Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Наименование дисциплины (модуля): ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Краткая аннотация: Спецкурс предназначен для аспирантов, специализирующихся в областях химии материалов, перспективных для органической электроники. Целью настоящего спецкурса является дать учащимся современный объем знаний по органической электронике, принципам конструирования, работы, моделирования и измерения органических электронных устройств, особенностям материалов, используемых для их создания, а также достижениями и перспективами в данной области науки.

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

3. Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки, **направленности**: Физическая химия, Неорганическая химия, Химия твердого тела.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок 1 «Дисциплины (модули)»

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)**
УК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	*У1 (УК-1)* **Уметь** критически оценивать литературные результаты
ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	У*1 (ОПК-1)* **Уметь** представлять полученные результаты в отчетах, докладах и научных статьях
ПК-4 способность к самостоятельному проведению научно-	*31 (ПК-4)* **Знать** фундаментальные основы органической электроники

исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.04 Физическая химия	*З2 (ПК-4)* **Знать** терминологию, принципы, технологии и материалы применяемые в органической электронике *З3 (ПК-4)* **Знать** современное состояние и перспективы развития органической электроники
	У1 (ПК-4) **Уметь** описывать основные характеристики органических электронных устройств *У2 (ПК-4)* **Уметь** формулировать требования к материалам, используемым для создания органических электронных устройств, в зависимости от конкретной задачи
	В1 (ПК-4) **Владеть** методами моделирования и конструирования органических электронных устройств

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:
Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов занятий лекционного типа, 2 часа групповые консультации, 6 часов индивидуальные консультации и 10 часов мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 54 часа составляет самостоятельная работа учащегося.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.
В специалитете или бакалавриате и магистратуре должны быть освоены общие курсы: "Аналитическая химия", "Органическая химия", "Неорганическая химия", "Химия твердого тела", "Физическая химия", "Математический анализ", "Теория вероятностей", "Уравнения математической физики", "Механика /электричество", "Колебания и волны/Оптика", "Элементы строения вещества"

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						**Самостоятельная работа обучающегося, часы** из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	**Всего**	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	**Всего**

Тема 1. Органическая электроника. Разнообразие устройств. Термин органическая электроника. История органических полупроводников. Исследования полиацетиленов. Plastic metals. Нобелевсекая премия по химии "for the discovery and development of conductive polymers". Основные типы полупроводниковых полимеров (меланины: полиацетилены, полифениленвенилены, полианилины, полифениленсульфиды, полипирролы, политиофены). Окисление полианилинов (лейкоэмеральдин, эмеральдин, пернигранилин). Композитные полупроводниковые полимеры (PEDOT:PSS). Узкощелевые полупроводниковые полимеры. Особенности полупроводниковых полимеров (преимущества и недостатки по сравнению с неорганическими полупроводниками), области их применения и типы электронных устройств на их основе. ***Тема 2. Терминология и природа проводимости в материалах.*** Термин органическая электроника. Природа электрического тока. Носители заряда. Плотность электрического тока. Дрейфовая скорость носителей заряда. Оценка дрейфовой скорости электронов в металлах. Подвижность носителей заряда. Зависимость подвижности носителей заряда от напряженности электрического поля. Удельное электрическое сопротивление и удельная электрическая проводимость. Концентрация носителей заряда. Сравнение в металлах и полупроводниках величин удельной проводимости, подвижности электронов и концентрации подвижных электронов. Классификация проводниковых материалов. Зонное строение твердого тела и проводимость. Валентная зона и зона проводимости. Проводимость в металлах. Проводимость в полупроводниках и изоляторах. Уровень Ферми. Собственный и несобственный полупроводники. Температурная зависимость плотности носителей заряда от температуры для собственного и несобственного проводников.	**14**	8					**6**	6		**6**

Тема 3. Особенности полупроводниковых материалов на органической основе. Преимущества и недостатки органических полимеров (разнообразие, пластичность, вес, дешевизна производства, массовое производство, технологии нанесения, биосовместимость, биодеградируемость, недолговечность, низкая эффективность и частота функционирования). Классы органических полупроводников. Сравнение физических свойств неорганических и органических полупроводников. Эффекты связанные с большой шириной запрещенной зоны: медленные электронные процессы. Влияние на подвижность носителей зарядов фазовых переходов. Подходы к описанию транспорта заряда в органических полупроводниках. Анизотропия подвижности носителей зарядов в кристаллических ОПП. Влияние межмолекулярного взаимодействия и кристаллической упаковки на транспортные характеристики ОПП. Понятие локализированных состояний. Зонная, прыжковая и туннельная проводимость. Носители заряда в ОПП ("свободные" носители и поляроны). Пути промотирования электронов (дырок) в зону проводимости (валентную зону), пути инжектирования/удаления электрона в зону проводимости (из валентной зоны): химический, оптический, электрический и термический путь. ***Тема 4. Полупроводниковые электронные устройства и их энергетические диаграммы.*** Двухполюсные и трехполюсные устройства. Резистор. Объемное и поверхостное удельное сопротивление. Особенности сопротивлений на основе органических полупроводников. Омический контакт металл-полупроводник. Энергетическая диаграмма контакта металл-полупроводник. Барьер Шоттки. Контактная разность потенциалов. Обедненная зона. Диод Шоттки. Тонкопленочные транзисторы. Вольтамперные характеристика. Характеристика управления. Подвижность носителей заряда для полевых транзисторов. Энергетическая диаграмма светодиода и фотовольтаической ячейки. Влияние локализованных состояний, работы выхода электрона металлов и различия в подвижности электронов и дырок на эффективность электролюминесценции. Оценка эффективности фотовольтаических ячеек на основе ВАХ (ток короткого замыкания, напряжение холостого хода, фактор заполнения, КПД). Основные процессы, происходящие с носителями зарядов в фотоячейках.	**20**	8			2		**10**	10		**10**

Тема 5. Моделирование электронного транспорта. Нестационарная теория возмущений. Формула Ландау-Зинера. Теория электронного переноса Маркуса. Энергия реорганизации, внутримолекулярная реорганизация и реорганизация поляризуемой среды, статическая и динамическая диэлектрическая проницаемость. Квантово-статистические модификации теории Маркуса: модели Левича-Догонадзе и Биксона-Джортнера. Интеграл переноса, оценки интеграла переноса на основании расщепления энергий взаимодействующих граничных МО и их интегралов перекрывания. Квантово-химические подходы к расчету возбужденных состояний для оценок по теории Маркуса. Метод CDFT и CDFT-CI для моделирования возбужденных состояний с переносом заряда как псевдоосновных с условиями на зарядовое и спиновое распределение. ***Тема 6. Методы измерения подвижности носителей заряда.*** Времяпролетная (ToF) методика. Экстракция заряда при линейной развертке потенциала (Photo-CELIV). Радиационно-импульсная микроволновая электропроводность с временным разрешением Pulse Radiolysis Time-Resolved Microwave Conductibility Technique (PR-TRMC). Field-Induced TRMC Technique (FI-TRMC). Метод токов, ограниченных пространственным зарядом (ТОПЗ, Space Charge-Limited Current Technique SCLC). Подвижность индуцированная полевым эффектом. Импеданс (адмитанс) спектроскопия. ***Тема 7. Методы конструирования тонкопленочных устройств***. Методы нанесения тонких пленок. Физические и химические методы. Химическое парофазное осаждение (метод CVD). Напыление конденсацией из газовой фазы (physical vapour deposition PVD). Вакуумное термическое напыление. Ионно-плазменное напыление. Высокочастотное распыление. Магнетронное распыление. Электрохимическое осаждение. Методы нанесения из газовой и жидкой фаз. Химическое осаждение. Эпитаксия из газовой фазы. Молекулярно-пучковая эпитаксия. Жидкофазная эпитаксия. Паттернирование. Методы переноса тонких пленок.	**28**	12		1	2	1	**16**	12		**12**

Тема 8. Тонкопленочные транзисторы и сенсоры. Архитектура тонкопленочных полевых транзисторов. Вольтамперные характеристика. Характеристика управления. Подвижность носителей заряда для полевых транзисторов. Тонкопленочные транзисторы на основе органических *p*-полупроводников (ацены, олигоарены, олиготиофены и полимеры). Тонкопленочные транзисторы на основе органических *n*-полупроводников (фуллерены и их производные, фталоцианины, нафталин- и перилендиимиды, олиготиофены и полимеры). Неорганические и органические диэлектрические материалы. Факторы влияющие на диэлектрическую проницаемость. ***Тема 9. Фотовольтаические материалы: достижения и перспективы.*** Принцип функционирования фотовольтаической ячейки. Планарный гетеропереход. Максимальная эффективность работы однопереходного фотоэлемента (*предел* Шокли-Квайссера). Пути преодоления предела Ш.-К. Объемный гетеропереход. Оценка эффективности фотовольтаических ячеек на основе ВАХ (ток короткого замыкания, напряжение холостого хода, фактор заполнения, КПД). Основные процессы, происходящие с носителями зарядов в фотоячейках. Полимерные солнечные батареи. Солнечные батареи сенсибилизированные красителем (ячейка Гретцеля). Гибридные перовскитные солнечные батареи.	**22**	8		1	2	1	**12**	10		**10**
Промежуточная аттестация: **зачет**	**24**					8	**8**	16		**16**
ИТОГО	**108**	36		2	6	10	**54**	54		**54**

8. Образовательные технологии:
Проводятся традиционные лекции с использованием мультимедийных презентаций; интерактивные лекции, в ходе которых аспиранты под контролем лектора выполняют задания, способствующие практическому усвоению лекционного материала; лекции-демонстрации проблемного характера, посвященные приемам выполнения различных этапов структурного анализа. Демонстрации составлены на основе результатов исследований, проведенных авторами программы дисциплины.

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):
В качестве домашнего задания аспирантам будет предложено самостоятельно изучить некоторые элементы тем программы, самостоятельно проводить анализ научной литературы и научной или научно-популярной информации, касающейся органической электроники, и самостоятельно подготовить ответы на ряд вопросов для зачета.

10. Ресурсное обеспечение:
Перечень основной, вспомогательной и периодической литературы ко всему курсу

Основная литература:

1. Z. Bao, J.J. Locklin, eds., Organic field-effect transistors, CRC Press, Boca Raton, 2007.
2. C. Wang, H. Dong, W. Hu, Y. Liu, D. Zhu, Semiconducting π-Conjugated Systems in Field-Effect Transistors: A Material Odyssey of Organic Electronics, Chem. Rev. 112 (2012) 2208–2267. doi:10.1021/cr100380z.
3. K.-J. Baeg, M. Binda, D. Natali, M. Caironi, Y.-Y. Noh, Organic Light Detectors: Photodiodes and Phototransistors, Adv. Mater. 25 (2013) 4267–4295. doi:10.1002/adma.201204979.
4. F. So, ed., Organic electronics: materials, processing, devices and applications, CRC Press, Boca Raton, FL, 2010.
5. F. Cicoira, C. Santato, eds., Organic electronics: emerging concepts and technologies, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 2013.
6. P. Stallinga, Electrical characterization of organic electronic materials and devices, John Wiley & Sons, Chichester, U.K, 2009.
7. J. Kalinowski, Organic light-emitting diodes: Principles, characteristics, and processes, Marcel Dekker, New York, 2005.

11. Язык преподавания – русский

12. Преподаватели:
1. Доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Горюнков Алексей Анатольевич, кафедра физической химии химического факультета МГУ, aag@thermo.chem.msu.ru, тел. (495) 939-53-73

2. Доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Иоффе Илья Нафтольевич, кафедра физической химии химического факультета МГУ, ioffe@thermo.chem.msu.ru, тел. (495) 939-53-96

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 1.
2. Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - **зачета**.

Образцы контрольных вопросов для промежуточной аттестации - **зачета**:

1. Термин органическая электроника. Преимущества органической электроники. Природа электрического тока. Носители заряда. Плотность электрического тока. Дрейфовая скорость носителей заряда. Оценка дрейфовой скорости электронов в металлах.
2. Подвижность носителей заряда. Зависимость подвижности носителей заряда от напряженности электрического поля. Удельное электрическое сопротивление и удельная электрическая проводимость. Концентрация носителей заряда. Сравнение в металлах и полупроводниках величин удельной проводимости, подвижности электронов и концентрации подвижных электронов.
3. Классификация проводниковых материалов. Зонное строение твердого тела. Валентная зона и зона проводимости. Проводимость в металлах. Проводимость в полупроводниках и изоляторах. Уровень Ферми.
4. Собственный и несобственный полупроводники. Температурная зависимость плотности носителей заряда от температуры для собственного и несобственного проводников.
5. Основные типы полупроводниковых полимеров. Особенности полупроводниковых полимеров, преимущества и недостатки по сравнению с неорганическими полупроводниками, области их применения и типы электронных устройств на их основе.
6. Классы органических полупроводников. Сравнение физических свойств неорганических и органических полупроводников. Эффекты связанные с большой шириной запрещенной зоны.
7. Подходы к описанию транспорта заряда в органических полупроводниках. Анизотропия подвижности носителей зарядов в кристаллических ОПП. Влияние межмолекулярного взаимодействия и кристаллической упаковки на транспортные характеристики ОПП. Влияние на подвижность носителей зарядов фазовых переходов.
8. Носители заряда в ОПП. Понятие локализированных состояний. Зонная, прыжковая и туннельная проводимость. Пути промотирования электронов (дырок) в зону проводимости (валентную зону), пути инжектирования/удаления электрона в зону проводимости (из валентной зоны).
9. Двухполюсные и трехполюсные устройства. Резистор. Объемное и поверхостное удельное сопротивление. Особенности сопротивлений на основе органических полупроводников.
10. Омический контакт металл-полупроводник. Энергетическая диаграмма контакта металл-полупроводник. Барьер Шоттки. Контактная разность потенциалов. Обедненная зона. Диод Шоттки.

11. Энергетическая диаграмма светодиода и фотовольтаической ячейки. Влияние локализованных состояний, работы выхода электрона металлов и различия в подвижности электронов и дырок на эффективность электролюминесценции.
12. Оценка эффективности фотовольтаических ячеек на основе ВАХ (ток короткого замыкания, напряжение холостого хода, фактор заполнения, КПД). Основные процессы, происходящие с носителями зарядов в фотоячейках.
13. Нестационарная теория возмущений. Формула Ландау-Зинера. Теория электронного переноса Маркуса. Энергия реорганизации, внутримолекулярная реорганизация и реорганизация поляризуемой среды, статическая и динамическая диэлектрическая проницаемость.
14. Квантово-статистические модификации теории Маркуса: модели Левича-Догонадзе и Биксона-Джортнера. Интеграл переноса, оценки интеграла переноса на основании расщепления энергий взаимодействующих граничных МО и их интегралов перекрывания.
15. Квантово-химические подходы к расчету возбужденных состояний для оценок по теории Маркуса. Метод CDFT и CDFT-CI для моделирования возбужденных состояний с переносом заряда как псевдоосновных с условиями на зарядовое и спиновое распределение.
16. Времяпролетная (ToF) методика. Экстракция заряда при линейной развертке потенциала (Photo-CELIV). Радиационно-импульсная микроволновая электропроводность с временным разрешением
17. Pulse Radiolysis Time-Resolved Microwave Conductibility Technique (PR-TRMC). Field-Induced TRMC Technique (FI-TRMC). Метод токов, ограниченных пространственным зарядом (ТОПЗ, Space Charge-Limited Current Technique SCLC). Подвижность индуцированная полевым эффектом. Импеданс (адмитанс) спектроскопия.
18. Физические и химические методы нанесения тонких пленок. Методы переноса тонких пленок.
19. Тонкопленочные полевые транзисторы: материалы, архитектура, принцип работы, современное состояние, перспективы. Подвижность носителей заряда для полевых транзисторов.
20. Тонкопленочные транзисторы на основе органических p-полупроводников. Тонкопленочные транзисторы на основе органических n-полупроводников. Неорганические и органические диэлектрические материалы. Факторы влияющие на диэлектрическую проницаемость.
21. Планарный гетеропереход. Максимальная эффективность работы однопереходного фотоэлемента (предел Шокли-Квайссера). Пути преодоления предела Шокли-Квайссера. Объемный гетеропереход. Оценка эффективности фотовольтаических ячеек на основе ВАХ (ток короткого замыкания, напряжение холостого хода, фактор заполнения, КПД). Основные процессы, происходящие с носителями зарядов в фотоячейках.
22. Органические и гибридные солнечные элементы: материалы, структуры, современное состояние и перспективы. Полимерные солнечные батареи. Солнечные батареи сенсибилизированные красителем (ячейка Гретцеля). Гибридные перовскитные солнечные батареи.

Текущий контроль усвоения материала проводится в виде беседы (коллоквиума) по вопросам зачета

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Зачет происходит в форме индивидуального собеседования по перечисленным в списке вопросам. На зачете производят проверку степени систематических представлений об органической электронике, принципах конструирования, работы, моделирования и измерения органических электронных устройств, особенностях материалов, используемых для их создания, а также достижениях и перспективах в данной области науки. Достижение результатов обучения проверяют по ответам минимум на три вопроса (основные вопросы). В зависимости от ответов на основные вопросы аспиранту могут быть предложены и дополнительные вопросы.

Приложение 1

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине «Основы органической электроники» на основе карт компетенций выпускников

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) и ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ**					**ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ***
	1	2	3	4	5	
У1 (УК-1) **Уметь** критически оценивать литературные результаты	Отсутствие знаний	Умение критически оценивать научные результаты в ряде случаев	Шаблонное умение критически оценивать научные результаты	В целом достаточно полное, но содержащее отдельные пробелы умение критически оценивать научные результаты	Полное умение критически оценивать научные результаты	Дополнительный вопрос в ходе зачета
У*1 (ОПК-1)* **Уметь** представлять полученные результаты в отчетах, докладах и научных статьях	Отсутствие знаний	Умение представлять только некоторые полученные результаты в отчетах, докладах и научных статьях	Шаблонное умение представлять полученные результаты в отчетах, докладах и научных статьях	В целом достаточно полное, но содержащее отдельные пробелы умение представлять полученные результаты в отчетах, докладах и научных статьях	Сформированное умение гибко представлять полученные результаты в отчетах, докладах и научных статьях	Дополнительный вопрос в ходе зачета

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) и ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ**					**ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ***
	1	2	3	4	5	
31 (ПК-4) **Знать** фундаментальные основы органической электроники	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о фундаментальных основах органической электроники	Несистематические знания о фундаментальных основах органической электроники	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о фундаментальных основах органической электроники	Сформированные и систематические знания о фундаментальных основах органической электроники	Основной вопрос в ходе зачета
32 (ПК-4) **Знать** терминологию, принципы, технологии и материалы применяемые в органической электронике	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о терминологии, принципах, технологиях и материалах применяемых в органической электронике	Несистематические знания о терминологии, принципах, технологиях и материалах применяемых в органической электронике	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о терминологии, принципах, технологиях и материалах применяемых в органической электронике	Сформированные и систематические знания о терминологии, принципах, технологиях и материалах применяемых в органической электронике	Основной вопрос в ходе зачета
33 (ПК-4) **Знать** современное состояние и перспективы развития органической электроники	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о современном состоянии и перспективах развития органической электроники	Ограниченные представления о современном состоянии и перспективах развития органической электроники	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современном состоянии и перспективах развития органической электроники	Сформированные и систематические знания о современном состоянии и перспективах развития органической электроники	Основной вопрос в ходе зачета

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) и ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ**					**ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ***
	1	2	3	4	5	
У1 (ПК-4) **Уметь** описывать основные характеристики органических электронных устройств	Отсутствие умений	Умение описывать основные характеристики только некоторых органических электронных устройств	Шаблонное умение описывать основные характеристики органических электронных устройств	В целом достаточно полное, но содержащее отдельные пробелы умение описывать основные характеристики органических электронных устройств	Сформированное умение гибко описывать основные характеристики органических электронных устройств	Основной вопрос в ходе зачета
У2 (ПК-4) **Уметь** формулировать требования к материалам, используемым для создания органических электронных устройств, в зависимости от конкретной задачи	Отсутствие знаний	Умение формулировать требования только к некоторым материалам, используемым для создания органических электронных устройств, в зависимости от конкретной задачи	Шаблонное умение формулировать требования к материалам, используемым для создания органических электронных устройств, в зависимости от конкретной задачи	В целом достаточно полное, но содержащее отдельные пробелы умение формулировать требования к материалам, используемым для создания органических электронных устройств, в зависимости от конкретной задачи	Полное умение формулировать требования к материалам, используемым для создания органических электронных устройств, в зависимости от конкретной задачи	Основной вопрос в ходе зачета

РЕЗУЛЬТАТ	**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ**	**ПРОЦЕДУРЫ**

ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	**по дисциплине (модулю) и ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ** .					**ОЦЕНИВАНИЯ***
	1	2	3	4	5	
В1 (ПК-4) **Владеть** методами моделирования и конструирования органических электронных устройств	Отсутствие знаний	Неполное владение методами моделирования и конструирования органических электронных устройств	Поверхностное владение методами моделирования и конструирования органических электронных устройств	Довольно полное, но содержащее отдельные пробелы владение методами моделирования и конструирования органических электронных устройств	Сформированное систематическое владение методами моделирования и конструирования органических электронных устройств	Основной вопрос в ходе зачета