факты (данные) либо искажены, либо неверны.
- 2) Продемонстрировано крайне слабое владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины (неуместность употребления, неверные аббревиатуры, искаженное толкование и т.д.),

присутствуют многочисленные ошибки в употреблении терминов.

3) Реферат представляет собой сплошной текст без структурирования, нарушена заданная логика. Части реферата не взаимосвязаны логически.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Классификация фазовых переходов. Примеры систем с фазовыми переходами первого и второго рода. Изменение физических свойств при фазовых переходах.
2. Спонтанное нарушение симметрии. Термодинамическое описание фазового перехода второго рода с однокомпонентным параметром порядка.
3. Особенности поведения свойств при фазовых переходах первого рода близких к переходам второго рода.
4. Феноменологическая теория фазовых переходов второго рода в системах с многокомпонентным параметром порядка на примере двухкомпонентного параметра порядка. Построение инвариантных комбинаций. Фазовая диаграмма. Особенности поведения физических свойств.
5. Особенности поведения упругих свойств системы при фазовых переходах второго рода.
6. Особенности фазовых диаграмм и поведения термодинамических свойств в области фазовых переходов, допускающих инвариант Лифшица в термодинамическом потенциале.
7. Вывод формулы для свободной энергии с учетом флуктуаций. Влияние флуктуаций на поведение теплоемкости и коэффициентов разложения термодинамического потенциала по параметру порядка вблизи температуры фазового перехода.
8. Термодинамические свойства модели Изинга в приближении среднего поля.
9. Модель Изинга с «поперечным» полем. Влияние квантовых эффектов на температуру фазовых переходов, величину параметра порядка при $T=0$ и на полное изменение энтропии системы при фазовом переходе.
10. Точное решение одномерной модели Изинга без внешнего продольного поля. Корреляционная функция.
11. Точное решение одномерной модели Изинга с внешним продольным полем. Вычисление статистической суммы методом матрицы переноса. Исследование поведения восприимчивости и теплоемкости.
12. Приближение кластеров при вычислении статистической суммы. Вычисление температуры перехода и поведения термодинамических свойств.
13. Критическая точка жидкость-пар. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критическое поведение сжимаемости жидкости вблизи критической точки. Реше-

ние микроскопической модели в приближении среднего поля. Вычисление температуры фазового перехода. Соответствие модели решеточного газа и модели Изинга.

14. Вычисление корреляционной функции для жидкости и ее связь с сжимаемостью системы. Связь структурного фактора с интенсивностью рассеяния света на частицах жидкости и с корреляционной функцией. Приближенное вычисление Орнштейна-Зернике корреляционной функции.
15. «Мягкая» мода колебаний кристаллической решетки. Физическая причина «смягчения» моды колебаний при приближении к температуре фазового перехода. Структурные фазовые переходы типа порядок-беспорядок.

Методические рекомендации по проведению зачета

В девятом семестре предусмотрен зачет. На зачете проверяются теоретические знания обучающихся. Форма проведения зачета - устный опрос по билетам. В билет включаются два теоретических вопроса из разных разделов программы.

Критерии оценивания знаний студентов на зачете

Шкала оценивания	
незачет	зачет
Студент обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине. Уровень знаний ниже минимальных требований.	Студент демонстрирует систематический характер знаний по дисциплине. При изложении материала допущено несколько несущественных погрешностей. Студент испытывает незначительные трудности в ответах на дополнительные вопросы.

Контрольные вопросы к экзамену

1. Квазигармоническое приближение. Температурная зависимость частот колебаний решетки. Определение температуры. Особенности поведения термодинамических свойств при фазовых переходах типа смещения.
2. Вывод микроскопического гамильтониана, описывающего структурные фазовые переходы типа порядок-беспорядок на примере двухминимумного потенциала для критических ионов в кристалле.
3. Учет квантовых эффектов туннелирования под потенциальным барьером при фазовых переходах типа порядок-беспорядок.
4. Влияние сильных близкодействующих корреляций на поведение термодинамических свойств при переходах типа порядок-беспорядок.

5. «Правило льда». Вычисление свободной энергии и термодинамических величин в приближении кластеров.
6. Сравнение с результатами точного решения модели Слетера. Остаточная энтропия льда.
7. Вывод спинового гамильтониана. Исследование фазового перехода из парамагнитного в ферромагнитное состояние в приближении среднего поля.
8. Фазовые переходы из парамагнитного в ферри- и антиферромагнитные состояния. Особенности поведения магнитной восприимчивости.
9. Модель Эллиота для классических спинов. Модель ANNNI.
10. Фазовые переходы типа упорядочения в металлических сплавах. Сплавы типа замещения и сплавы типа внедрения. Особенности фазовых диаграмм и поведения физических свойств.
11. Выражение для статистической суммы. Вычисление статсуммы и свободной энергии для сплава типа CuAu в приближении Брэгга-Вильямса. Определение температуры перехода и термодинамических свойств сплава в области фазового перехода.
12. Вычисление свободной энергии и термодинамических свойств при упорядочении в сплаве Cu₃Au.
13. Определение критических показателей. Строгие термодинамические неравенства между критическими показателями.
14. Метод ренормализационной группы в реальном пространстве на примере двумерной модели Изинга.
15. Масштабные преобразования. Гипотеза подобия. Существенные и несущественные степени свободы.
16. Выражение критических показателей через зависимость собственных значений матрицы ренормгруппового преобразования от масштабного множителя.
17. Пример вычисления критических показателей для гамильтониана Гинзбурга-Ландау методом ренормгруппы и ϵ -разложения.

Методические рекомендации по проведению экзамена:

Экзамен является заключительным этапом изучения учебной дисциплины, цель которого проверить теоретические знания обучающихся. Форма проведения экзамена - устный опрос по билетам. В билет включаются два теоретических вопроса из разных разделов программы.

Критерии оценивания студентов на экзамене:

Оценка «**отлично**» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и ло-

гически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал разнообразных литературных источников, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

Разработчик



М.С.Павловский