



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

Огнев А.В.

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора департамента  
общей и экспериментальной  
физики



Короченцев В.В.

«15» декабря 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дизайн наноматериалов**

Направление подготовки 03.04.02 «Физика»

(Прикладная физика (совместно с НИЦ "Курчатовский институт" и ИАПУ ДВО РАН))

**Форма подготовки очная**

курс 1 семестр 2

лекции – 0 час.

практические занятия - 54 час.

лабораторные работы – 0 час.

в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 18 /лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 54 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 90 час.

в том числе на подготовку к экзамену - 0 час.

контрольные работы (количество) – не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 2 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 914.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ, протокол № 3 от «29» ноября 2021 г.

И.о. директора департамента общей и экспериментальной физики ИНТиПМ ДВФУ к.х.н. Короченцев В.В.

Составитель (ли): канд. пед. наук, доцент Иванова Е.Б.

Составитель: д.ф.-м.н., доцент Самардак А.С.

Владивосток  
2021

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г. № \_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г. № \_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Цели и задачи освоения дисциплины:

**Цель:** формирование знаний в области дизайнерских и архитектурных подходов по разработке новых наноматериалов и наноструктур для практических применений в разных сферах жизнедеятельности.

### Задачи:

- последовательное, системное освоение современных методов и подходов по созданию наноматериалов разной размерности;
- использование знаний физики, механики и химии для проектирования новых наносистем с требуемыми физическими свойствами;
- формирование целостного представления о возможностях современной науки и технологий в сфере дизайна наноматериалов;
- содействие развитию профессиональных качеств учащихся, ведущих к качественному повышению уровня компетенций в области перспективных нанотехнологий и наноматериалов.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются профессиональные компетенции.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	<b>ПК-1</b> Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива	ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе научного коллектива
Проектный	<b>ПК-3</b> Способен разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники	ПК-3.1 определяет задачи проектирования технологического объекта, этапы проектирования изделий создаваемых и с использованием нанотехнологий и наноматериалов ПК-3.2 разрабатывает технические задания на проектирование технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	<b>ПК-4</b> Способен проектировать технологические процессы создания наноматериалов и изделий электронной техники	ПК-4.1 выбирает программное обеспечение и применяет методы проектирования технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники ПК-4.2 проектирует технологические процессы создания наноматериалов и изделий электронной техники
Организационно-управленческий	<b>ПК-5</b> Способен планировать и организовывать исследования в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научные семинары	ПК-5.1 выбирает инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов ПК-5.2 анализирует и применяет способы планирования, и организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения)
ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний	Знает алгоритм постановки цели и задач научного исследования
	Умеет формулировать научно-исследовательские задачи в соответствующей области знаний
	Владеет навыками постановки задачи научного исследования, теоретическими и экспериментальными методами, и средствами решения
ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов	Знает современное состояние науки в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов
	Умеет применять передовые методы и технологии в получении новых наноструктурированных материалов
	Владеет навыками анализа основных достижений и концепций в современной науке для разработки собственного технологического процесса создания наноматериалов и изделий электронной техники
ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе научного коллектива	Знает основы научно-исследовательской деятельности
	Умеет самостоятельно выбирать эффективные методы решения поставленных задач и разрабатывать новые методы для получения новых научных, и прикладных результатов
	Владеет современными методами решения профессиональных задач; навыками осуществления самостоятельной и коллективной научно-исследовательской деятельности
ПК-3.1 определяет задачи проектирования технологического объекта, этапы проектирования изделий создаваемых и с использованием нанотехнологий и наноматериалов	Знает алгоритм постановки задач проектирования технологического объекта, этапы проектирования изделий
	Умеет осуществлять проектирование технологического объекта или изделия, создаваемого и с использованием нанотехнологий и наноматериалов
	Владеет навыками проектирования технологического объекта или изделия, создаваемого и с использованием нанотехнологий и наноматериалов
ПК-3.2 разрабатывает технические задания на проектирование	Знает методы разработки технологической документации на проектируемые технологические процессы создания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения)
технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники	наноматериалов и изделий электронной техники
	Умеет разрабатывать технологическую документацию, составлять технические задания на проектирование технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники
	Владеет навыками определения методов разработки технологической документации, разработки технических заданий на проектирование технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники
ПК-4.1 выбирает программное обеспечение и применяет методы проектирования технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники	Знает функциональность современных инструментальных средств и основное программное обеспечение в области проектирования технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники
	Умеет проводить оценку и выбор программного обеспечения, методов проектирования технологических процессов для создания наноматериалов и изделий электронной техники
	Владеет навыками работы с программными продуктами и информационными ресурсами, методами проектирования технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники
ПК-4.2 проектирует технологические процессы создания наноматериалов и изделий электронной техники	Знает методы проектирования технологических процессов производства наноматериалов и изделий электронной техники
	Умеет определять и применять подходящий метод проектирования технологических процессов производства наноматериалов и изделий электронной техники
	Владеет комплексом инструментов и методов для осуществления проектирования наноматериалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства
ПК-5.1 выбирает инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов	Знает основные инструменты для организации исследований в области прикладной физики
	Умеет применять необходимые инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов
	Владеет основными инструментами для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов
ПК-5.2 анализирует и применяет способы планирования, и организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий	Знает основные способы планирования, и организации исследований
	Умеет выбирать способы планирования исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий
	Владеет навыками организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий

## 1. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы 144 академических часа, в том числе 54 академических часа, отведенных на

контактную работу обучающихся с преподавателем и 90 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная

	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Контроль из часов на СР	Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР		
1	Изучение природных наноматериалов	2			8		18	Зачет	
2	Разработка новых наноматериалов	2			12		18		
3	Дизайн наноматериалов с заданными свойствами	2			12		18		
4	Электроосаждение наноструктурированного покрытия	2			12		18		
5	Дизайн наноматериала для конкретного применения	2			10		18		
	Итого:				54		90		

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Не предусмотрено

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

№ п/п	Наименование темы занятия	Содержание темы занятия
1	Изучение природных наноматериалов	1. Краткая история материалов и наноматериалов. 2. Наноматериалы в природе, искусстве и культуре. 3. Проведение дискуссий.

2	Разработка новых наноматериалов	1. Дизайн разработки новых материалов. 2. Процесс разработки новых материалов.
3	Дизайн наноматериалов с заданными свойствами	1. Классификация наноматериалов. 2. Взаимосвязь структуры и свойств наноматериалов.
4	Электроосаждение наноструктурированного покрытия	1. Синтез наноматериалов. 2. Характеризация наноматериалов. 3. Электроосаждение наноструктурированного покрытия.
5	Дизайн наноматериала для конкретного применения	1. Виды наноматериалов. 2. Сферы применения наноматериалов. 3. Дизайн наноматериала для конкретного применения.

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	в течение семестра	Работа с основной и дополнительной литературой, интернет-источниками. Подготовка к практическим занятиям.	40 час.	УО-1 Собеседование
2	1-4 недели семестра	Подготовка к дискуссии	12 час.	УО-4 Дискуссия
3	5-10 недели семестра	Подготовка доклада/презентации	12 час.	УО-3 Доклад
4	11-15 недели семестра	Подготовка к ролевой игре	12 час.	ПР-10 Ролевая игра
5	16-18 недели семестра	Подготовка к решению кейс-задачи	10 час.	ПР-11 Кейс-задача
6	18 неделя семестра	Подготовка к зачетному тестированию	4 час.	ПР-1 Тест
	ИТОГО		90 часов	

## 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой частью образовательного процесса и рассматривается как организационная форма обучения. Самостоятельная работа по дисциплине осуществляется в виде внеаудиторных форм познавательной деятельности.

*Самостоятельная работа включает в себя* подготовку к практическим занятиям, работу с литературой; подготовку к дискуссии; подготовку

доклада/презентации; подготовку к участию в ролевой игре и решению кейс-задачи; подготовку к зачетному тестированию.

### ***Работа с литературой.***

Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы, в том числе при подготовке к лабораторным занятиям рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

### ***Подготовка к дискуссии.***

Дискуссия - метод обучения, повышающий интенсивность и эффективность учебного процесса за счет активного включения обучающихся в поиск решения какой-либо проблемы, сложной темы.

Данная методика увеличивает включенность обучающихся в реализацию групповых решений путем возложения и принятия ответственности; повышает эффективность работы магистрантов и заинтересованность путем предоставления им возможности проявить инициативу. Проблемная подача материала, как

известно, способствует повышению эффективности процесса обучения, поскольку это придает тонус мыслительной деятельности, к самостоятельному поиску информации и стремление к анализу и обобщениям.

Метод направлен на развитие аналитического мышления; умения аргументировать высказывания, соглашаться/не соглашаться с утверждением, высказывать предположение/мнение; развитие умения дискутировать.

Дискуссии проводятся по предложенным преподавателем темам в рамках тематики первого занятия в течение 1-4 недель семестра. Студент должен использовать дополнительные материалы при подготовке выступления.

### ***Подготовка доклада/презентации.***

Темы докладов определяются преподавателем в соответствии с программой дисциплины. Конкретизация темы может быть сделана обучающимся самостоятельно.

Следует акцентировать внимание на том, что формулировка темы (названия) работы должна быть:

- ясной по форме (не содержать неудобочитаемых фраз и фраз двойного толкования);
- содержать ключевые слова, которые репрезентируют исследовательскую работу;
- быть конкретной (не содержать неопределенных слов «некоторые», «особые» и т.д.);
- содержать в себе действительную задачу;
- быть компактной.

Выбрав тему, необходимо подобрать соответствующий информационный, статистический материал и провести его предварительный анализ. К наиболее доступным источникам литературы относятся фонды библиотеки, а так же могут использоваться электронные источники информации (в том числе и Интернет).

Важным требованием, предъявляемым к докладу, является грамотность, стилистическая адекватность, содержательность (полнота отражения и раскрытия темы).

Презентация чаще всего производится в Power Point и представляет собой публичное выступление по выбранной теме доклада.

При подготовке презентации рекомендуется предусмотреть сложные для понимания фрагменты и прокомментировать их; предвидеть возможные вопросы, которые могут быть заданы в результате предъявления презентации.

#### ***Подготовка к участию в ролевой игре и выполнению кейс-задачи.***

Поскольку данные виды деятельности предполагают групповое решение профессионально-ориентированных задач путем игрового моделирования реальной проблемной ситуации или осмысления реальных профессионально-ориентированных ситуаций, то самостоятельная подготовка к ним в основном предполагает поиск и анализ различных способов решения проблем в схожих кейсах и ситуациях. В результате поиска материалов следует отобрать те, которые помогут в ходе занятия профессионально решить задачу.

#### ***Подготовка к зачетному тестированию.***

Тестовые задания рассчитаны на решение без использования вспомогательных материалов. Для выполнения тестового задания, прежде всего, следует внимательно прочитать поставленный вопрос. После ознакомления с вопросом следует приступить к прочтению предлагаемых вариантов ответа. Необходимо прочитать все варианты и в качестве ответа следует выбрать лишь один, соответствующий правильному ответу. Тесты составлены таким образом, что в каждом из них правильным является лишь один из вариантов. Выбор должен быть сделан в пользу наиболее правильного ответа.

На выполнение теста отводится ограниченное время. Как правило, время выполнения тестового задания определяется из расчета 30-45 секунд на один вопрос.

## **5. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые разделы/ темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная

					аттес- тация
1.	Тема: 1	ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов	<i>Знает</i> современное состояние науки в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов <i>Умеет</i> применять передовые методы и технологии в получении новых наноструктурированных материалов <i>Владеет</i> навыками анализа основных достижений и концепций в современной науке для разработки собственного технологического процесса создания наноматериалов и изделий электронной техники	УО-1 Собеседование  УО-4 Дискуссия	Зачет ПР-1 Тест Задание 1
		ПК-5.1 выбирает инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов	<i>Знает</i> основные инструменты для организации исследований в области прикладной физики <i>Умеет</i> применять необходимые инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов <i>Владеет</i> основными инструментами для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов	УО-1 Собеседование  УО-4 Дискуссия	
		ПК-5.2 анализирует и применяет способы планирования, и организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий	<i>Знает</i> основные способы планирования, и организации исследований <i>Умеет</i> выбирать способы планирования исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий <i>Владеет</i> навыками организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий	УО-1 Собеседование  УО-4 Дискуссия	
2.	Темы 2-3	ПК-3.1 определяет задачи проектирования технологического объекта, этапы проектирования изделий создаваемых и с использованием нанотехнологий и наноматериалов	<i>Знает</i> алгоритм постановки задач проектирования технологического объекта, этапы проектирования изделий <i>Умеет</i> осуществлять проектирование технологического объекта или изделия, создаваемого и с использованием нанотехнологий и наноматериалов <i>Владеет</i> навыками проектирования технологического объекта или изделия, создаваемого и с использованием нанотехнологий и наноматериалов	УО-1 Собеседование  УО-3 Доклад	Зачет ПР-1 Тест Задание 2 Задание 3
		ПК-3.2 разрабатывает технические задания на проектирование технологических	<i>Знает</i> методы разработки технологической документации на проектируемые технологические процессы создания наноматериалов и изделий электронной техники <i>Умеет</i> разрабатывать	УО-1 Собеседование  УО-3 Доклад	

		процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники	технологическую документацию, составлять технические задания на проектирование технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники <i>Владеет</i> навыками определения методов разработки технологической документации, разработки технических заданий на проектирование технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники		
		ПК-5.1 выбирает инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов	<i>Знает</i> основные инструменты для организации исследований в области прикладной физики <i>Умеет</i> применять необходимые инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов <i>Владеет</i> основными инструментами для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов	УО-1 Собеседование  УО-3 Доклад	
		ПК-5.2 анализирует и применяет способы планирования, и организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий	<i>Знает</i> основные способы планирования, и организации исследований <i>Умеет</i> выбирать способы планирования исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий <i>Владеет</i> навыками организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий	УО-1 Собеседование  УО-3 Доклад	
3.	Тема 4	ПК-5.1 выбирает инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов	<i>Знает</i> основные инструменты для организации исследований в области прикладной физики <i>Умеет</i> применять необходимые инструменты для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов <i>Владеет</i> основными инструментами для организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий, научных семинаров и коллоквиумов	УО-1 Собеседование  ПР-10 Ролевая игра	Зачет ПР-1 Тест Задание 4
		ПК-5.2 анализирует и применяет способы планирования, и организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий	<i>Знает</i> основные способы планирования, и организации исследований <i>Умеет</i> выбирать способы планирования исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий <i>Владеет</i> навыками организации исследований в области прикладной физики, наноматериалов и нанотехнологий	УО-1 Собеседование  ПР-10 Ролевая игра	

		нанотехнологий			
4.	Тема 5	ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний	<i>Знает</i> алгоритм постановки цели и задач научного исследования <i>Умеет</i> формулировать научно-исследовательские задачи в соответствующей области знаний <i>Владеет</i> навыками постановки задачи научного исследования, теоретическими и экспериментальными методами, и средствами решения	УО-1 Собеседование	Зачет ПР-1 Тест Задание 5
		ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе научного коллектива	<i>Знает</i> основы научно-исследовательской деятельности <i>Умеет</i> самостоятельно выбирать эффективные методы решения поставленных задач и разрабатывать новые методы для получения новых научных, и прикладных результатов <i>Владеет</i> современными методами решения профессиональных задач; навыками осуществления самостоятельной и коллективной научно-исследовательской деятельности	УО-1 Собеседование	
		ПК-4.1 выбирает программное обеспечение и применяет методы проектирования технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники	<i>Знает</i> функциональность современных инструментальных средств и основное программное обеспечение в области проектирования технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники <i>Умеет</i> проводить оценку и выбор программного обеспечения, методов проектирования технологических процессов для создания наноматериалов и изделий электронной техники <i>Владеет</i> навыками работы с программными продуктами и информационными ресурсами, методами проектирования технологических процессов создания наноматериалов и изделий электронной техники	УО-1 Собеседование	
		ПК-4.2 проектирует технологические процессы создания наноматериалов и изделий электронной техники	<i>Знает</i> методы проектирования технологических процессов производства наноматериалов и изделий электронной техники <i>Умеет</i> определять и применять подходящий метод проектирования технологических процессов производства наноматериалов и изделий электронной техники <i>Владеет</i> комплексом инструментов и методов для осуществления проектирования наноматериалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем	УО-1 Собеседование	
				ПР-11 Кейс-задача	
				ПР-11 Кейс-задача	
				ПР-11 Кейс-задача	
				ПР-11 Кейс-задача	

			технологической подготовки производства		
--	--	--	--	--	--

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе ФОС.

## **6. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Глущенко, А. Г. Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие / А. Г. Глущенко, Е. П. Глущенко. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 269 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/75388.html>

2. Дзидзигури, Э. Л. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии : учебное пособие / Э. Л. Дзидзигури, Е. Н. Сидорова. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2012. — 71 с. — ISBN 978-5-87623-605-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/56215.html>

3. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / Е. Д. Мишина, Н. Э. Шерстюк, А. А. Евдокимов [и др.] ; под редакцией А. С. Сигова. — 5-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 185 с. — ISBN 978-5-00101-473-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/88492.html>

4. Нажипкызы, М. Физико-химические основы нанотехнологий и наноматериалов : учебное пособие / М. Нажипкызы, Р. Е. Бейсенов, З. А. Мансуров. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 196 с. — ISBN 978-5-4486-0164-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/73346.html>

5. Шабатина, Т. И. Нанохимия и наноматериалы : учебное пособие / Т. И. Шабатина, А. М. Голубев. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014. — 64 с. — ISBN 978-5-7038-3965-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/30893.html>

### **Дополнительная литература**

1. Валянский, С. И. Наноматериалы : лэнгмюровские пленки. Учебное пособие / С. И. Валянский, Е. К. Наими. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2014. — 188 с. — ISBN 978-5-87623-817-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/56568.html>

2. Раков, Э. Г. Неорганические наноматериалы : учебное пособие / Э. Г. Раков. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 478 с. — ISBN 978-5-9963-2927-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/24143.html>

3. Тарасова, Н. В. Оптические методы исследований наноматериалов и наносистем : методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Материаловедение наноматериалов и наносистем» / Н. В. Тарасова. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 23 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/74408.html>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Design process for nanomaterials: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10853-013-7196-x>
2. Nanomaterial Design: <https://www.ifw-dresden.de/institutes/iin/research/nanomaterial-design/>
3. Nanotechnology research and development: <https://nano.nature.com>

## **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

Среда моделирования Comsol Multiphysics.

Среда моделирования MuMax3.

### **7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу.

При организации учебной деятельности на занятиях широко используются как традиционные, так и современные электронные носители информации, а также возможности информационных и коммуникационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся в учебной группе.

Со стороны преподавателя студентам оказывается помощь в формировании навыков работы с литературой, анализа литературных источников.

Следует учитывать, что основной объем информации студент должен усвоить в ходе систематической самостоятельной работы с материалами, размещенными как на электронных, так и на традиционных носителях.

Для углубленного изучения материала курса дисциплины рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу.

Литературные источники доступны обучаемым в научной библиотеке (НБ) ДВФУ, а также в электронных библиотечных системах (ЭБС), с доступом по гиперссылкам — ЭБС издательства "Лань" (<http://e.lanbook.com/>), ЭБС Znanium.com НИЦ "ИНФРА-М" (<http://znanium.com/>), ЭБС IPRbooks (<http://iprbookshop.ru/>) и другие ЭБС, используемые в ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/electronic-resources/>

Формами текущего контроля результатов работы студентов по дисциплине являются собеседование, дискуссия, доклад/презентация, ролевая игра, кейс-

задача.

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется в форме зачета в конце 2 семестра в форме тестирования и решения практического задания.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ДВФУ располагает соответствующей материально-технической базой, включая современную вычислительную технику, объединенную в локальную вычислительную сеть, имеющую выход в Интернет.

Используются специализированные компьютерные классы, оснащенные современным оборудованием. Материальная база соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий (лабораторной, практической, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки) и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

### Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 502. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятельной работы	Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.)	IBM SPSS Statistics Premium Campus Edition. Поставщик ЗАО Прогностические решения. Договор ЭА-442-15 от 18.01.2016 г., лот 5. Срок действия договора с 30.06.2016 г. Лицензия - бессрочно. SolidWorks Campus 500. Поставщик Солид Воркс Р. Договор 15-04-101 от 23.12.2015 г. Срок действия договора с 15.03.2016 г. Лицензия - бессрочно.

		<p>АСКОН Компас 3D v17. Поставщик Нави-ком. Договор 15-03-53 от 20.12.2015 г. Срок действия договора с 31.12.2015 г. Лицензия - бессрочно.</p> <p>MathCad Education Universety Edition. Поставщик Софт Лайн Трейд. Договор 15-03-49 от 02.12.2015 г. Срок действия договора с 30.11.2015 г. Лицензия - бессрочно.</p> <p>Windows Edu Per Device 10 Education. Поставщик Microsoft. Договор № ЭА-261-18 от 30.06.2018 г. Под-писка. Срок действия договора с 30.06.2018 г. Лицензия - 30.06.2020 г.</p> <p>Office Professional Plus 2019. Поставщик Microsoft. Договор № ЭА-261-18 от 30.06.2018 г. Подписка. Срок действия договора с 30.06.2018 г. Лицензия - бессрочно.</p> <p>Autocad 2018. Поставщик Autodesk. Договор № 110002048940 от 27.10.2018 г. Сетевая, конкурентная. Срок действия договора с 27.10.2018 г. Лицензия - 27.10.2021 г.</p> <p>Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.</p>
--	--	--

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## 9. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**Текущая аттестация студентов** по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой

дисциплине);

- степень усвоения теоретических знаний;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Для текущего контроля используется проверка отчетов по каждому лабораторному занятию.

Для дисциплины используются следующие оценочные средства:

1. Собеседование (УО-1)
2. Дискуссия (УО-4)
3. Доклад (УО-3)
4. Ролевая игра (ПР-10)
5. Кейс-задача (ПР-11)

#### **Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов):**

Собеседование (УО-1) Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Собеседование проводится в рамках каждого практического занятия.

Ответы должны отличаться достаточным объемом знаний, глубиной и полнотой раскрытия темы, логической последовательностью, четкостью выражения мыслей и обоснованностью выводов, характеризующих знание понятийно-терминологического аппарата, умение им пользоваться при ответе.

#### **Критерии оценки:**

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Ответ показывает прочные знания основных понятий изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия вопроса; владение	100 – 86

	терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, делать выводы, давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа. Студент ответил на все основные и дополнительные вопросы, заданные преподавателем по теме практического занятия.	Зачтено
Базовый	Ответ, обнаруживающий прочные знания основных понятий изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия вопроса; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, делать выводы давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа. Студент ответил на все основные вопросы, но не смог ответить на дополнительные вопросы, заданные преподавателем по теме практического занятия.	85-76 Зачтено
Пороговый	Ответ, свидетельствующий в основном о знании понятий изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия вопроса; знании основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры. Студент ответил на часть основных или дополнительных вопросов, заданных преподавателем по теме практического занятия.	75-61 Зачтено
Уровень не достигнут	Ответ, обнаруживающий незнание понятий изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием вопроса; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа; неумением давать аргументированные ответы, отсутствием логичности и последовательности. Студент не ответил на вопросы, заданные преподавателем по теме практического занятия, либо допустил множество ошибок в ответе.	60-0 Не зачтено

Дискуссия (УО-4) - оценочное средство, позволяющее включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.

#### **Перечень дискуссионных тем**

1. Нанобиосенсоры (на основе кантилевера, плазмонные, «искусственный нос», лаборатория-на-чипе).
2. Наносистемы для адресной доставки лекарств в организм человека.
3. Тераностика с использованием нанотехнологий.
4. Гипертермия с использованием наночастиц.

5. Регенеративная наномедицина: выращивание тканей, костей, органов.
6. Наноинтерфейс «компьютер-головной мозг».
7. Водородные топливные наночейки.
8. Нанотехнологии в средах для хранения информации (NRAM, MRAM, STT-MRAM, SOT-MRAM).
9. Фотонные нанокристаллы и их применение.
10. Любая заинтересовавшая вас тематика по применению нанотехнологий и наноматериалов.

Участие в дискуссии позволяет студенту научиться четко и грамотно формулировать мысли, использовать базовые знания в профессиональной сфере, осуществлять групповое взаимодействие. Дискуссия выступает важным средством достаточно оперативной обратной связи.

Студент должен использовать дополнительные материалы при подготовке выступления. Выступление по теме дискуссии должно отличаться четкостью выражения мыслей, аргументацией и обоснованностью выводов. Не допускаются отстраненные рассуждения, не связанные с вопросом дискуссии. Ответы на все дополнительные вопросы, заданные участниками дискуссии, должны отличаться достаточным объемом знаний и полнотой раскрытия вопроса дискуссии, четкостью выражения мыслей, характеризующих знание дополнительной литературы, понятийно-терминологического аппарата, умение ими пользоваться при ответе.

***Критерии оценки:***

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
повышенный	Студент принял участие в дискуссии, подготовил выступление, четко выразил своё мнение по дискуссионному вопросу, аргументировал его. Приведены примеры. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Студент ответил на все дополнительные вопросы, заданные участниками дискуссии.	100 – 86  Зачтено
базовый	Студент принял участие в дискуссии, подготовил выступление, выразил своё мнение	85-76

	по дискуссионному вопросу, аргументировал его. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Студент смог ответить только на часть дополнительных вопросов, заданных участниками дискуссии.	Зачтено
пороговый	Студент принял участие в дискуссии, подготовил выступление, выразил своё мнение по дискуссионному вопросу. Студент не смог ответить на дополнительные вопросы, заданные участниками дискуссии.	75-61 Зачтено
уровень не достигнут	Студент не принял участие в дискуссии, либо подготовленное выступление содержит существенные ошибки. Студент неверно ответил или не смог ответить на дополнительные вопросы, заданные участниками дискуссии.	60-0 Не зачтено

Доклад/презентация (УО-3) - продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Цель доклада состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Подготовка доклада позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Доклад должен быть подготовлен каждым студентом самостоятельно. Студент должен использовать только те литературные источники (научные статьи, монографии, пособия и т.д.), которые имеют прямое отношение к избранной им теме. Не допускаются отстраненные рассуждения, не связанные с анализируемой проблемой. Должна быть обеспечена последовательность изложения. Студенту необходимо строго придерживаться логики изложения – начинать с определения и анализа понятий, перейти к постановке проблемы, проанализировать пути ее решения и сделать соответствующие выводы. Доклад должен быть достаточно кратким, но раскрывающим тему.

Доклад должен сопровождаться презентацией. Рекомендации по подготовке мультимедиа презентации:

1. Первый слайд должен содержать название доклада, ФИО и координаты (номер группы, направление подготовки, адрес электронной почты) выступающего. Каждый слайд должен иметь заголовок и быть пронумерованным в формате 1/11.

2. Наиболее распространен сегодня MS PowerPoint.

3. Презентация начинается с аннотации, где на одном-двух слайдах дается представление, о чем пойдет речь. Большая часть презентаций требует оглашения структуры.

4. Презентация не заменяет, а дополняет доклад. Не надо писать на слайдах то, что можно сказать словами.

5. Оптимальная скорость переключения — один слайд за 1–2 минуты. Для кратких выступлений допустимо два слайда в минуту, но не быстрее. Слушатели должны успеть воспринять информацию и со слайда, и на слух. «Универсальная» оценка – число слайдов равно продолжительности выступления в минутах.

6. Размер шрифта основного текста – не менее 16pt, заголовки - 20 pt. Наиболее читабельным и традиционно используемым в научных исследованиях является Times New Roman. Необходимо оформлять все слайды в едином стиле.

7. Не нужно перегружать слайд информацией. Не нужно много мелкого текста. При подготовке презентации рекомендуется в максимальной степени использовать графики, схемы, диаграммы и модели с их кратким описанием. Фотографии и рисунки делают представляемую информацию более интересной и помогают удерживать внимание аудитории, давая возможность ясно понять суть предмета.

Доклад выполняется в сроки, устанавливаемые преподавателем по реализуемой дисциплине, и презентуется на практических занятиях.

***Критерии оценки:***

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
------------------	--------------------------------------	----------------------------

повышенный	Студент выразил своё мнение по сформулированной проблеме, аргументировал его, точно определив ее содержание и составляющие. Приведены данные отечественной и зарубежной литературы, статистические сведения, информация нормативно-правового характера. Студент знает и владеет навыком самостоятельной исследовательской работы по теме исследования; методами и приемами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно	100 – 86  Зачтено
базовый	Работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Для аргументации приводятся данные отечественных и зарубежных авторов. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении работы	85-76  Зачтено
пороговый	Студент проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимает базовые основы и теоретическое обоснование выбранной темы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы, оформлении работы	75-61  Зачтено
уровень не достигнут	Работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Допущено три или более трех ошибок в смысловом содержании раскрываемой проблемы, в оформлении работы.	60-0  Не зачтено

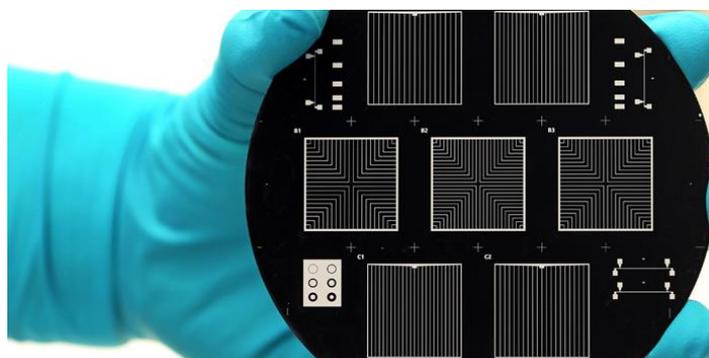
Ролевая игра (ПР-10) - Совместная деятельность группы обучающихся под управлением преподавателя с целью решения учебных и профессионально-ориентированных задач путем игрового моделирования реальной проблемной ситуации. Позволяет оценивать умение анализировать и решать типичные профессиональные задачи.

### **Ролевая игра.**

## Солнечные элементы на основе наноматериалов

В условиях роста мировой численности населения и увеличения спроса на энергию, производство энергии является одной из самых насущных глобальных проблем, которую человечество должно решить в течение следующих нескольких десятилетий. Необходимо разработать альтернативные технологии для снижения зависимости от сильно загрязняющих атмосферу ископаемых видов топлива, придерживаясь при этом экономической рентабельности. Эффективное использование солнечной энергии может закрыть все наши энергетические потребности. Как вы уже знаете, солнечные батареи преобразуют солнечный свет в электричество. Современные коммерчески доступные солнечные батареи имеют недостаточно высокую эффективность при преобразовании солнечной энергии в электричество, к тому же их производство обходится дорого. Это связано с тем, что солнечные элементы создаются на основе высокочистых материалов, а при производстве применяются очень высокие температуры и требуются дорогие “легирующие” материалы. Недавно были разработаны новые архитектуры солнечных элементов, которые используют наноматериалы. Создаваемые солнечные батареи отличаются легким весом и гибкостью. Высокая эффективность преобразования энергии обусловлена очень высокой внутренней площадью поверхности, что улучшает захват солнечного света. Более того, в новом поколении солнечных батарей применяются наноматериалы, которые эффективнее собирают свет, подобно растениям, использующим фотосинтез. Такие наноматериалы основаны на высокопористой матрице из наночастиц диоксида титана, который очень эффективен при транспортировке электронов, производимых химическими веществами.

Когда эти наноматериалы инкапсулированы или содержатся в солнечных батареях, риск их контакта с пользователем очень низок. Проблема может возникнуть, когда срок службы устройства подходит к концу и тогда могут возникнуть проблемы с утилизацией солнечных панелей, особенно если правовое регулирование и контроль за этими устройствами отстает от их разработки и внедрения в эксплуатацию.



**Рисунок 1.1.** – Экспериментальный образец наноструктурированных солнечных элементов.

**Дилемма:** Как вы считаете, можно ли изготавливать солнечные элементы, содержащие

наночастицы, и панели на их основе, до того, как все связанные с ними риски (химические, биологические, токсикологические) будут полностью установлены и подтверждена безопасность их использования?

При обсуждении должно быть задействовано шесть стейкхолдеров (заинтересованных лиц): **Производитель, Правительство, Потребитель, Защитник окружающей среды, Ученый, Магистрант.**

Стейкхолдер – **Производитель**

\* Прочитайте текст на вашей карточке и поделитесь своим мнением с группой

Вы представляете компанию, которая разработала очень дешевый способ производства солнечных элементов с использованием наночастиц и стремитесь к тому, чтобы как можно скорее начать продавать их.

**Ваши первичные мотивы:**

- Обеспечение очень полезным и ценным продуктом потребителей.
- Получения прибыли для собственников компании и акционеров.

Рассмотрите следующий **пример:**

- Ваша компания вложила много денег в развитие продукта, поэтому есть естественное стремление продать как можно больше солнечных панелей, чтобы покрыть расходы и получить прибыль.
- Ваша компания имеет конкурентов на рынке солнечных батарей. Ваша цель состоит в том, чтобы быть конкурентноспособным за счет высокого качества и умеренной цены.
- Общество уже столкнулось со многими технологиями, с которыми связаны риски для здоровья и окружающей среды.
- Традиционные кремниевые солнечные элементы не являются идеальным решением. Их производство обходится дорого. Более того, в производственном процессе присутствуют этапы, которые могут наносить существенный вред окружающей среде.

**Поделитесь своим мнением с другими участниками дискуссии.**

**Помните, что вы можете генерировать любые новые идеи, не описанные в данном задании.**

Стейкхолдер – **Правительство**

\* Прочитайте текст на вашей карточке и поделитесь своим мнением с группой

Вы представляете правительство, которое может принимать и следить за исполнением законов.

**Ваши основные мотивы:**

- \* Поощрять любые технические инновации, обеспечивающие население энергией, которая является одновременно «зеленой» и более эффективной по сравнению с традиционными источниками.
- \* Поощрять и сохранять технологическое превосходство нации.
- \* Защищать граждан от возможного вреда, наносимого до конца не исследованными материалами и технологиями.

**Рассмотрите следующий пример:**

- \* Наноструктурированные солнечные элементы - это новая и очень перспективная технология, которая направлена на решение многих текущих и потенциальных экологических проблем.
- Однако есть озабоченность по поводу безопасности этой технологии; поэтому необходимо принять ограничительные законы.
- \* Общество уже приняло многие технологии, обладающие рисками.
- \* Скорость технологического регулирования всегда отстает от темпов разработки и производства продукции. Наука и техника - это очень быстро развивающаяся область.
- \* Возможные риски должны быть взвешены с учетом преимуществ, которые может принести такая технология.

**Поделитесь своим мнением с другими участниками дискуссии.**

**Стейкхолдер – Потребитель**

- \* Прочитайте текст на вашей карточке и поделитесь своим мнением с группой
- Вы представляете потребителей, ищущих надежный и безопасный продукт.

**Ваши основные мотивы:**

- \* Желание сохранить ваш текущий образ жизни.
- \* Уверенность, что вы получаете самый экономичный и качественный продукт.

**Рассмотрите следующий пример:**

- \* Общество уже приняло многие технологии, которые обладают различными рисками.
- С помощью новой технологии наноструктурированных солнечных элементов удастся решить многие текущие энергетические проблемы.
- \* Дешевая, нескончаемая энергия - это то, к чему я привык. Я не хочу тратить больше на продукты, еду и топливо. Если мы продолжим полагаться на ископаемое топливо, все станет намного дороже.
- \* «Зеленая» энергия, получаемая с помощью наноструктурированных солнечных батарей, может быть нашей конечной целью. Даже если ее достижение потребует выбросов потенциально токсичных отходов в окружающую среду.

\* Противоположное мнение: Очевидно, что «зеленая» энергия, полученная из наноструктурированных солнечных батарей, является важной целью для человечества. Но нельзя допустить, чтобы для достижения этой цели потенциально токсичные отходы попадали в окружающую среду.

**Поделитесь своим мнением с другими участниками дискуссии.**

Стейкхолдер – **Защитник окружающей среды**

\* Прочитайте текст на вашей карточке и поделитесь своим мнением с группой

Вы представляете организации и группы, стремящиеся обеспечить человека экологически чистыми продуктами и сохранить окружающую среду для будущих поколений.

**Ваши основные мотивы:**

\* Максимальное использование электроэнергии, вырабатываемой с помощью устоявшихся, экономичных и экологически одобренных технологий.

\* Обеспечение долгосрочного планирования по исследованию, развитию и использованию энергии.

Рассмотрите следующий **пример**:

\* Очевидно, что «зеленая» энергия, полученная из наноструктурированных солнечных батарей, является важной целью для человечества. Но нельзя допустить, чтобы для достижения этой цели потенциально токсичные отходы попадали в окружающую среду.

\* В прошлом общество одобрило многие технологии, которые оказались рискованными.

- Цель использования новых солнечных элементов заключается в решении многих текущих энергетических проблем, но неожиданные эффекты из-за использования наночастиц могут оказаться вредными для здоровья человека и окружающей среды в ближайшем будущем.

- В настоящее время должны быть разработаны предостережения и созданы средства мониторинга до массового производства и использования наноструктурированных солнечных элементов.

**Поделитесь своим мнением с другими участниками дискуссии.**

Стейкхолдер – **Ученый**

\* Прочитайте текст на вашей карточке и поделитесь своим мнением с группой

Вы представляете сообщество ученых и исследователей в области нанонауки и нанотехнологий.

**Ваши основные мотивы:**

\* Искать новые знания и обретать понимание окружающего нас мира на атомном и молекулярном уровне.

- Контролировать материю на атомном и молекулярном уровне.

\* Создавать новые материалы и устройства с широким спектром применения в таких областях, как медицина, электроника и производство энергии.

Рассмотрите следующий **пример**:

\* Открытия, изобретения и разработки являются "движущей силой" человеческого прогресса в различных сферах нашей жизни.

\* Эти открытия основаны на исследованиях, проведенных учеными.

• Всегда необходимо искать баланс между потенциальным риском и потенциальным развитием. Всегда есть компромиссы.

\* Решение энергетических и экологических проблем в настоящее время имеют первостепенное значение для нашего общества, и ограничивать развитие в этой области было бы неправильно.

\* В прошлом общество приняло многие технологии, которые оказались рискованными.

**Поделитесь своим мнением с другими участниками дискуссии.**

Стейкхолдер – Магистрант

**Поделитесь своим мнением с другими участниками дискуссии.**

### ***Критерии оценки:***

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Студент/группа выразили своё мнение по сформулированной проблеме, аргументировали его, точно определив ее содержание и составляющие. Продемонстрировано знание и владение навыком самостоятельной исследовательской работы по теме исследования; методами и приемами анализа ситуации. Студент способен вести научную беседу, соблюдать этические нормы, оказывать необходимое воздействие на адресата. Нет фактических ошибок.	100-86 Зачтено
Базовый	Студент/группа выразили своё мнение по сформулированной проблеме. Продемонстрировано владение навыком самостоятельной исследовательской работы по теме исследования. Студент способен вести научную беседу, соблюдать этические нормы, аргументировать свои суждения и доводы. Допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы.	85-76 Зачтено
Пороговый	Студент показывает фрагментарные, поверхностные знания темы; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии, с осуществлением деловой беседы, соблюдения этических норм, четкой аргументации своих суждений и доводов. Допущено не более 3 грамматических и лексических ошибок.	75-61 Зачтено

Уровень не достигнут	Студент не способен или частично способен вести научную беседу, соблюдать этические нормы, аргументировать свои суждения и доводы. Допущены грубые ошибки.	60-0 Не зачтено
----------------------	--	--------------------

Кейс-задача (ПР-11) - проблемное задание, в котором обучающемуся предлагается осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы.

Приступая к выполнению кейс-задачи, прежде всего, студенту необходимо подробно изучить вопросы практического занятия, соответствующую литературу, требования к содержанию и структуре задачи. Студент должен определить и усвоить ключевые понятия и представления. В случае возникновения трудностей студент должен и может обратиться за консультацией к преподавателю.

Критерием оценки выполнения кейс-задачи является умение студента синтезировать, анализировать, обобщать фактический материал с формулированием конкретного результата. Оценивается творческий уровень, позволяющий диагностировать умения, интегрировать знания, аргументировать ответ. При оценке учитывается знание основных направлений дизайна наноматериала для конкретного применения.

### **Кейс-задача.**

#### **Многофункциональные покрытия для металлорежущего инструмента**

#### **Технологическая область «Передовые производственные технологии»**

#### **ПАО «Прогресс», Арсеньев, Приморский край**

#### **О компании**

ПАО «Арсеньевская Авиационная Компания „ПРОГРЕСС“ им. Н. И. Сазыкина» — авиастроительная компания, расположенная в городе Арсеньев в Приморском крае, одно из крупнейших предприятий аэрокосмической промышленности РФ. Входит в холдинг АО «Вертолёты России». Сегодня визитной карточкой ААК «Прогресс» являются выпускаемые по заказам Министерства обороны России боевые вертолёты Ка-52 «Аллигатор» разработки ОКБ Камова. Идет подготовка к производству военно-морского вертолёта Ка-52К и гражданского Ка-62.

Авиатехника, произведённая заводом, неоднократно демонстрировалась на международных авиасалонах и выставках вооружений. ААК «Прогресс» на протяжении

десятилетий тесно сотрудничал со всемирно известными конструкторскими бюро — А. С. Яковлева, О. К. Антонова, М. Л. Миля, Н. И. Камова, МКБ «Радуга».

Производственная площадь завода — 290 000 кв.м. Численность работающих — 6200 человек.

Трудовые заслуги коллектива завода были отмечены правительственными наградами: орденами Трудового Красного Знамени (1977 г.) и Октябрьской революции (1986 г.). За 70 лет работы завода «Прогресс» 625 работников удостоено государственных наград и отраслевых поощрений. Три человека были удостоены звания Героя Социалистического труда — директор завода Сазыкин Н. И., слесарь Кузнецова М. А., токарь Удовенко Н. Ф.

### **Выпускаемая продукция**

#### **Серийные вертолёты:**

- [Ка-52](#) «Аллигатор» — всепогодный разведывательно-ударный боевой вертолёт.
- [Ка-52](#) «Аллигатор» — экспортный всепогодный разведывательно-ударный боевой вертолёт (с 2016 года).
- Ка-52К «Катран» — всепогодный разведывательно-ударный боевой вертолёт корабельного базирования (с 2015 года).
- [Ка-62](#) с 2015 года.

#### **Снятые с производства вертолёты:**

- [Ми-34С](#) — лёгкий многоцелевой [вертолёт](#)
- [Ка-50](#) — боевой вертолёт «Чёрная акула»

#### **Самолёты:**

- [Як-54](#) — спортивно-пилотажный [самолёт](#)

#### **Ракеты:**

- [ЗМ-80](#) — противокорабельная [крылатая ракета](#) комплекса «Москит»
  - ЗМ-80Е — противокорабельная [крылатая ракета](#) комплекса «Москит-Е»
  - ЗМ-80МВЕ — противокорабельная [крылатая ракета](#) комплекса «Москит-МВЕ»
  - ЗМ-82 — противокорабельная [крылатая ракета](#)

ААК «Прогресс» экспортировал свою продукцию в более, чем 50 стран мира: [Вьетнам](#), [Ирак](#), [Кубу](#), [Йемен](#), [Китай](#), [Сирию](#), [Индию](#), [Алжир](#), [Египет](#) и другие страны.



**Рисунок 1** – Вертолет К-52 «Аллигатор».



**Рисунок 2** - Цех программной обработки деталей ПАО «ААК "Прогресс"» укомплектован станками CTX 300 Alpha-D производства немецкой фирмы DMG. Эта фирма уже поставляла на предприятие токарно-фрезерные центры, которые в настоящее время успешно работают, осваивается широкая номенклатура деталей. На этих станках обрабатываются все виды материалов, которые применяются сейчас на предприятии.

Для создания вертолетов и другой продукции используются металлорежущие инструменты, которые позволяют вырезать нужную деталь, делать в ней необходимые отверстия и выемки, осуществлять финишную обработку поверхности.

### **Процесс металлообработки**

Повышение работоспособности режущего инструмента является важнейшим резервом интенсификации процесса резания и роста эффективности механообрабатывающего производства. Режущий инструмент является особым объектом механической обработки, от которого в первую очередь зависит работоспособность технологической системы в целом. Роль режущего инструмента еще больше возрастает на операциях механической обработки, характеризующихся повышенными теплосиловыми нагрузками – при высокоскоростном

резании, при обработке деталей из закаленных, коррозионно-стойких, жаропрочных сталей и сплавов, а также различных композиционных материалов.

В настоящее время отсутствуют универсальные инструментальные материалы, которые смогли бы обеспечить высокую работоспособность режущего инструмента при разнообразном характере условий его эксплуатации. Область применения современных инструментальных материалов определяется их физико-механическими свойствами – например, быстрорежущие стали характеризуются высокими прочностными свойствами, но имеют сравнительно невысокую твердость и теплостойкость, а режущая керамика, напротив, имеет высокие значения твердости и теплостойкости, но обладает низкими прочностными свойствами.

Работоспособность режущего инструмента во многом определяется свойствами его режущей поверхности (кромки). Следовательно, повышение износостойкости кромок режущего инструмента, изготовленных из традиционных инструментальных материалов, является эффективным направлением роста его работоспособности. Повышение износостойкости рабочей поверхности режущего инструмента может быть обеспечено применением различных методов поверхностной упрочняющей обработки (химико-термической, деформационной, нанесением износостойких покрытий, модификацией свойств поверхностного слоя инструмента и другими способами).

Для изготовления режущих инструментов применяется широкая номенклатура инструментальных материалов, которые подразделяется на четыре основные группы, Рис.3.



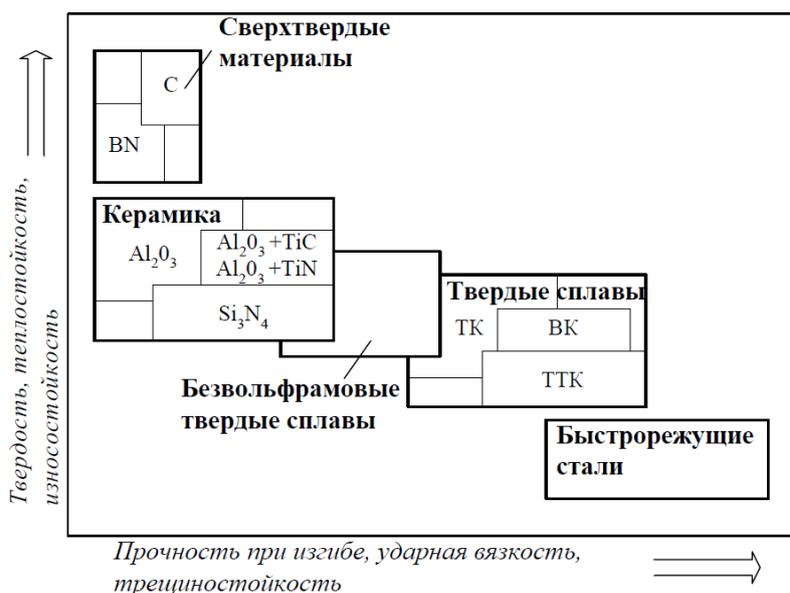
Рисунок 3 - Классификация инструментальных материалов.

В процессе обработки металлов резанием рабочие поверхности инструментов подвергаются интенсивному воздействию высоких контактных давлений и температур, а

взаимодействие с обрабатываемым материалом и реагентами из окружающей среды приводит к протеканию интенсивных физико-химических процессов – адгезии, диффузии, окисления. Чтобы инструменты могли сопротивляться этим процессам и действующим на них нагрузкам, инструментальные материалы должны обладать следующими свойствами: твердостью, механической прочностью при изгибе, растяжении и кручении, ударной вязкостью, теплостойкостью, высокой износостойкостью, достаточной теплопроводностью, низкой физико-химической активностью инструментального материала по отношению к обрабатываемому, Рис.4.

Важным свойством инструментального материала является его *технологичность*. Под технологичностью понимается комплекс свойств, характеризующих поведение инструментальных материалов при изготовлении режущего инструмента. Технологичность определяет возможность использования марки инструментального материала в конструкции конкретного режущего инструмента. Например, материалы, обладающие плохой шлифуемостью, неудобны при изготовлении и переточке сложнопрофильных инструментов, а слишком узкий интервал закалочных температур материала при термообработке может привести к браку и т.д.

Наряду с рассмотренными выше физико-механическими, кристаллохимическими и технологическими свойствами, немаловажной характеристикой инструментальных материалов является их *экономичность*, которая в основном зависит от химического состава инструментальных материалов. Введение большого количества дорогостоящих легирующих элементов (вольфрама, кобальта и т.д.) существенно увеличивает стоимость инструментальных материалов.

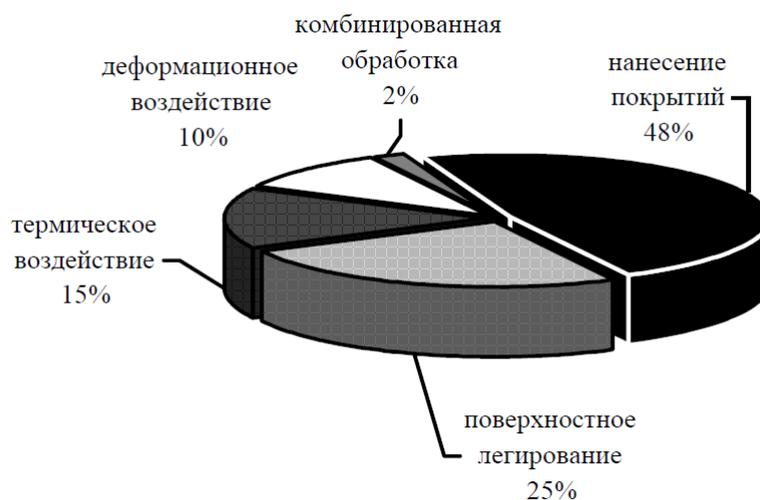


**Рисунок 4** - Классификация инструментальных материалов по их свойствам.

Таким образом, физико-механические, теплофизические и кристаллохимические свойства инструментального материала сильно влияют на работоспособность режущего инструмента, а оптимальный выбор сочетания этих свойств позволяет в известных пределах управлять процессами изнашивания инструмента, трансформировать один механизм изнашивания в другой, снижать интенсивность изнашивания контактных площадок инструмента. Например, при постоянных значениях геометрических параметров инструмента и режимов обработки, рост таких свойств инструментального материала как твердость, теплостойкость, прочность, пассивность по отношению к обрабатываемому материалу и активным реагентам из окружающей среды, приводит к росту износостойкости контактных площадок инструмента, и соответствующему увеличению его работоспособности. Однако большинство физико-механических и теплофизических свойств инструментального материала неоднозначны, так как улучшение одного из них, как правило, ведет к ухудшению других. Указанное наглядно демонстрируется на Рис.4, на котором представлена классификация современных инструментальных материалов по их основным свойствам.

#### **Методы упрочнения режущего инструмента**

Все многообразие используемых в инструментальном производстве методов поверхностной упрочняющей обработки можно разделить на 5 групп: деформационное воздействие; термическое воздействие; поверхностное легирование; нанесение покрытий; комбинированная обработка. Методы, относящиеся к различным группам, оказывают различное воздействие на поверхность и поверхностный слой режущего инструмента. При деформационном воздействии происходит наклеп поверхностного слоя режущего инструмента, изменяется его микрогеометрия и энергетический запас. Результатом термического воздействия на поверхностный слой инструмента является изменение его структуры, при этом его химический состав остается неизменным. Поверхностное легирование изменяет химический состав и, как правило, структуру поверхностного слоя режущего инструмента. При нанесении покрытий на поверхности режущего инструмента происходит формирование тонкой пленки. На Рис.5 представлено приближенное процентное соотношение между различными группами методов поверхностной упрочняющей обработки, применяющихся при производстве режущего инструмента.



**Рисунок 5** - Доля различных групп методов нанесения покрытий и модификации поверхности в инструментальном производстве.

### **Нанесение износостойких покрытий**

Одним из наиболее эффективных способов обеспечения оптимального сочетания «твердость-пластичность» инструментальных материалов являются методы нанесения износостойких покрытий. Современные технологические процессы позволяют синтезировать покрытия на основе одинарных, двойных и тройных соединений тугоплавких металлов IV - VI групп Периодической системы элементов (карбиды, нитриды, бориды, оксиды и их смеси). Толщина каждого слоя таких покрытий может составлять нескольких нанометров, что позволяет не только предельно уменьшить количество различных дефектов, но и реализовать «теоретическую» прочность материала покрытия. Использование инструментов с подобными покрытиями позволяет эффективно решить целый ряд задач для широкой гаммы технологических операций резания, связанных с повышением производительности, точности и качества обработки, снижением расхода дорогостоящих инструментальных материалов, возможностью реализации экологически безопасного резания.

В Табл.1 приведены физико-механические свойства соединений, которые могут быть использованы в качестве покрытий для режущего инструмента. Как видно из представленных данных, все соединения характеризуются высокими значениями микротвердости, значительно превышающими твердость инструментальных материалов и имеют значительно более высокие температуры плавления.

Между тугоплавкими карбидами, нитридами и боридами имеется качественное различие (Табл.2 и 3). Бориды и карбиды являются более твердыми и обладают более высокой термодинамической устойчивостью по сравнению с нитридами. Практически это означает, что нитриды имеют более низкую сопротивляемость высокотемпературному окислению и

коррозии. Тем не менее, нитриды характеризуются более высокой пассивностью по отношению к большинству обрабатываемых материалов (более низкой склонностью к твердо- и жидкофазным диффузиям), а также сильно отличаются от них кристаллохимическим строением. Кроме того, нитриды более пластичны и менее хрупки, чем карбиды и бориды. Это является их преимуществом при использовании в условиях переменных теплосиловых нагрузок – например, в условиях наростообразования или в процессах прерывистого резания.

Можно сделать общий вывод, что твердые материалы с ионной связью ввиду их высокой стабильности и слабой склонностью к физико-химическому взаимодействию, лучше всего подходят в качестве материалов покрытия для инструмента, предназначенного для финишной обработки поверхности.

**Таблица 1.** Физико-механические свойства соединений с различным типом химической связи

Соединение	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Температура плавления, °С	Твердость по Виккерсу*, ГПа	Модуль Юнга, кН/мм <sup>2</sup>	Коэффициент термического расширения, 10 <sup>6</sup> К <sup>-1</sup>
материалы с металлической связью					
TiB <sub>2</sub>	4,50	3225	30	560	7,8
TiC	4,93	3067	28	470	8,0-8,6
TiN	5,40	2950	22	590	9,4
ZrB <sub>2</sub>	6,11	3245	23	540	5,9
ZrC	6,63	3445	25,6	400	7,0-7,4
ZrN	7,32	2982	16	510	7,2
VC	5,41	2648	29	430	7,3
VN	6,11	2177	15,6	460	9,2
NbB <sub>2</sub>	6,98	3036	26	630	8,0
NbC	7,78	3613	18	580	7,2
TaB <sub>2</sub>	15,58	3037	21	680	8,2
TaC	14,48	3985	15,5	560	7,1
CrB <sub>2</sub>	5,58	2188	22,5	540	10,5
CrN	6,12	1050	11	400	(2,3)
Mo <sub>2</sub> C	9,18	2517	16,6	540	7,8-9,3
W <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	13,03	2365	27	770	7,8
WC	15,72	2776	23,5	720	3,8-3,9.
материалы с ковалентной связью					
B <sub>4</sub> C	2,52	2450	30-40	441	4,5 (5,6)
BN (куб)	3,48	2730	50	660	
C (алмаз)	3,52	3800	80	910	1,0
B	2,34	2100	27	490	8,3
SiC	3,22	2760 (разл)	26	480	5,3
SiB <sub>6</sub>	2,43	1900	23	330	5,4
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	3,19	1900	172	210	2,5
AlN	3,26	2250 (разл).	123	350	5,7
материалы с ионной связью					
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,98	2047	21	400	8,4
Al <sub>2</sub> TiO <sub>5</sub>	3,68	1894	-	13	0,8
TiO <sub>2</sub>	4,25	1867	11	205	9,0
ZrO <sub>2</sub>	5,76	2677	12	190	11(7,6)
HfO <sub>2</sub>	10,2	2900	78	-	6,5
ThO <sub>2</sub>	10,0	3300	95	240	9,3
BeO	3,03	2550	15	390	9,0
MgO	3,77	2827	75	320	13,0

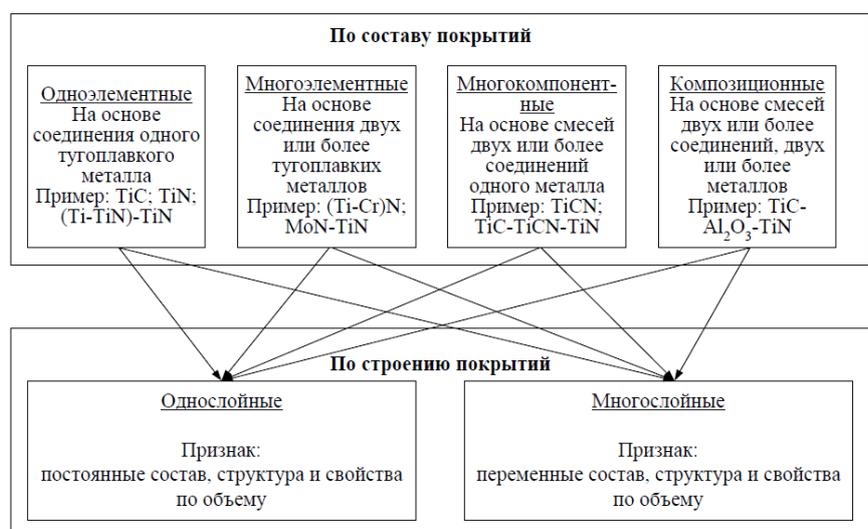
**Таблица 2.** Качественное сравнение характеристик материалов твердых покрытий с различными типами связи

Сравниваемое свойство → <i>увеличение</i>	Тип химической связи между атомами		
	Твердость	ионная	металлическая
Хрупкость	металлическая	ковалентная	ионная
Температура плавления	ионная	металлическая	ковалентная
Стабильность	ковалентная	металлическая	ионная
Коэффициент термического расширения	ковалентная	металлическая	ионная
Прочность адгезионной связи с инструментальной матрицей	ковалентная	ионная	металлическая
Склонность к взаимодействию с обрабатываемыми материалами	ионная	ковалентная	металлическая
Многослойная совместимость	ковалентная	ионная	металлическая

**Таблица 3.** Качественное сравнение свойств боридов, карбидов и нитридов

Сравниваемое свойство → <i>увеличение</i>	Тип соединения		
	Твердость	нитриды	карбиды
Хрупкость	бориды	карбиды	нитриды
Температура плавления	нитриды	бориды	карбиды
Стабильность	бориды	карбиды	нитриды
Коэффициент термического расширения	бориды	карбиды	нитриды
Прочность адгезионной связи с инструментальной матрицей	нитриды	карбиды	бориды
Склонность к взаимодействию с обрабатываемыми материалами	нитриды	карбиды	бориды

Все покрытия, используемые для нанесения на режущий инструмент (Рис.6), условно можно классифицировать по составу (одноэлементные, многоэлементные, многокомпонентные и композиционные) и строению (однослойные и многослойные).



**Рисунок 6 -** Классификация износостойких покрытий для режущего инструмента по составу и строению.

Чрезвычайно важной задачей разработки инструментального материала с покрытием является выбор метода нанесения покрытий. Наибольшее распространение для нанесения износостойких покрытий на режущий инструмент получили методы химического (CVD – Chemical Vapour Deposition) и физического (PVD – Physical Vapour Deposition) осаждения покрытий. Разновидностями метода химического осаждения являются высокотемпературное осаждение покрытий – high-temperature (HT-CVD), среднетемпературное осаждение – medium-temperature (MT-CVD) и осаждение покрытий с плазменным сопровождением – plasma assisted (PA-CVD); метода физического осаждения – ионно-термическое, электродуговое и ионное распыление.

### **Обзор текущего состояния на рынке покрытий.**

Основные производители промышленного оборудования для нанесения функциональных покрытий: Balzers (Первое место в мире по объему поставок оборудования), Platit, Hauzer, Cemicon, Metaplas, Leybold. Такое оборудование позволяет получать **Diamond like coating (DLC) – алмазоподобные покрытия (ta-C)**, отличающиеся высокими функциональными свойствами для режущего инструмента.

Сравнение промышленных способов получения тонкопленочных покрытий (Balzers, PLATIT, Hauzer):

**PVD** - Physical vapor deposition- обычно реализуется с помощью магнетронов, для которых характерна малая мощность, как следствие низкая скорость осаждения, слабая адгезия покрытий.

**Arc PVD** - осаждение с помощью плазмы, можно использовать только металлические мишени, большие плотности тока, как следствие возможно осаждение капельной фазы.

**CVD** – температура активации реакций от 720 °C, не подходит для осаждения алмазоподобных покрытий, изменяется структура металла.

**PACVD** - Plasma-assisted chemical vapour depositionю Температура осаждения от 200 °C, осаждение алмазоподобных покрытий возможно только в присутствии прекурсоров, например, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>. Как следствие пленки содержат водород, что снижает функциональные характеристики.

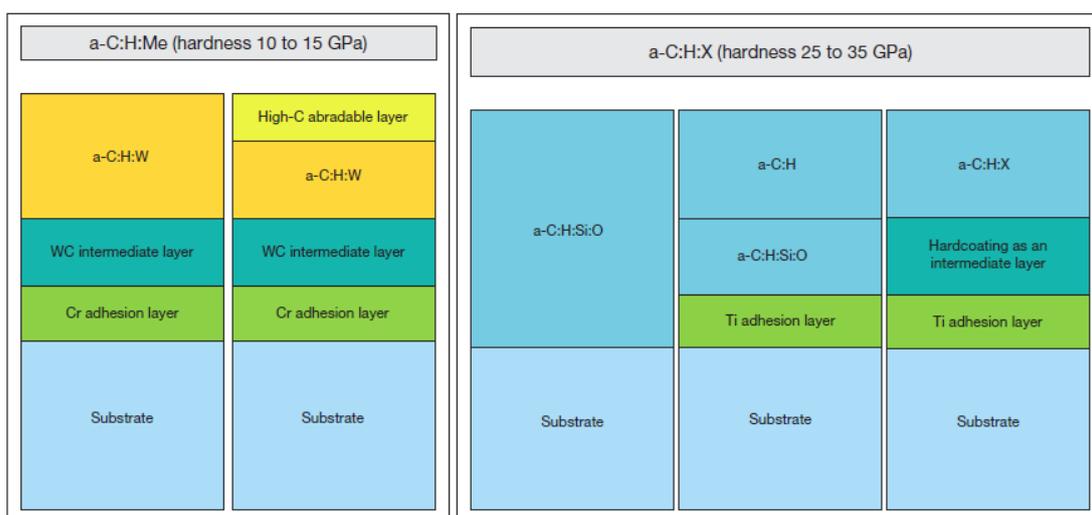
**Установка SNC-500, запущенная в ДВФУ, работает на основе Laser Arc & Filtred Arc PVD:**

- плазма «зажигается» с помощью лазера, который испаряет материал с поверхности графитовой мишени;
- позволяет осаждать «чистые» алмазоподобные покрытия в высоком вакууме и при меньших токах.
- использование фильтрации частиц по энергиям, позволяет получить однородные пленки без вкраплений капельной фазы.



**Рисунок 7** – Установка SNC-500, установленная в ДВФУ, позволяет получать покрытия TiN, TiAlN, ta-C, ta-C:H и другие.

Для того чтобы придать свойства, превосходящие характеристики классический покрытий, получаемых методом PVD (например, TiN, TiCN, CrN) до высокопроизводительных PVD и DLC слоя, многочисленные параметры архитектуры многослойного покрытия могут быть изменены: количество, толщина и состав слоев.



**Рисунок 8** – Возможная структура многослойных покрытий с верхним слоем DLC.

На рисунке представлена структура DLC слоев с содержанием вольфрама или кремния, имеющих твердость изменяющуюся от 10 до 35 GPa.

Огромное значение имеет кристаллическая структура покрытия и структура интерфейсов между слоями. В материалах с наноразмерным зерном дислокации практически не возникают, в случае аморфных материалов можно говорить об субатомных нанокристаллических структурах и соответствующих направленных изменениях свойств материалов.

Влияние технологических параметров на свойства сверхтвердых алмазоподобных покрытий ta-C в настоящее время практически не исследовано. Отработана технология

нанесения покрытия на микросверла. Ниже представлена таблица с результатами сравнения параметров на сверлах диаметром менее 0,3 мм нанесенных традиционным способом (Balzerz, Platit, IonBond) и новой технологией.

**Таблица 4.** Сравнение алмазоподобных покрытий, полученных разными организациями.

	ДВФУ	Hitachi	Sumitomo	Cosmos	Nanofilm (Singapore)
Срок эксплуатации (в сравнении с непокрытыми инструментами)	10	3-5	3-5	2-3	4
Себестоимость покрытия, /шт	<0,5	>10	>10	>10	>10
Твердость покрытия, HV	>5000	>5000	>5000	н / д	>5000
Модуль Юнга, ГПа	> 600	н / д	н / д	н / д	>600
Низкая температура осаждения*, °С	<70	100-150	100-150	н / д	<200
Самосмазываемость покрытия	+	+	+	н / д	+
Температурная стабильность, °С	> 400	н / д	н / д	н / д	>400

Технология нанесения ta-C покрытий превращает «плохой» и дешевый микроинструмент “made in China” в аналог инструмента, сделанному в Японии. При этом он остается более дешевым. Этим гарантируется конкурентоспособность продукта.

Ниже представлены изображения покрытых сверел и фрез, полученных в ДВФУ.



**Рисунок 9** - Микросверла с ta:C покрытием (верхний ряд) и без покрытия (нижний ряд).

Толщина покрытия 240 нм.



**Рисунок 10** - Сверла с покрытием (крайние) и без покрытия (по середине).

#### **Техническое задание**

В виду ограничений на поставку из-за рубежа металлорежущего инструмента с нанесенными многофункциональными покрытиями, руководством завода «Прогресс» принято решение по производству собственного инструмента. Однако у завода нет мощностей для нанесения многофункциональных тонкопленочных покрытий.

Предложите решение по улучшению рабочих характеристик металлорежущего инструмента (фрез, сверел) с использованием многофункциональных покрытий. Необходимо подобрать наилучшие покрытия для обработки легких металлов (алюминий, бронза, медь, магний, латунь, никель, сплавы) и высокопрочных металлов с высокой вязкостью (титан, сталь, чугун, титановые сплавы).

При решении проблемы, следует учесть, что в Дальневосточном федеральном университете есть напылительная установка швейцарского производства SWISSNANOCOAT, которая работает на основе **Laser arc & filtered arc PVD** – плазма «зажигается» с помощью лазера, который испаряет материал с поверхности графитовой мишени, что позволяет осаждать «чистые» алмазоподобные покрытия в высоком вакууме и при меньших токах. Использование фильтрации частиц по энергиям, позволяет получить однородные пленки без вкраплений капельной фазы. Кроме этого, в системе установлены мишени Ti и Al. Есть возможность напылять эти материалы в атмосфере азота и ацетилена.

#### **Маркетинговое и PR-задание**

Каким образом использование новых многофункциональных покрытий на металлорежущем инструменте отразится на конечной продукции завода «Прогресс»? Какие

мероприятия вы бы порекомендовали провести для информирования потенциальных покупателей (например, в ходе специализированной выставки) об инновационных технологиях по обработке деталей вертолетов и полученных от этого преимуществах? Проведите примерные расчеты себестоимости металлорежущего инструмента с многофункциональными покрытиями и сравните со стоимостью зарубежных аналогов. Для получения информации используйте открытые источники в сети Интернет, а также проведите беседу с экспертами из ДВФУ.

### Источники информации:

1. Григорьев, С. Н. Технологические методы повышения износостойкости контактных площадок режущего инструмента : [монография] / С. Н. Григорьев, В. П. Табаков, М. А. Волосова. - Старый Оскол : ТНТ, 2015. -379 с. : ил., табл., схемы.
2. Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание материалов. М.: Высшая школа, 2009. 535 с.
3. Инструменты из сверхтвердых материалов / под ред. Н.В. Новикова. М: Машиностроение, 2005. 555 с.
4. Григорьев С.Н., Волосова М.А. Нанесение покрытий и поверхностная модификация инструмента. Учебное пособие. М.: ИЦ МГТУ «СТАНКИН», Янус-К, 2007. –324с.
5. Берлин Е.В., Сейдман Л.А.; Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. Издательство: Техносфера, 2010.
6. <http://technomag.edu.ru/doc/569432.html>
7. <http://www.dlc.ru/>

### Критерии оценки:

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Группа выполнила задание, грамотно решила реальную профессионально-ориентированную ситуацию с представлением результата. Продемонстрировано знание и владение навыками самостоятельной групповой работы по заданной теме, технологиями, методами и приемами анализа ситуации. Требования к содержанию и структуре задания полностью соблюдены.	100-86 Зачтено
Базовый	Группа выполнила задание, решила реальную профессионально-ориентированную ситуацию с представлением результата. Продемонстрировано владение навыком самостоятельной групповой работы по заданной теме, методами анализа ситуации. В целом соблюдаются требования, предъявляемые к содержанию и структуре задания. Допущено не более 2 ошибок или неточностей при формировании документов.	85-76 Зачтено

Пороговый	Студенты выполнили задание, но обнаружили фрагментарные, поверхностные знания темы; испытывают затруднения с использованием ключевых понятий, выполнением задания в целом. В целом соблюдаются требования, предъявляемые к содержанию и структуре задания. Допущено не более 5 ошибок или неточностей при формировании документов.	75-61 Зачтено
Уровень не достигнут	Студенты частично выполнили задание, обнаружили незнание темы и ключевых понятий. Не соблюдены требования к содержанию и структуре задания. Допущено более 5 ошибок или неточностей при формировании документов.	60-0 Не зачтено

**Промежуточная аттестация студентов** по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Форма отчётности по дисциплине – зачёт (2-й, весенний семестр). Студент допускается к зачёту после получения положительных оценок за задания текущей аттестации, выполненные в течение семестра (оценочные средства для текущего контроля). Зачёт по дисциплине проводится в форме тестирования и выполнения практического задания.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «зачтено» или «не зачтено».

### ***Банк тестовых заданий***

1. В каком подходе используются атомы и молекулы для создания наноматериалов?
  - a. «сверху вниз»;
  - b. «снизу вверх»;
  - c. Промежуточный подход.
2. Какой элемент занимает главное место в «мягкой» литографии при создании наноструктур?
  - a. Зонд атомно-силового микроскопа;
  - b. Электронный пучок;
  - c. Лазерный луч;
  - d. Эластомерный штамп.
3. Как называется метод «мягкой» литографии, при котором перенос рисунка происходит через прямой контакт штампа с «чернилами» и твердой подложкой?
  - a. Контактная нанопечать;

- b. Нанопрессование;
  - c. Погружная нанолитография.
4. Метод получения наноматериалов, используемый для осаждения металлов с использованием переноса материала от источника к подложке называется:
- a. Вакуумное напыление;
  - b. Химическое парофазное осаждение;
  - c. Сонохимический синтез;
  - d. Золь-гель процесс.
5. Как называется процесс напыления, при котором материал мишени бомбардируется ионами высокой энергии, выбивающими атомы мишени, которые затем летят к подложке?
- a. Молекулярно-лучевая эпитаксия;
  - b. Магнетронное напыление;
  - c. Термическое испарение;
  - d. Электронно-лучевое напыление.
6. Какова цель использования ионизированных атомов аргона при напылении?
- a. выбить атомы металла из мишени;
  - b. для покрытия подложки;
  - c. очистить вакуумную камеру от загрязнений;
  - d. ничего из перечисленного выше.
7. Какой из следующих процессов включает разложение газа-прекурсора для синтеза наноматериалов?
- a. Магнетронное напыление;
  - b. Химическое парофазное осаждение;
  - c. Конденсация в инертной среде;
  - d. Сонохимический синтез.
8. В какой среде происходит синтез наноматериалов при химическом парофазном осаждении?
- a. Жидкой;
  - b. Газообразной;
  - c. Твердой;
  - d. Во всех трех.
9. Травление может быть осуществлено с помощью реактивных газов (в плазме).
- a. Правда;
  - b. Ложь.

10. При каком травлении материал вытравливается равномерно во всех направлениях?
- Изотропное травление;
  - Анизотропное травление.
11. При каком травлении материал вытравливается в выделенном направлении?
- Изотропное травление;
  - Анизотропное травление.
12. Влажное травление является:
- Изотропным;
  - Анизотропным.
13. Сухое травление является:
- Изотропным;
  - Анизотропным.
14. Какая техника травления может привести к вредному травлению материала непосредственно под шаблоном?
- Влажное травление;
  - Реактивное ионное травление.
15. Наиболее распространенным полимерным резистом, используемым в электронной литографии, является:
- Полидиметилсилоксан;
  - Полиметилметакрилат;
  - Поливинилпирролидон;
  - Полистирол.
16. В электронной лучевой литографии, что меняет растворимость (разрывает полимерные цепочки) резиста?
- Ионы;
  - Электроны;
  - Плазма;
  - Нейтральные атомы аргона.
17. Формирование рисунка в электронной литографии достигается с помощью:
- Фотомаски;
  - Цифрового шаблона на компьютере;
  - Контактной нанопечати;
  - Нанопрессования.
18. Электронная лучевая литография может использоваться в сочетании с:

- a. Ионным плазменным травлением;
  - b. Металлизацией;
  - c. Взрывной литографией;
  - d. Со всеми.
19. При создании наноструктур сфокусированным ионным пучком используется:
- a. Электронный луч;
  - b. Лазерный луч;
  - c. Ионный пучок;
  - d. Ионизированные атомы аргоны.
20. Сфокусированный ионный пучок может использоваться для прямого удаления материала подложки и напыления наноструктур.
- a. Правда;
  - b. Ложь.
21. Какой из следующих нанотехнологических методов включает слой резиста?
- a. Фотолитография;
  - b. Электронно-лучевая литография;
  - c. Ионно-плазменное травление;
  - d. Все из обозначенных.
22. В фотолитографии создание рисунка через фотомаску на поверхности пластины осуществляется путем воздействия на светочувствительный материал:
- a. Инфракрасным излучением;
  - b. Синим светом;
  - c. Зеленым светом;
  - d. Ультрафиолетом.
23. Какой процесс используется для нанесения светочувствительного резиста на пластину для фотолитографии?
- a. Микроконтактный принцип;
  - b. Нанопрессование;
  - c. Центрифугирование;
  - d. Напыление.
24. Какое минимальное разрешение элементов достижимо нанолитографией при глубоком ультрафиолете?
- a. 100 нм;
  - b. 20 нм;

- c. 13,5 нм;
  - d. 7,4 нм.
  - e. 1 нм.
25. В каком подходе используются атомы и молекулы для создания наноматериалов?
- d. «сверху вниз»;
  - e. «снизу вверх»;
  - f. Промежуточный подход.
26. Какой элемент занимает главное место в «мягкой» литографии при создании наноструктур?
- e. Зонд атомно-силового микроскопа;
  - f. Электронный пучок;
  - g. Лазерный луч;
  - h. Эластомерный штамп.
27. Как называется метод «мягкой» литографии, при котором перенос рисунка происходит через прямой контакт штампа с «чернилами» и твердой подложкой?
- d. Контактная нанопечать;
  - e. Нанопрессование;
  - f. Погружная нанолитография.
28. Метод получения наноматериалов, используемый для осаждения металлов с использованием переноса материала от источника к подложке называется:
- e. Вакуумное напыление;
  - f. Химическое парофазное осаждение;
  - g. Сонохимический синтез;
  - h. Золь-гель процесс.
29. Как называется процесс напыления, при котором материал мишени бомбардируется ионами высокой энергии, выбивающими атомы мишени, которые затем летят к подложке?
- e. Молекулярно-лучевая эпитаксия;
  - f. Магнетронное напыление;
  - g. Термическое испарение;
  - h. Электронно-лучевое напыление.
30. Какова цель использования ионизированных атомов аргона при напылении?
- e. выбить атомы металла из мишени;
  - f. для покрытия подложки;
  - g. очистить вакуумную камеру от загрязнений;

- h. ничего из перечисленного выше.
31. Какой из следующих процессов включает разложение газа-прекурсора для синтеза наноматериалов?
- e. Магнетронное напыление;
  - f. Химическое парофазное осаждение;
  - g. Конденсация в инертной среде;
  - h. Сонохимический синтез.
32. В какой среде происходит синтез наноматериалов происходит при химическом парофазном осаждении?
- e. Жидкой;
  - f. Газообразной;
  - g. Твердой;
  - h. Во всех трех.
33. Травление может быть осуществлено с помощью реактивных газов (в плазме).
- c. Правда;
  - d. Ложь.
34. При каком травлении материал вытравливается равномерно во всех направлениях?
- c. Изотропное травление;
  - d. Анизотропное травление.
35. При каком травлении материал вытравливается в выделенном направлении?
- c. Изотропное травление;
  - d. Анизотропное травление.
36. Влажное травление является:
- c. Изотропным;
  - d. Анизотропным.
37. Сухое травление является:
- c. Изотропным;
  - d. Анизотропным.
38. Какая техника травления может привести к вредному травлению материала непосредственно под шаблоном?
- c. Влажное травление;
  - d. Реактивное ионное травление.
39. Наиболее распространенным полимерным резистом, используемым в электронной литографии, является:

- e. Полидиметилсилоксан;
  - f. Полиметилметакрилат;
  - g. Поливинилпирролидон;
  - h. Полистирол.
40. В электронной лучевой литографии, что меняет растворимость (разрывает полимерные цепочки) резиста?
- e. Ионы;
  - f. Электроны;
  - g. Плазма;
  - h. Нейтральные атомы аргона.
41. Формирование рисунка в электронной литографии достигается с помощью:
- e. Фотомаски;
  - f. Цифрового шаблона на компьютере;
  - g. Контактной нанопечати;
  - h. Нанопрессования.
42. Электронная лучевая литография может использоваться в сочетании с:
- e. Ионным плазменным травлением;
  - f. Металлизацией;
  - g. Взрывной литографией;
  - h. Со всеми.
43. При создании наноструктур сфокусированным ионным пучком используется:
- e. Электронный луч;
  - f. Лазерный луч;
  - g. Ионный пучок;
  - h. Ионизированные атомы аргоны.
44. Сфокусированный ионный пучок может использоваться для прямого удаления материала подложки и напыления наноструктур.
- c. Правда;
  - d. Ложь.
45. Какой из следующих нанотехнологических методов включает слой резиста?
- e. Фотолитография;
  - f. Электронно-лучевая литография;
  - g. Ионно-плазменное травление;
  - h. Все из обозначенных.

46. В фотолитографии создание рисунка через фотомаску на поверхности пластины осуществляется путем воздействия на светочувствительный материал:
- e. Инфракрасным излучением;
  - f. Синим светом;
  - g. Зеленым светом;
  - h. Ультрафиолетом.
47. Какой процесс используется для нанесения светочувствительного резиста на пластину для фотолитографии?
- e. Микроконтактный принцип;
  - f. Нанопрессование;
  - g. Центрифугирование;
  - h. Напыление.
48. Какое минимальное разрешение элементов достижимо нанолитографией при глубоком ультрафиолете?
- f. 100 нм;
  - g. 20 нм;
  - h. 13,5 нм;
  - i. 7,4 нм.
  - j. 1 нм.

***Критерии оценки:***

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Студент точно отвечает на все вопросы теста, указывает все возможные правильные варианты или допускает 10% ошибок от всего массива правильных вариантов ответов.	100-86 Зачтено
Базовый	Студент точно отвечает на все вопросы теста, указывает все возможные правильные варианты, но допускает 20% ошибок от всего массива правильных вариантов ответов.	85-76 Зачтено
Пороговый	Студент при ответе на вопросы теста допускает 40% ошибок от всего массива правильных вариантов ответов.	75-61 Зачтено
Уровень не достигнут	Студент допускает более 40% ошибок от всего массива правильных вариантов ответов.	60-0 Не зачтено

### Практические задания для зачета:

**Задание 1:** Рассчитайте величину соотношения площади поверхности к объему для цилиндра с радиусом в основании  $r$  и высотой  $h$ .

**Задание 2:** Рассчитайте величину соотношения площади поверхности к объему для куба со стороной  $a$ .

**Задание 3:** Сравните соотношение площадей поверхности одной сферической микрочастицы размером 10 мкм и конечного числа наночастиц размером 10 нм, в сумме дающих такой же объем как и микрочастица. Насколько возрастает площадь поверхности наночастиц?

**Задание 4:** Рассчитайте длину волны электрона  $\lambda_e$  для ускоряющих напряжений  $U = 1, 5, 80$  и  $2\ 000$  кВ в нерелятивистском приделе. Длину волны можно просто рассчитать, используя соотношение де Бройля  $\lambda = h/mv$ , где  $h$  - постоянная Планка,  $m$  - масса электрона, а  $v$  - скорость электронов. Скорость можно узнать с помощью  $eU = mv^2/2$ , где  $e$  - заряд электрона,  $U$  - ускоряющее напряжение. Постройте график зависимости  $\lambda_e = f(U)$  с учетом полученных значений и данных таблицы 1.

Ускоряющее напряжение, кВ	Длины волн электронов, Å
20	0.087
50	0.055
100	0.039

**Задание 5:** В процессе изготовления МЭМС широко применяется технология поверхностной микрообработки. При этом распространен процесс удаления жертвенного окисла с целью освобождения микроструктур (кантилеверов, микромостиков и др.). К сожалению, часто происходит так, что структура остается не свободно стоящей, а прилипает к поверхности подложки (см. рис.), таким образом приводя к полному нарушению функциональности.



С чем связано такое поведение свободных микроструктур и как с ним бороться?

### Критерии оценки:

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
повышенный	Студент решил все задачи с незначительным числом недочетов	100 – 86 Зачтено
базовый	Студент решил все задачи с несколькими ошибками, или решил правильно не менее 75% представленных задач	85-76 Зачтено
пороговый	Студент решил все задачи правильно без раскрытия способа решения, либо использован в целом правильный способ решения, но ответ неверный. Или решил правильно не менее 60% представленных задач с раскрытием способа решения.	75-61 Зачтено
уровень не достигнут	Студент не решил задачи, либо решил неверно более 40% представленных задач без пояснений.	60-0 Не зачтено

### Критерии выставления оценки студенту на зачете

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
<b>«зачтено»</b>	Студент получил не менее 61 балла в ходе прохождения тестирования и не менее 61 балла при решении практических задач.
<b>«не зачтено»</b>	Студент получил 60 и меньше баллов в ходе прохождения тестирования и решения практических задач.

### ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения по дисциплине

Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
виды оценочных средств				
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: опрос)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: доклад, дискуссия, ролевая игра, кейс-задача)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b>	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

