

«

»

“ ”

“ ”

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физико-химические основы нанотехнологии**

: 28.03.02 , :

: 2 3, : 4 5

		<b>4</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	( )	5	5
<b>2</b>		180	180
<b>3</b>	, .	88	50
<b>4</b>	, .	36	18
<b>5</b>	, .	0	0
<b>6</b>	, .	36	18
<b>7</b>	, .	24	12
<b>8</b>	, .	2	2
<b>9</b>	, .	14	12
<b>10</b>	, .	92	130
<b>11</b>	( , , )		
<b>12</b>			

( ): 28.03.02

1414 03.12.2015 . , : 31.12.2015 .

: 1,

( ): 28.03.02

, 2/1 20.06.2017

- , 5 21.06.2017

:

, . . . . .

:

. . . . .

:

. . .

# 1.

1.1

<b>Компетенция ФГОС: ОПК.1 способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и экспериментального исследования; в части следующих результатов обучения:</b>	
27.	- , 3D-
14.	-
<b>Компетенция ФГОС: ПК.2 готовность в составе коллектива исполнителей участвовать во внедрении результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в реальный сектор экономики; в части следующих результатов обучения:</b>	
10.	

# 2.

2.1

<b>.1. 27</b> - , 3D-	
1. о структуре, содержании курса и его месте в общеобразовательной профессиональной деятельности;	; ;
2. о философских концепциях естествознания, роли естественных наук в выработке научного мировоззрения;	; ;
3. о технологических процессах создания наноразмерных (квантоворазмерных) элементов и структур;	; ;
4. о научно-технических проблемах и перспективах развития нанохимии и нанотехнологий в области материаловедения, тонкого химического синтеза наночастиц и наноструктурированных материалов;	; ;
5. основную терминологию, понятия и определения нанохимии и нанотехнологий; виды нанобъектов, приборы и устройства, разрабатываемые на основе наноматериалов;	; ;
6. основные исторические этапы и закономерности развития нанотехнологий;	; ;
7. классификацию наноразмерных элементов и структур, базовых технологических процессов их получения;	; ;
8. физико-химические основы процессов, протекающих при реализации нанотехнологий;	; ;
9. принцип размерного квантования и условия наблюдения квантово-размерных явлений;	; ;
10. фундаментальные законы поведения вещества в нанометровом размерном диапазоне и механизмы возникновения размерных физических и химических эффектов;	; ;
11. влияние наноразмерных эффектов на свойства материалов;	; ;
<b>.1. 14</b> - ,	
12. классифицировать технологии получения наноэлементов и структур, самостоятельно формулируя основания для классификации;	; ;
13. оценивать возможности применения наноматериалов при решении конкретных исследовательских и технологических задач;	; ;



<p>3.</p> <p>(0D)</p>	<p>0</p>	<p>4</p>	<p>1, 10, 11, 12, 13, 15, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9</p>	
<p>4.</p>	<p>0</p>	<p>4</p>	<p>1, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9</p>	
<p>5.</p> <p>-</p>	<p>0</p>	<p>4</p>	<p>10, 11, 12, 13, 15, 3, 5, 7, 8</p>	
<p>6.</p> <p>(1D)</p>	<p>0</p>	<p>4</p>	<p>1, 10, 11, 12, 13, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9</p>	
<p>7.</p>	<p>0</p>	<p>4</p>	<p>1, 10, 11, 12, 13, 15, 5, 7, 8, 9</p>	

8.	0	4	1, 10, 11, 12, 13, 18, 2, 5, 7, 8	,
9.	0	4	1, 10, 11, 13, 2, 3, 4, 5, 8	,
: 5				
:				
10.	0	2	1, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 3, 5, 7, 8, 9	,
11.	0	4	1, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 5, 7, 8	,
12.	0	4	1, 10, 12, 13, 15, 17, 3, 4, 5, 6, 7, 8	,

13.	0	4	1, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 3, 4, 5, 7, 8, 9	
14.	0	4	10, 11, 12, 15, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	

3.2

<b>: 4</b>				
:				
1.	4	6	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 3, 5, 7, 8, 9	
2.	4	6	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 3, 4, 5, 7, 8, 9	-
3.	4	6	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 5, 7, 8, 9	-
4.	4	6	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 5, 8	-
5. "	4	6	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 5, 6, 7, 8, 9	-

6.		4	6	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 5, 6, 7, 8, 9	
: 5					
:					
7.	-	4	6	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 2, 22, 3, 4, 5, 7, 8, 9	-
8.	:	4	6	1, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9	
9.		4	6	1, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 4, 5, 7, 8, 9	

4.

: 4					
1				1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 22, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	20 4
<p>( , ) .</p> <p>∴ . . . : [ ] / . . .</p> <p>. - , 2011. - 375 ∴ . , .</p>					
2				1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	24 3

<p style="text-align: center;">, 2011. - 375 .: ., . . . : [ ] / . . . . -</p>				
3		1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 22, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	25	4
<p style="text-align: center;">, 2011. - 375 .: ., . . . : [ ] / . . . . -</p>				
4		1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 22, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	23	3
<p style="text-align: center;">, 2011. - 375 .: ., . . . : [ ] / . . . . -</p>				
<b>: 5</b>				
1		1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 22, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	15	5
<p>" ) ; ( ; . . ) ; ; " o : [ ] / . . . . - , 2011. - 375 .: ., . . .</p>				
2		1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 22, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	18	2
<p style="text-align: center;">, 2011. - 375 .: ., . . . : [ ] / . . . . -</p>				

3		1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 22, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	80	3
<p>∴ : [ ] / . . . - , 2011. - 375 ∴ . . .</p>				
4		1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 22, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	17	2
<p>- ∴ : [ ] / . . . , 2011. - 375 ∴ . . .</p>				

### 5.

- , ( .5.1).

5.1

	-
	;
	e-mail;
	;
	;

5.2

1	
<b>Краткое описание применения:</b>	

### 6.

( ), - 15- ECTS.

. 6.1.

6.1

: 4		
<i>Подготовка к занятиям:</i>	12	24

Дополнительная учебная деятельность:	4	7
-		
Лекция:	5	9
-		
Лабораторная:	15	30
-		
Лабораторная: допуск	3	6
Лабораторная: выполнение	6	12
Лабораторная: защита	6	12
РГЗ:	6	10
Зачет:	10	20
-		
<b>: 5</b>		
Подготовка к занятиям:	10	19
-		
Дополнительная учебная деятельность:	6	12
-		
Лекция:	2	4
-		
Лабораторная:	8	15
-		
Лабораторная: допуск	2	3
Лабораторная: выполнение	3	6
Лабораторная: защита	3	6
РГЗ:	6	10
-		
Экзамен:	20	40
-		

6.2

6.2

		/			
<b>.1</b>	27. , - , , 3D- ,	+	+	+	+
	14. - ,	+	+	+	+
<b>.2</b>	10.	+	+	+	+

## 7.

1. Кузнецов Н. Т. Основы нанотехнологии / Н. Т. Кузнецов. - Москва, 2014
2. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. - М., 2007. - 414 с. : ил.
3. Кузнецов, Н.Т. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебник / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрєв, В.И. Марголин. — Эл. изд. — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 400 с.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. — (Учебник для высшей школы). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10&apoc; - ISBN 978-5-9963-2378-4 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=541189> - Загл. с экрана.
1. Очарование нанотехнологии [Электронный ресурс] / У. Хартманн ; пер. с нем. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 173 с.: ил. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-1325-9. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=477985> - Загл. с экрана.
2. Физико-химические основы создания активных материалов: учебник / Куприянов М.Ф., Кабиров Ю.В., Рудская А.Г. - Ростов-на-Дону:Издательство ЮФУ, 2011. - 278 с. ISBN 978-5-9275-0847-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=556287> - Загл. с экрана.
3. Nanotechnology Research Advances / Vernon B. King, editor. - New York, 2007. - X, 187 p. : ill.. - Пер. загл.: Достижения в области нанотехнологии.
4. Nanoparticles : Building Blocks for Nanotechnology / edited by Vincent Rotello. - New York, 2004. - X, 284 p. : ill.. - Пер. загл.: Наночастицы : строительные блоки для нанотехнологии.
5. Экология наноматериалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Ю. Годымчук, Г.Г. Савельев, А.П. Зыкова ; под ред. Л.Н. Патрикеева и А.А. Ревинной. — 2-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 275 с.).—М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.—(Нанотехнологии). ISBN 978-5-9963-2636-5 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=544329> - Загл. с экрана.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

## 8.

### 8.1

1. Рамбиди Н. Г. Структура и свойства наноразмерных образований. Реалии современной нанотехнологии : [учебное пособие] / Н. Г. Рамбиди. - Долгопрудный, 2011. - 375 с. : ил., табл.
2. Фахльман Б. Д. Химия новых материалов и нанотехнологии : [учебное пособие] / Б. Фахльман ; пер. с англ. Д. О. Чаркина, В. В. Уточниковой ; под ред. Ю. Д. Третьякова, Е. А. Гудилина. - Долгопрудный, 2011. - 463 с., [20] л. ил. : ил., табл.

8.2

- 1 Microsoft Office
- 2 Microsoft Office
- 3 Microsoft Windows

9. -

1	( - , , )	.

1	pH- pH-150	..
2	Ohaus SPU-202	.
3	-101	4.
4	-2000-02	.
5		.



## 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Физико-химические основы нанотехнологии приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.1 способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и экспериментального исследования	з27. знать физико-химические основы процессов получения нульмерных наночастиц, одномерных наноструктур, двумерных покрытий и тонких пленочных наноструктур, объемных наноструктурных материалов и наносистем	<b>4 семестр</b> Введение в нанохимию и нанотехнологию. История возникновения и основные этапы развития нанотехнологий. Общая характеристика нанотехнологий приготовления (0D) нульмерных частиц. Физические и химические методы получения наноразмерных частиц металлов. Основы зонной теории твердых тел и технология приготовления (0D) нульмерных полупроводниковых частиц. Коллоидные квантовые точки и квантовые размерные эффекты. Нанообъекты как основа новых лекарств и систем их направленной доставки. Золь-гель технология как способ получения наноразмерных оксидных порошков из алкоксидов металлов и водных растворов неорганических солей. Темплатный синтез и контролирование структуры нульмерных наночастиц. Общая характеристика нанотехнологий приготовления (1D) одномерных протяженных структур. Квазиодномерные и нанотубулярные протяженные структуры углерода, способы получения, особенности строения и свойства. Анодное окисление и гидротермальная обработка как способы получения нанокристаллических одномерных структур. Строение продуктов синтеза, свойства и области применения. Общая характеристика способов получения наноструктурных материалов. Методы интенсивной пластической	<b>4 семестр</b> Отчеты по лабораторным работам, РГЗ(Р) (см. паспорт РГЗ(Р) 4 семестр)	<b>4 семестр</b> Зачет, общий перечень вопросов с 1 по 30 (см. паспорт зачета)

		<p>деформации. Будущее нанотехнологий: ожидания и риски. Нанобиобезопасность.</p> <p>Синтез и оптические свойства наночастиц золота. Получение наночастиц серебра и определение их коэффициента экстинкции. Синтез наночастиц феррита цинка. Определение критической концентрации мицеллообразования темплатообразующего ПАВ. Синтез "Пирофорного железа". Синтез магнитной жидкости.</p> <p><b>5 семестр</b></p> <p>Общая характеристика способов получения (2D) двумерных наноструктур. Физические и химические методы приготовления двумерных наноструктур из газовой фазы. Технологии приготовления двумерных наноструктур из жидких сред. Методы литографии. Особенности получения и механизмы роста двумерных наноструктур. Методы наноманипуляции. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия. Эффект туннелирования, туннельный ток. Синтез и физико-химические свойства коллоидных квантовых точек. Наноманипуляции: сборка структур на молекулярном уровне. Получение высокоупорядоченных нанотабулярных оксидных структур методом анодного окисления.</p>	<p><b>5 семестр</b></p> <p>Отчеты по лабораторным работам, РГЗ(Р) (см. паспорт РГЗ(Р) 5 семестр)</p>	<p><b>5 семестр</b></p> <p>Экзамен, общий перечень вопросов с 1 по 20 (см. паспорт экзамена)</p>
ОПК.1	<p>у14. уметь демонстрировать понимание научных принципов, лежащих в основе физико-химических процессов формирования наноматериалов и наносистем</p>	<p><b>4 семестр</b></p> <p>Введение в нанохимию и нанотехнологию. История возникновения и основные этапы развития нанотехнологий. Общая характеристика нанотехнологий приготовления (0D) нульмерных частиц. Физические и химические методы получения наноразмерных частиц металлов. Основы зонной теории твердых тел и технология приготовления (0D) нульмерных полупроводниковых частиц. Коллоидные квантовые точки и квантовые размерные эффекты. Нанообъекты как</p>	<p><b>4 семестр</b></p> <p>Отчеты по лабораторным работам, РГЗ(Р) (см. паспорт РГЗ(Р))</p>	<p><b>4 семестр</b></p> <p>Зачет, общий перечень вопросов с 1 по 30 (см. паспорт зачета)</p>

		<p>основа новых лекарств и систем их направленной доставки. Золь-гель технология как способ получения наноразмерных оксидных порошков из алкоксидов металлов и водных растворов неорганических солей. Темплатный синтез и контролирование структуры нульмерных наночастиц. Общая характеристика нанотехнологий приготовления (1D) одномерных протяженных структур. Квазиодномерные и нанотубулярные протяженные структуры углерода, способы получения, особенности строения и свойства. Анодное окисление и гидротермальная обработка как способы получения нанокристаллических одномерных структур. Строение продуктов синтеза, свойства и области применения. Общая характеристика способов получения наноструктурных материалов. Методы интенсивной пластической деформации. Будущее нанотехнологий: ожидания и риски. Нанобиобезопасность.</p> <p>Синтез и оптические свойства наночастиц золота. Получение наночастиц серебра и определение их коэффициента экстинкции. Синтез наночастиц феррита цинка. Определение критической концентрации мицеллообразования темплатообразующего ПАВ. Синтез "Пирофорного железа". Синтез магнитной жидкости.</p> <p><b>5 семестр</b></p> <p>Общая характеристика способов получения (2D) двумерных наноструктур. Физические и химические методы приготовления двумерных наноструктур из газовой фазы. Технологии приготовления двумерных наноструктур из жидких сред. Методы литографии. Особенности получения и механизмы роста двумерных наноструктур. Методы наноманипуляции. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия. Эффект туннелирования, туннельный ток.</p>	<p><b>5 семестр</b></p> <p>Отчеты по лабораторным работам, РГЗ(Р) (см. паспорт РГЗ(Р) 5 семестр)</p>	<p><b>5 семестр</b></p> <p>Экзамен, общий перечень вопросов с 1 по 20 (см. паспорт экзамена)</p>
--	--	--	--	--

		Синтез и физико-химические свойства коллоидных квантовых точек. Наноманипуляции: сборка структур на молекулярном уровне. Получение высокоупорядоченных нанотубулярных оксидных структур методом анодного окисления.		
ПК.2/НИИ готовность в составе коллектива исполнителей участвовать во внедрении результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в реальный сектор экономики	у10. уметь подбирать наноструктуры и методы их производства для реализации нанобъектов с заданными характеристиками под конкретные требования	<b>4 семестр</b>  Введение в нанохимию и нанотехнологию. История возникновения и основные этапы развития нанотехнологий. Общая характеристика нанотехнологий приготовления (0D) нульмерных частиц. Физические и химические методы получения наноразмерных частиц металлов. Основы зонной теории твердых тел и технология приготовления (0D) нульмерных полупроводниковых частиц. Коллоидные квантовые точки и квантовые размерные эффекты. Нанобъекты как основа новых лекарств и систем их направленной доставки. Золь-гель технология как способ получения наноразмерных оксидных порошков из алкоксидов металлов и водных растворов неорганических солей. Темплатный синтез и контролирование структуры нульмерных наночастиц. Общая характеристика нанотехнологий приготовления (1D) одномерных протяженных структур. Квазиодномерные и нанотубулярные протяженные структуры углерода, способы получения, особенности строения и свойства. Анодное окисление и гидротермальная обработка как способы получения нанокристаллических одномерных структур. Строение продуктов синтеза, свойства и области применения. Общая характеристика способов получения наноструктурных материалов. Методы интенсивной пластической деформации. Будущее нанотехнологий: ожидания и риски. Нанобиобезопасность.	<b>4 семестр</b>  Отчеты по лабораторным работам, РГЗ(Р) (см. паспорт РГЗ(Р) 4 семестр)	<b>4 семестр</b>  Зачет, общий перечень вопросов с 1 по 30 (см. паспорт зачета)

		<p>Синтез и оптические свойства наночастиц золота. Получение наночастиц серебра и определение их коэффициента экстинкции. Синтез наночастиц феррита цинка. Определение критической концентрации мицеллообразования темплатообразующего ПАВ. Синтез "Пирофорного железа". Синтез магнитной жидкости.</p> <p><b>5 семестр</b></p> <p>Общая характеристика способов получения (2D) двумерных наноструктур. Физические и химические методы приготовления двумерных наноструктур из газовой фазы. Технологии приготовления двумерных наноструктур из жидких сред. Методы литографии. Особенности получения и механизмы роста двумерных наноструктур. Методы наноманипуляции. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия. Эффект туннелирования, туннельный ток. Синтез и физико-химические свойства коллоидных квантовых точек. Наноманипуляции: сборка структур на молекулярном уровне. Получение высокоупорядоченных нанотабулярных оксидных структур методом анодного окисления.</p>	<p><b>5 семестр</b></p> <p>Отчеты по лабораторным работам, РГЗ(Р) (см. паспорт РГЗ(Р) 5 семестр)</p>	<p><b>5 семестр</b></p> <p>Экзамен, общий перечень вопросов с 1 по 20 (см. паспорт экзамена)</p>
--	--	---	--	--

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме зачета в 5 семестре - в форме экзамена, которые направлены на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ПК.2/НИИ.

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Общий перечень вопросов к зачету, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций, приведен в паспорте зачета.

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Общий перечень вопросов к экзамену, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций, приведен в паспорте экзамена.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1. В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), 4 семестра.

В 5 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), 5 семестра.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о

сформированности компетенций ОПК.1, ПК.2/НИИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### **3. Общая характеристика уровней освоения компетенций**

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

## Паспорт зачета

по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии», 4 семестр

### 1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-10, второй вопрос из диапазона вопросов 11-20, третий вопрос из диапазона 21-30 (список вопросов приведен ниже, п. 4). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня.

### Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет МТФ

#### Билет № 3

к зачету по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»

---

1. Способы получения наночастиц «сверху вниз» и «снизу вверх». Общая характеристика и особенности проведения процессов.
2. Золь-гель синтез как способ приготовления нульмерных наночастиц оксидов металлов: отличие золь-гель технологии от классических методов осаждения, основные стадии процесса, характеристика стадий с точки зрения изменения специфических структурно-морфологических параметров, существенно влияющих на свойства формирующегося оксидного порошка.
3. Гидротермальный синтез одномерных протяженных наноструктур: общая характеристика, схема простейшего автоклава. Технология приготовления нанотубулярных и квазиодномерных протяженных структур на основе  $\text{TiO}_2$ . Структурные особенности и физико-химические свойства продуктов.

Утверждаю: зав. кафедрой ХХТ \_\_\_\_\_ Н.Ф. Уваров  
(подпись)

(дата)

### 2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен охарактеризовать физико-химических процессов, лежащих в основе нанотехнологий, не может

аргументировать выбор технологии для решения конкретных практических задач, оценка составляет менее 10 баллов.

- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определения основных понятий, способен охарактеризовать отдельные физико-химические процессы, лежащие в основе нанотехнологий, и привести наиболее важные аргументы выбора технологии для решения конкретных практических задач, оценка составляет 10 – 12 баллов.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определения основных понятий, способен полностью охарактеризовать физико-химические процессы, лежащие в основе нанотехнологий, привести аргументы выбора технологии для решения конкретных практических задач, и показать между ними причинно-следственную связь, оценка составляет 12 – 18 баллов.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы уверенно дает определения основных понятий, способен полностью охарактеризовать физико-химические процессы, лежащие в основе нанотехнологий, обоснованно привести аргументы выбора технологии для решения конкретных практических задач, и показать между ними причинно-следственную связь, оценка составляет 18 – 20 баллов.

### 3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Вопросы к зачету по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»

1. Основные понятия и определения: нанотехнология, нанокластер, наночастица, нанокристаллит, наноструктура, наноструктурированный и наноструктурный материалы.
2. Мультимедийность и междисциплинарность нанотехнологий. Основные этапы становления и современное развитие.
3. Способы получения наночастиц «сверху вниз» и «снизу вверх». Общая характеристика и особенности проведения процессов.
4. Гомогенная нуклеация: условия возникновения новой фазы, изменение энергии Гиббса и поверхностной энергии новой фазы, движущая сила нуклеации. Стадии доразвивания. Рост, ограниченный диффузией, и рост, ограниченный поверхностными процессами. Способы обеспечения ограниченного диффузионного роста.
5. Наноразмерный эффект и его влияние на основные физико-химические характеристики: точку плавления и постоянные решетки, электропроводность, механические, оптические, сегнетоэлектрические и магнитные свойства материалов.
6. Причины возникновения наноразмерного эффекта. Поверхностный плазмонный резонанс, гигантское комбинационного рассеяние, поверхностный плазмонный поляритон. Закон Холла-Петча.
7. Общая характеристика физических и химических способов получения нульмерных наночастиц металлов. Достоинства и недостатки методов.

8. Синтез водных растворов наночастиц золота цитратным способом. Уравнения химических реакций. Структурные превращения и изменение окраски. Оптические спектры поглощения. Уравнение Бугера – Ламберта – Бера. Коэффициент экстинкции. Биосенсоры на основе наночастиц золота, устройство и принцип действия.
9. «Квантовые точки»: определение, причина появления термина. Квантово-размерный эффект, длина волны де-Бройля, «синий сдвиг». Связь размерности коллоидных квантовых точек с окраской дисперсных систем. Люминесценция: флуоресценция и фосфоресценция.
10. Кинетически-ограниченный синтез «квантовых точек» в микроэмульсиях.
11. Синтез «квантовых точек» по типу «ядро в оболочке». Условия получения полупроводниковых нанокристаллитов: источники, прекурсоры, растворители, стадии приготовления.
12. Модификация поверхности квантовых точек. Преимущества коллоидных квантовых точек с модифицированной поверхностью. Основные области применения. «Квантовые точки» в качестве маркеров современной диагностики онкологических заболеваний. Сравнительная характеристика «квантовых точек» с флуорофорами.
13. Золь-гель синтез как способ приготовления нульмерных наночастиц оксидов металлов: отличие золь-гель технологии от классических методов осаждения, основные стадии процесса, характеристика стадий с точки зрения изменения специфических структурно-морфологических параметров, существенно влияющих на свойства формирующегося оксидного порошка.
14. Характеристика основных подходов золь-гель технологии. Схемы реакций гидролиза и поликонденсации при алкоксидном получении зольей и при формировании гидрозольей из водных растворов неорганических солей металлов. Достоинства и недостатки способов. Условия образования сложных многокомпонентных оксидных систем.
15. Электрохимический способ получения гидрозольей. Схема реакций гидролиза и поликонденсации. Стадии процесса. Особенности технологии: влияние концентрации исходных растворов, структурирование коллоидных частиц, модификация глобулярной поверхности, формирование многокомпонентных систем. Достоинства и недостатки метода.
16. Темплатный синтез наноструктурированных объемных материалов. Характеристика основных стадий технологии и схема проведения процесса. Соединения, используемые в качестве шаблонов; особенности их строения и поведение в растворах. Требования, предъявляемые к структуроформирующим веществам.
17. Мицеллообразующие ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования и её экспериментальное определение. Точка Крафта. Факторы, влияющие на повышение и понижение точки Крафта. Структурные особенности и физико-химические свойства материалов, получаемых с помощью коллоидных ПАВ. Основные области применения и перспективность технологий темплатного синтеза.
18. Нанотубулярные и квазиодномерные протяженные структуры: определение, типы одномерных структур, строение. Углеродные нанотрубки: многослойные и однослойные протяженные структуры, типы «сверток». Структура углеродных нанотрубок: вектор, угол и индексы хиральности, дефектность и механизмы формирования.
19. Методы синтеза углеродных нанотрубок в зависимости от способа испарения углерода: термическое и лазерное распыление, каталитический крекинг углеводородов, электрохимический синтез. Условия проведения процессов и характеристика продуктов. Достоинства и недостатки методов. Способы очистки от примесей и разделения одностенных углеродных нанотрубок с различным типом «свертки».

20. Специфика физико-химических свойств углеродных нанотрубок: механических (модуль упругости, прочность на разрыв, плотность, хрупкость); электронных (проводимость, удельное сопротивление, плотность тока, полевая эмиссия); теплопроводности; удельной поверхности.
21. Модификация углеродных нанотрубок как способ создания новых функциональных и конструкционных материалов. Основные способы модификации и уникальность композиционных свойств.
22. Одномерные протяженные наноструктуры на основе оксидов металлов: общая характеристика способов получения, особенности темплатного синтеза. Метод анодного окисления (травления). Способы регулирования морфологических параметров нанотрубок: диаметра, длины, толщины стенок, шероховатости, степени упорядочения.
23. Гидротермальный синтез одномерных протяженных наноструктур: общая характеристика, схема простейшего автоклава. Технология приготовления нанотубулярных и квазиодномерных протяженных структур на основе  $\text{TiO}_2$ . Структурные особенности и физико-химические свойства продуктов.
24. Реакции ионного замещения как основной способ модификации слоистых протяженных наноструктур. Поверхностная функционализация. Стабильность нанотрубок и нановолокон. Основные области применения.
25. Общая характеристика физико-химических основ получения наноструктурных материалов. Основные понятия и определения: деформация, виды деформаций (упругая, пластическая, сдвига), зерно, границы зерен (высокоугловые, малоугловые).
26. Методы интенсивной пластической деформации (ИПД). Общая характеристика и особенности проведения процессов. Инновационный потенциал методов интенсивной пластической деформации. Примеры создания методами ИПД материалов, конкурентоспособных на мировом рынке.
27. Деформация кручением под высоким давлением (КВД). Принципиальная схема установки, принцип действия, исходные материалы. Физико-химические свойства продуктов (микротвердость, плотность, размер и границы зерен), получаемых данным методом.
28. Метод деформации равноканальным угловым прессованием (РКУП). Принципиальная схема установки, принцип действия, исходные материалы. Влияние исходной микроструктуры, химического и фазового составов обрабатываемых материалов (металлов, сплавов, интерметаллов, полупроводников, металлокерамических композитов) на свойства получаемых продуктов.
29. Нанобиобезопасность. Преимущества и риски нанотехнологий. Изменение свойств материалов при переходе к наноразмерам. Наиболее распространенные типы наночастиц и факторы, обуславливающие их потенциальную токсичность. Функционализация поверхности наночастиц.
30. Пути и глубина проникновения наночастиц в человеческий организм (органы, ткани и клетки). Механизм воздействия. Взаимодействие наночастиц с клетками. Селективность поглощения наночастиц отдельными органами и скорость выведения наночастиц в зависимости от их размера.

## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии», 4 семестр

### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны написать реферат по последним научным/научно-популярным публикациям, непосредственно относящимся к выбранной теме (список примерных тем рефератов и рекомендуемых интернет-сайтов прилагается, см. п. 4, п. 5). Обсуждение и защита каждого реферата проводится при участии всех обучающихся. В ходе защиты преподаватель и студенты вправе задавать дополнительные вопросы в рамках данной темы.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны выбрать 10–15 научных/научно-популярных публикаций по выбранной теме, ознакомиться с литературой, составить развернутый план написания реферата, по плану изложить текст реферата ясным и понятным языком, сформулировать заключение, привести список библиографических ссылок.

Обязательные структурные части РГЗ:

- введение – краткое обоснование выбранной темы;
- содержание – развернутый план написания реферата;
- заключение;
- список библиографических ссылок.

Оцениваемые позиции:

- оформление;
- план написания реферата;
- четкость и ясность изложения;
- глубина раскрытия темы;
- соответствие заключения изложенному материалу и выбранной теме.

### 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если оформление РГЗ(Р) не соответствует требованиям, текст изложен не совсем понятным языком, тема не раскрыта, список библиографических ссылок не приведен или не соответствует действительности, оценка составляет менее 5 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если отдельные части РГЗ(Р) выполнены формально: содержание не соответствует составленному плану, тема раскрыта не в полном объеме, нет четкости и ясности изложения, заключение сформулировано некорректно, оформление списка библиографических ссылок не соответствует требованиям, оценка составляет 5-6 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если оформление РГЗ(Р) соответствует требованиям, текст изложен в соответствии с планом ясным и понятным языком, но тема не раскрыта в полном объеме, заключение сформулировано не совсем корректно, оценка составляет 7-9 баллов.

- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если оформление всех частей РГЗ(Р) соответствует требованиям, текст изложен в соответствии с планом ясным и понятным языком, тема раскрыта, заключение сформулировано корректно, оценка составляет 10 баллов.

### **3. Шкала оценки**

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### **4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)**

1. «Умные» материалы и технологии их приготовления.
2. Квантовые точки, проволоки и плоскости.
3. Сравнительная характеристика методов получения биокерамики на основе  $Al_2O_3 - ZrO_2$ .
4. Будущее нанотехнологий: проблемы и перспективы.
5. Принципы функционирования полупроводниковой электроники: ДНК – компьютер.
6. Нанообъекты как основа новых лекарств и систем их направленной доставки.
7. Квазиодномерные протяженные структуры на основе  $TiO_2$  как уникальные сорбенты радиоактивных изотопов.
8. Нанодиагностика: ДНК–чипы и биочипы.
9. История открытия и перспективы применения зеленого флуоресцирующего белка.
10. Супрамолекулярная химия: возникновение, развитие, перспективы.
11. Нанoeлектроника и нанофотоника: перспективы развития.
12. Супрамолекулярные структуры как основа создания новых материалов.
13. Инновационные подходы в имплантации: наноструктурный титан, получение, свойства и применение.
14. Гетероструктуры и наиболее распространенные полупроводниковые материалы на основе твердых растворов  $A_3B_5$ : будущее нанотехнологий.
15. Новые области применения фуллеренов и углеродных нанотрубок.
16. Полупроводниковые лазеры на основе гетероструктур с квантовыми точками.
17. Молекулярные машины – красивый образ, мечта или реальность?
18. Метод послойного создания физического объекта по цифровой модели: реальные возможности 3D-принтеров.
19. Нанотехнологии в России. Динамика становления и роста.
20. Э. Дрекслер: идеи и грани молекулярного воспроизводства.

### **5. Перечень рекомендуемых интернет-источников**

1. Вся правда о нанотехнологиях и наноматериалах в России – <http://www.nanoware.ru>
2. Нанотехнологии Nanonewsnet – <http://www.nanonewsnet.ru>
3. Нанотехнологии и их применение – <http://nanoblog.ru>
4. Нанотехнологическое сообщество – Нанометр – <http://www.nanometer.ru>
5. Подробно о нанотехнологиях – Новости – <http://www.nano-technology.org>
6. Российский электронный наножурнал (нанотехнологии и их применение) – <http://www.nanojournal.ru>
7. Федеральный нанопортал – <http://www.portalnano.ru>
8. Одно из крупнейших издательств научной литературы – <https://www.elsevier.com/journals/title/all>

## 6. Пример РГЗ(Р)

### Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы

по дисциплине Физико-химические основы нанотехнологий, 4 семестр  
(наименование дисциплины)

РГЗ(Р) выполняется в форме написания реферата по последним научным/научно-популярным публикациям, непосредственно относящимся к выбранной теме (см. перечень примерных тем рефератов, п. 4). Защита проводится при участии всех обучающихся.

1. Задание №1. Выберите 10 – 15 научных/научно-популярных публикаций по указанной теме за последние 5 – 7 лет (см. перечень рекомендуемых интернет-источников).
2. Задание №2. Внимательно ознакомьтесь с литературой и, проанализировав её, составьте план написания реферата.
3. Задание №3. Изложите текст реферата ясным и понятным языком, согласно составленному плану.
4. Задание №4. Сформулируйте заключение, приведите список используемой литературы.
5. Задание №5. Проверьте правильность оформления реферата на соответствие предъявляемым преподавателем требованиям.
6. Задание №6. Подготовьтесь к защите реферата по выбранной теме и обсуждению её при участии всех обучающихся.

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии», 5 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-10, второй вопрос из диапазона вопросов 11-20 (перечень вопросов приведен ниже, п. 4). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня.

### Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет МТФ

#### Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»

---

1. Классификация и общая характеристика технологий приготовления двумерных (2D) наноструктур. Определение основных терминов («пленка», «покрытие», «одномерный слой»).
2. Золь-гель метод формирования покрытий и тонких пленочных структур: общая характеристика, преимущества, способы формирования наноструктурированных поверхностей.

Утверждаю: зав. кафедрой ХХТ \_\_\_\_\_ Н.Ф. Уваров  
(подпись) (дата)

### 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен охарактеризовать физико-химических процессов, лежащих в основе технологий, не может аргументировать выбор технологии для решения конкретных практических задач, оценка составляет менее 20 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определения основных понятий, способен охарактеризовать отдельные физико-химические процессы, лежащие в основе технологий, и привести наиболее важные аргументы выбора технологии для решения конкретных практических задач, оценка составляет 20 – 25 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определения основных понятий, способен полностью охарактеризовать физико-химические процессы, лежащие в основе технологий, привести аргументы выбора технологии для решения конкретных практических задач, и показать между ними причинно-следственную связь, оценка составляет 25 – 35 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы уверенно дает определения основных понятий, способен полностью охарактеризовать физико-химические процессы, лежащие в основе технологий, обоснованно привести аргументы выбора технологии для решения конкретных практических задач, и показать между ними причинно-следственную связь, оценка составляет 35 – 40 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Перечень вопросов к экзамену по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии»

1. Классификация и общая характеристика технологий приготовления двумерных (2D) наноструктур. Определение основных терминов («пленка», «покрытие», «одномерный слой»).
2. Механизмы роста двумерных структур: послойный (Франка-ван дер Мерве), островковый (Вольмера-Вебера), послойный и островковый (Странского-Крастанова). Эпитаксиальный рост. Условия гомогенной и гетерогенной эпитаксии. Дефектность, механические напряжения 2D–наноструктур и их релаксация.
3. Физические методы формирования двумерных наноструктур из газовой фазы: методы испарения и распыления, сравнительная характеристика методов испарительного и распылительного осаждения.
4. Методы испарительного осаждения и молекулярно-лучевой эпитаксии: условия проведения процессов, схемы установок, достоинства и недостатки.
5. Методы импульсного лазерного осаждения и катодного распыления для формирования двумерных наноструктур: условия проведения процессов, схемы установок, достоинства и недостатки.
6. Химические методы осаждения двумерных наноструктур из газовой фазы: CVD и MOCVD, общая характеристика и основные закономерности. Типы реакторов и условия проведения процессов.
7. Требования к веществам, используемым в качестве прекурсоров в методах CVD и MOCVD. Основные стадии процессов, контроль роста наноструктур.
8. Диффузионный и кинетический режимы роста, лимитирующие стадии в методах CVD и MOCVD. Влияние рельефа подложки, конструкции реактора и температуры.
9. Метод осаждения атомных слоев. Основные стадии формирования 2D–наноструктур и их последовательность. Ограничения метода.
10. Специфика метода осаждения атомных слоев. Требования к прекурсорам.
11. Золь-гель метод формирования покрытий и тонких пленочных структур: общая характеристика, преимущества, способы формирования наноструктурированных поверхностей.
12. Особенности образования наноструктурированных слоев методом погружения, центрифугирования и распыления; стадии процессов. Факторы, определяющие качество покрытий. Критическая толщина покрытий и её определение. Преимущества органо-

неорганических гибридных нанослоев.

13. Пленки Ленгмюра-Блоджетт: общая характеристика технологии приготовления, необходимые условия формирования. Методы переноса монослоев на твердую подложку.

14. Самособирающиеся монослои: технология приготовления, движущие силы самосборки, типы химических связей.

15. Методы литографии. Общая характеристика. Основные элементы технологической схемы литографических устройств.

16. Оптическая литография: «позитивные» и «негативные» материалы резистов, их составные части, условия подбора. Недостатки метода оптической литографии.

17. Электронно-лучевая и ионно-лучевая литографии. Преимущества и недостатки.

18. Литография с использованием сфокусированного ионного пучка: особенности изготовления и обработки магнитных наноструктур; особенности технологий физического распылительного и химически стимулированного травления.

19. Методы наноманипуляции. Эффект туннелирования, туннельный ток. Условная схема и принцип действия сканирующего туннельного микроскопа.

20. Атомно-силовая микроскопия. Основы параллельного и перпендикулярного принципов манипуляции: полевая диффузия, процесс скольжения, контактный способ, манипулирование за счет полевого испарения и электромиграции.

## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологии», 5 семестр

### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны рассчитать дисперсный состав порошка по данным седиментационного анализа в центробежном поле.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) по рассчитанным характеристикам студенты должны построить графические зависимости (седиментационную, интегральную и дифференциальную кривые), провести анализ состава порошка исходя из кривых распределения частиц по размерам, разработать алгоритм выделения частиц заданной дисперсности, предложить аппаратные условия для достижения указанного алгоритма.

Обязательные структурные части РГЗ:

- введение – краткое теоретическое обоснование метода седиментационного анализа при воздействии центробежных сил;
- формулы для расчета основных характеристик системы с указанием размерности используемых величин;
- расчет параметров, необходимых для характеристики состава дисперсного состава порошка;
- графическое построение зависимостей по рассчитанным параметрам;
- вывод – анализ полученных данных.

Оцениваемые позиции:

- оформление;
- обоснованность выбора необходимых расчетных формул;
- правильность расчета основных параметров системы с учетом размерности используемых величин;
- корректность построения графических зависимостей;
- анализ полученных данных и общее понимание рассчитанных параметров.

### 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если приведены не все части РГЗ(Р), расчет отдельных параметров системы выполнен неправильно, построение графических зависимостей не соответствует требованиям, анализ полученных данных и заключение по работе сделаны неправильно, оценка составляет менее 5 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если отдельные части РГЗ(Р) выполнены формально: в расчетах основных параметров системы имеются ошибки, построение отдельных графических зависимостей выполнено некорректно, анализ полученных данных сделан не в полном объеме, оценка составляет 6–7 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если приведены все части РГЗ(Р), правильно сделаны расчеты всех основных параметров системы, но при построении отдельных графических зависимостей допущены небольшие неточности, анализ полученных данных сделан при отсутствии общего понимания работы, оценка составляет 8–9 баллов.

- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если РГЗ(Р) выполнена в полном объеме: обоснованно выбраны формулы для расчета основных параметров системы, правильно выполнены все расчеты, корректно построены графические зависимости, анализ дисперсного состава порошка сделан в полном соответствии с расчетными данными и представленными графическими зависимостями, оценка составляет 10 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Пример РГЗ(Р)

#### Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы

по дисциплине Физико-химические основы нанотехнологии  
(наименование дисциплины)

Рассчитайте дисперсный состав металлического порошка по данным седиментационного анализа в центробежном поле (вариант см. в таблице №1), если известны следующие исходные параметры: частота вращения центрифуги  $n$  (об/мин); вязкость среды  $\eta$  (Па·с); плотность дисперсной фазы  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>); плотность дисперсионной среды  $\rho_0$  (кг/м<sup>3</sup>); время центрифугирования  $t$  (с); максимальная высота оседания частиц  $x_{\max}$  (м); максимальная масса выпавшего осадка (после полного оседания)  $M_{\max}$  (кг); расстояние от оси вращения центрифуги до плоскости наблюдения  $h_2$  (м).

Таблица 1

#### Основные параметры процесса седиментации

Вариант	$n$	$\eta$	$\rho$	$\rho_0$	$t$	$x_{\max}$	$M_{\max}$	$h_2$
1	2000	0,001	1305	1000	180	0,06	$63 \cdot 10^{-6}$	0,14
2 и т.д.	2000	0,001	1301	1000	180	0,06	$58 \cdot 10^{-6}$	0,14

Задание №1. Прочитайте основы седиментационного анализа полидисперсных систем под действием центробежных сил.

Задание №2. Выпишите формулы для расчета радиуса частиц при постоянном времени центрифугирования, угловой скорости вращения центрифуги, времени оседания частиц с максимальной высоты.

Задание №3. Рассчитайте радиусы ( $r$ ) частиц, угловую скорость ( $\omega$ ), константу седиментации ( $K$ ) и время ( $t^*$ ) оседания частиц с максимальной высоты ( $M_{\max}$ ) по экспериментальным данным, приведенным в таблице №2.

Таблица 2

#### Экспериментальные данные седиментации исследуемого порошка в воде

$x \cdot 10^2$ , м	$h_1 \cdot 10^2$ , м	$m \cdot 10^6$ , кг
1	13	8,7
2	12	12,6
3	11	15,6
4	10	18,4
5	9	19,8
6	8	21,2
7	6	23,4
8	4	24,6
9	2	25,0
10	1	25,2

*Примечание:*  $x$  – высота суспензии в стакане;  $h_1$  – расстояние от оси вращения центрифуги

до суспензии в стакане;  $m$  – масса выпавшего осадка.

Задание №4. Экспериментально найденные массы ( $m$ ) выпавшего осадка приведите путем пересчета к максимальной высоте столба суспензии, определяя «приведенные» массы ( $M_i$ ) осадка:  $M_i = x_{\max} \cdot m_i/x_1$  и т.д.

Задание №5. Вычислите содержание ( $Q_i$ , %) фракций седиментационного осадка:  $Q_i = M_i \cdot 100/M_{\max}$  и т.д.

Задание №6. Промежуточные расчетные данные представьте в виде таблицы 3.

Таблица 3

**Расчетные данные седиментации исследуемого порошка в воде**

$r$ , м	$t^*$ , с	$M$ , кг	$Q$ , %

Задание №6. По полученным данным постройте седиментационную кривую в координатах  $Q = f(t^*)$  или  $M = f(t^*)$  и интегральную кривую в координатах  $Q = f(r)$ .

Задание №7. Пользуясь интегральной кривой, рассчитайте не менее 10 – 15 значений  $\Delta Q/\Delta r$ .

Задание №8. Постройте дифференциальную кривую в координатах  $\Delta Q/\Delta r = f(r)$ .

Задание №9. Проанализируйте полученные данные и сделайте вывод.

Составитель \_\_\_\_\_ Т.М. Зима  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.