

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Электронная микроскопия

: 22.03.01

: 4, : 7

		7
1	()	5
2		180
3	, .	68
4	, .	18
5	, .	0
6	, .	36
7	, .	12
8	, .	2
9	, .	12
10	, .	112
11	(, ,)	
12		

(): 22.03.01

1331 12.11.2015 ., : 14.12.2015 .

: 1, ,

(): 22.03.01

, 6/1 20.06.2017

- , 5 21.06.2017

:

,

:

,

:

. . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.3 готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
13.	
Компетенция ФГОС: ОПК.4 способность сочетать теорию и практику для решения инженерных задач; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
4.	(, - , .)
Компетенция ФГОС: ПК.10 способность оценивать качество материалов в производственных условиях на стадии опытно-промышленных испытаний и внедрения; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
6.	,
8.	
Компетенция ФГОС: ПК.12 готовность работать на оборудовании в соответствии с правилами техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
6.	

2.

2.1

(, , ,)	
-----------	--

.3. 13	
1.знать физические основы метода электронной микроскопии	; ;
.4. 4 - - , .)	(, , ,)
2.знать методы проведения структурного анализа (рентгеновского, электронно-микроскопического, акустического, спектрального, микро-рентгеноспектрального и др.)	; ;
.12. 6	
3.знать режимы работы электронного микроскопа и порядок проведения основных калибровок прибора	;
.10. 8	
4.владеть приемами пробоподготовки образцов для просвечивающего электронного микроскопа	; ;
.10. 6	
5.уметь планировать и организовывать простейшие эксперименты, обрабатывать и анализировать полученные результаты	;

3.

3.1

	,	.		
--	---	---	--	--

:7				
:				
1.	0	2	1	
2.	0	2	1	
3.	0	2	1	
:				
5.	0	2	3	
6.	0	2	3	
:				
7.	0	4	2	-
:				
10.	0	4	4	

3.2

	,	.		
:7				
:				
4.	1	4	1,2	
:				
8.	3	8	2	
9.	3	8	2,5	
:				
11.	1	4	4	
12.	1	4	4	

13.	1	2	4	
14.	1	2	4) (,
15.	1	4	4	

3.3

:7				
:				
16.	0	22	1, 2, 3, 4, 5	

4.

:7				
1		1, 2, 3	55	4
: . - ; [: . . , . . .] . - , 2016. - 19, [1] . : .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				
2		1, 2, 3, 4, 5	35	8
: . - ; [: . . , . . .] . - , 2016. - 19, [1] . : .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				
3		1, 2, 3, 4, 5	22	0
, 3.3 : : . - ; [: . . , . . .] . - , 2016. - 19, [1] . : .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				

5.

(.5.1).

5.1

	-
	e-mail
	e-mail
	e-mail

	e-mail
--	--------

5.2

1		.3; .4;
Формируемые умения: з13. знать физические основы метода электронной микроскопии; з4. знать методы проведения структурного анализа (рентгеновского, электронно-микроскопического, акустического, спектрального, микро-рентгеноспектрального и др.)		
Краткое описание применения:		

6.

(),

-
15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

: 7		
<i>Подготовка к занятиям:</i>	0	
<i>Самостоятельное изучение теоретического материала:</i>	13	26
<i>Лабораторная:</i>	9	18
<i>РГЗ:</i>	16	36
<i>Зачет:</i>	12	20

6.2

6.2

.3	13.	+	+
.4	4. (, , ,)	+	+
.10	6. ,	+	+
	8.		+
.12	6.		+

1. Кларк Э. Р. Микроскопические методы исследования материалов / Э. Р. Кларк, К. Н. Эберхардт ; пер. с англ. С. Л. Баженова ; Рос. акад. наук ; Ин-т синтет. полимер. материалов им. Н. С. Ениколопова. - М., 2007. - 371 с. : ил.
2. Батаев В. А. Методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей : учебное пособие / В. А. Батаев, А. А. Батаев, А. П. Алхимов. - Новосибирск, 2006. - 219 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/bataev.pdf>
1. Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : учебное пособие по направлению "Прикладные математика и физика" / Д. Брандон, У. Каплан ; пер. с англ. под ред. С. Л. Баженова с доп. О. В. Егоровой. - М., 2006. - 377 с. : ил.
2. Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : учебное пособие по направлению "Прикладные математика и физика" / Д. Брандон, У. Каплан ; пер. с англ. под ред. С. Л. Баженова. - М., 2004. - 377 с. : ил.
3. Синдо Д. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия / Д. Синдо, Т. Оикава ; пер. с англ. С. А. Иванова. - М., 2006. - 249, [5] с. : ил.
4. Васильева Л. А. Электронная микроскопия в металловедении цветных металлов : справочник / Л. А. Васильева, Л. М. Малашенко, Р. Л. Тоффенев ; под ред. С. А. Астапчика ; Акад. наук БССР, Физико-технический ин-т. - Минск, 1989. - 206, [2] с. : ил., табл.
5. Энгель Л. Растровая электронная микроскопия. Разрушение : справочник / Л. Энгель, Г. Клингеле ; пер. с нем. Б. Е. Левина ; под ред. М. Л. Бернштейна. - М., 1986. - 230, [1] с. : ил.
6. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. В 2 кн.. Кн. 1 : [монография / Гоулдстейн Дж. и др.] ; пер. с англ. Р. С. Гвоздовер и Л. Ф. Комоловой ; под ред. В. И. Петрова. - М., 1984. - 303 с. : ил.
7. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. В 2 кн.. Кн. 2 : [монография] / [Гоулдстейн Дж. и др.] ; пер. с англ. Р. С. Гвоздовер и Л. Ф. Комоловой ; под ред. В. И. Петрова. - М., 1984. - 348 с. : ил.
8. Физические методы контроля структуры и качества материалов : Учеб. пособие [для МТФ направления 551600 (спец. 120800)] / Батаев А. А., Батаев В. А., Тушинский Л. И., Которов С. А., Буторин Д. Е., Суханов Д. А., Батаева З. Б., Смирнов А. И., Плохов А. В. ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2000. - 154 с.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2000/bat.zip>
9. Васильев Л. И. Современная электронная микроскопия металлических материалов / Л. И. Васильев, А. М. Глезер, Ленингр. дом науч.-техн. пропаганды. - Л., 1983. - 18, [2] с. : ил.
10. Горелик С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ : Учеб. пособие для вузов по напр. "Материаловедение и технология новых материалов" / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев. - М., 1994. - 328 с. : ил.
11. Томас Г. Просвечивающая электронная микроскопия материалов / Г. Томас, М. Дж. Гориндж ; пер. с англ. под ред. Б. К. Вайнштейна. - М., 1983. - 316, [1] с. : ил., табл., граф.
12. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия : учебник для вузов по специальностям "Физика металлов", "Металловедение, оборудование и технология термической обработки металлов" / [Я. С. Уманский и др.]. - М., 1982. - 631 с. : ил., схем.
13. Электронная микроскопия тонких кристаллов : [монография] / П. Хирш [и др.] ; пер. с англ. под ред. Л. М. Утевского. - М., 1968. - 574 с. : ил.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>

5. :

8.

8.1

1. Просвечивающая электронная микроскопия : методические указания к лабораторным работам по курсу "Методы исследования материалов и процессов" для 3 курса МТФ (специальность 150501 "Материаловедение в машиностроении" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Смирнов, А. А. Никулина]. - Новосибирск, 2010. - 19, [1] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3877.pdf>

2. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042

8.2

1 Microsoft Office

2 Microsoft Windows

3 Microsoft Office

9.

-

1		

1	XVP EV050	;
2		
3	- PIPS	
4	Tecnai G2 20TWIN	

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Электронная микроскопия** 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.3 готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общетехнические знания в профессиональной деятельности	з13. знать физические основы метода электронной микроскопии	Взаимодействие электронов с веществом Выполнение индивидуальной работы по комплексному исследованию физического объекта методами РЭМ и ПЭМ Кинематическая и динамическая теория дифракции электронов Теоретические основы анализа материалов методами РЭМ и ПЭМ Электронная микроскопия как метод изучения структуры материалов	РГЗ, разделы 1-4	Зачет, вопросы 1-3, 8, 11-12, 14, 19-22, 28, 30-32
ОПК.4 способность сочетать теорию и практику для решения инженерных задач	з4. знать методы проведения структурного анализа (рентгеновского, электронно-микроскопического, акустического, спектрального, микро-рентгеноспектрального и др.)	Анализ полученных изображений структур материалов Анализ полученных изображений структуры материалов Выполнение индивидуальной работы по комплексному исследованию физического объекта методами РЭМ и ПЭМ Работа на просвечивающем и растровом электронных микроскопах Теоретические основы анализа материалов методами РЭМ и ПЭМ	РГЗ, разделы 1-4	Зачет, вопросы 4-7, 16-18, 23, 29
ПК.10/ПТ способность оценивать качество материалов в производственных условиях на стадии опытно-промышленных испытаний и внедрения	уб. уметь планировать и организовывать простейшие эксперименты, обрабатывать и анализировать полученные результаты	Анализ полученных изображений структуры материалов Выполнение индивидуальной работы по комплексному исследованию физического объекта методами РЭМ и ПЭМ	РГЗ, разделы 1-4	Зачет, вопросы 9-10, 28
ПК.10/ПТ	уб8. владеть приемами прободопготовки образцов для просвечивающего электронного микроскопа	Выполнение индивидуальной работы по комплексному исследованию физического объекта методами РЭМ и ПЭМ Нанесение токопроводящих покрытий на непроводящие образцы для РЭМ Подготовка образцов в поперечном сечении Подготовка образцов для ПЭМ методом ионного утонения Подготовка образцов для ПЭМ электрохимическим и		Зачет, вопросы 13, 29

		химическим методами Подготовка образцов для электронной микроскопии Подготовка полимерных и керамических образцов для ПЭМ		
ПК.12/ПТ готовность работать на оборудовании в соответствии с правилами техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда	зб. знать режимы работы электронного микроскопа и порядок проведения основных калибровок прибора	Выполнение индивидуальной работы по комплексному исследованию физического объекта методами РЭМ и ПЭМ Устройство просвечивающего электронного микроскопа Устройство растрового электронного микроскопа		Зачет, вопросы 23, 24-25, 27

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3, ОПК.4, ПК.10/ПТ, ПК.12/ПТ.

Зачет проводится в устной форме, по билетам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 7 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).

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

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.3, ОПК.4, ПК.10/ПТ, ПК.12/ПТ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

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 не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками (0-49 баллов).

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 (50-72 балла).

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 (73-86 балла).

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 (87-100 баллов).

Паспорт зачета

по дисциплине «Электронная микроскопия», 7 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет состоит из двух вопросов. Каждый вопрос оценивается максимум в 10 баллов. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет МТФ

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Электронная микроскопия»

1. Что такое разрешающая способность?
2. В каких случаях будет происходить испускание фотонов атомами?

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(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 показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 0-9 *баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает неприципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 10-15 *баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 16-18 *баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при

ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 19-20 баллов.

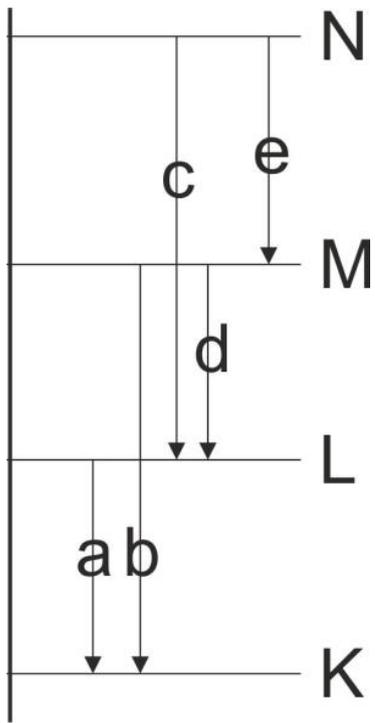
3. Шкала оценки

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

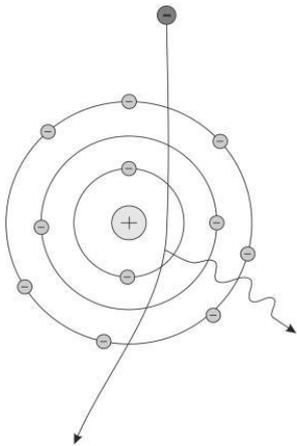
В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Электронная микроскопия».

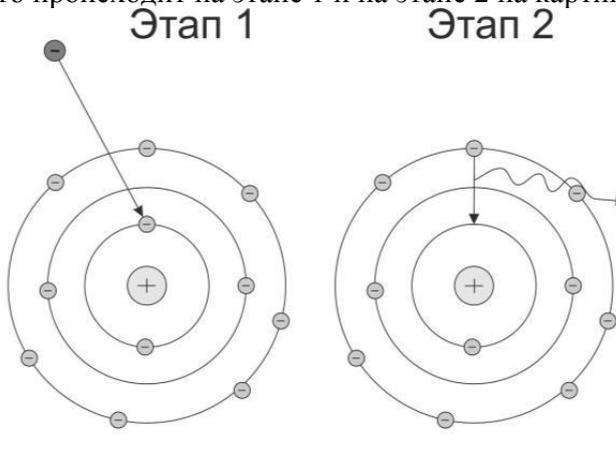
1. Что такое разрешающая способность?
2. По какой причине разрешающая способность электронного микроскопа существенно выше разрешающей способности оптического микроскопа?
3. Какой метод следует использовать в случае исследования дислокационной структуры материала?
4. Какой метод следует использовать в случае исследования поверхности разрушения образца?
5. Какой метод следует использовать в случае исследования фазового состава?
6. Какой метод следует использовать в случае определения ориентировки зерен?
7. Как называется метод для определения элементного состава материала в микрообъемах?
8. Какой тип излучения широко используется в электронной микроскопии для определения элементного состава?
9. По какой причине для работы электронного микроскопа необходим вакуум?
10. Из каких материалов изготавливают катоды для электронных микроскопов?
11. В каком случае электроны можно называть упруго рассеянными?
12. Каким образом образуется излучение $CuK\alpha$?
13. Какой должна быть толщина объектов для просвечивающей электронной микроскопии?
14. В каких случаях будет происходить испускание фотонов атомами?
15. Модель атома Бора применима только для...
16. В оптико-эмиссионном спектральном анализе материал испускает дискретный (прерывистый) спектр если...
17. Метод микрорентгеноспектрального анализа позволяет исследовать материалы в следующем агрегатном состоянии...
18. Какими частицами облучается материал в методе микрорентгеноспектрального анализа?
19. Укажите как будет называться линия в спектре излучения, вызванная соответствующим переходом:



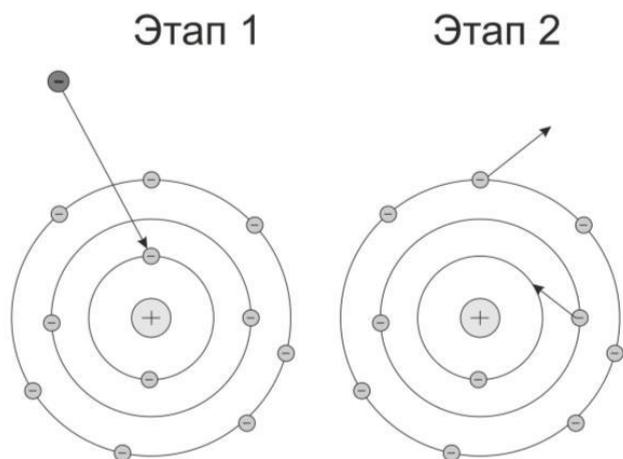
20. Как называется излучение, испускаемое электроном?



21. Что происходит на этапе 1 и на этапе 2 на картинке?



22. Что происходит на этапе 1 и на этапе 2 на картинке?



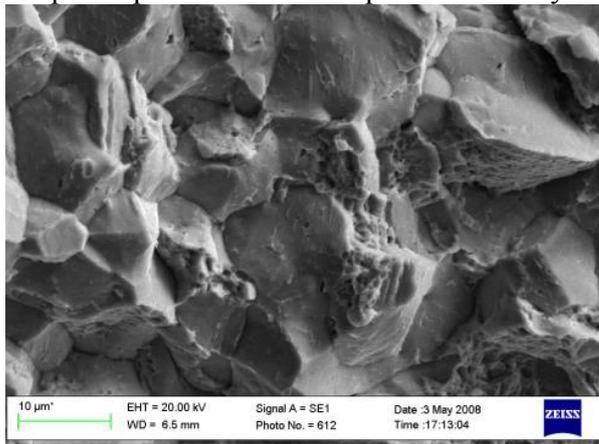
23. Метод энергодисперсионного микрорентгеноспектрального анализа (EDX) плохо подходит для определения концентраций лёгких элементов и в особенности углерода. Почему?

24. Сравните между собой особенности изображений, формируемых на растровом электронном микроскопе в режиме вторичных электронов и в режиме обратно рассеянных электронов.

25. Когда их стоит применять режим вторичных электронов и режим обратно рассеянных электронов на растровом электронном микроскопе?

26. Почему для работы РЭМ нужен вакуум?

27. Изображение на представленном ниже рисунке было получено в режиме вторичных или обратно рассеянных электронов? Почему?



28. В каком случае электроны можно называть упруго рассеянными?

29. По какой причине при исследовании материалов методом микрорентгеноспектрального анализа не требуется переводить образец в газообразное состояние?

30. Гексагональный кристалл титана имеет следующие параметры решётки: $a=b=2,45 \text{ \AA}$, $c=4,4 \text{ \AA}$, углы между базисными векторами: $\alpha=\beta=90^\circ$, $\gamma=120^\circ$. Определить межплоскостные расстояния для следующих плоскостей:

100

001

112.

31. Гексагональный кристалл титана имеет следующие параметры решётки: $a=b=2,45 \text{ \AA}$, $c=4,4 \text{ \AA}$, углы между базисными векторами: $\alpha=\beta=90^\circ$, $\gamma=120^\circ$. Определить углы между следующими направлениями: 001 и 111; 100 и 112.

32. Гексагональный кристалл титана имеет следующие параметры решётки: $a=b=2,45 \text{ \AA}$, $c=4,4 \text{ \AA}$, углы между базисными векторами: $\alpha=\beta=90^\circ$, $\gamma=120^\circ$. Определить углы между следующими плоскостями: 001 и 111; 100 и 112.

Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Электронная микроскопия», 7 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты выполняют индивидуальное задание.

Задание

Выбрать вариант в соответствии с номером в ведомости

В задачах 1-3 вычислить углы между плоскостями и направлениями в кристаллах с использованием метрического тензора

В задаче 4 построить картину дифракции электронов от заданного материала в заданном направлении. Построить все рефлексы для плоскостей с $d > 1 \text{ \AA}$.

Решение оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32-2001 "Отчет о научно-исследовательской деятельности. Структура и правила оформления" и в печатном виде сдается преподавателю на 16 неделе семестра.

Объем пояснительной записки 5-8 стр. компьютерного набора. Формат бумаги А4 – 210 x 297 мм. На титульном листе должны быть указаны дисциплина, номер и наименование темы РГЗ, фамилия, имя и группа студента. Титульный лист оформляется по образцу, приведенному на рисунке 1. Основные составляющие РГЗ: содержание, введение, основная часть, заключение, список использованной литературы. Брошюровка работы должна быть книжной; поля: сверху – 2,0 см, слева – 1,5 см, внизу – 2,0 см, справа – 3,0 см. Шрифт набора текста должен быть 12-14 пунктов. Межстрочный интервал полуторный. Текст должен иллюстрироваться схемами, графиками, рисунками, таблицами. Рисунки должны быть сделаны в векторном графическом редакторе (CorelDraw и т.п.) и могут быть расположены на отдельной странице. Подрисуночная подпись должна располагаться под рисунком. Нумерация рисунков сквозная. Список использованной литературы оформляется по ГОСТ.

Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ, оценка составляет 0-10 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ выполнены формально, оценка составляет 11-16 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне если части РГЗ выполнены в полном объеме, но без достаточного обоснования, оценка составляет 17-28 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если части РГЗ выполнены в полном объеме, оценка составляет 29-36 баллов.

2. Шкала оценки

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

3. Примерный перечень тем РГЗ

Вариант	Задача 1	Задача 2	Задача 3	Задача 4
1	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=b=c=2.3 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=3 \text{ \AA}$, $b=3.3 \text{ \AA}$ $c=4.3 \text{ \AA}$	$a=6,216 \text{ \AA}$, $b=6,288 \text{ \AA}$, $c=8,559 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^\circ$, $\beta=95^\circ$	$\alpha\text{-Fe [111]}$
2	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=b=c=2.4 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=2 \text{ \AA}$, $b=3.3 \text{ \AA}$ $c=4.3 \text{ \AA}$	$a=5,316 \text{ \AA}$, $b=6,188 \text{ \AA}$, $c=8,759 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^\circ$, $\beta=96^\circ$	$\gamma\text{-Fe [110]}$
3	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=b=c=2.5 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=3 \text{ \AA}$, $b=4.3 \text{ \AA}$ $c=5.3 \text{ \AA}$	$a=6,119 \text{ \AA}$, $b=6,88 \text{ \AA}$, $c=8,9 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^\circ$, $\beta=99^\circ$	Cu [112]
4	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=b=c=2.6 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=3.2 \text{ \AA}$, $b=3.6 \text{ \AA}$ $c=4.2 \text{ \AA}$	$a=4,11 \text{ \AA}$, $b=6,12 \text{ \AA}$, $c=8,45 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^\circ$, $\beta=93^\circ$	Al [111]
5	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=b=c=2.7 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=3.3 \text{ \AA}$, $b=3.15 \text{ \AA}$ $c=4.12 \text{ \AA}$	$a=6,26 \text{ \AA}$, $b=6,18 \text{ \AA}$, $c=8,9 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^\circ$, $\beta=94,772^\circ$	Nb [120]
6	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=b=c=2.8 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=3 \text{ \AA}$, $b=3.35 \text{ \AA}$ $c=4.13 \text{ \AA}$	$a=5,16 \text{ \AA}$, $b=6,18 \text{ \AA}$, $c=8,29 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^\circ$, $\beta=98^\circ$	Ta [210]
7	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=b=c=2.9 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=3.8 \text{ \AA}$, $b=3.37 \text{ \AA}$ $c=4.23 \text{ \AA}$	$a=6,4 \text{ \AA}$, $b=6,5 \text{ \AA}$, $c=8,7 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^\circ$, $\beta=95^\circ$	W [112]
8	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=b=c=3.3 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=3.2 \text{ \AA}$, $b=3.35 \text{ \AA}$ $c=4.31 \text{ \AA}$	$a=5,05 \text{ \AA}$, $b=6,56 \text{ \AA}$, $c=8,19 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^\circ$, $\beta=93^\circ$	Al [121]
9	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=b=c=3.4 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=3.9 \text{ \AA}$, $b=3.8 \text{ \AA}$ $c=4.11 \text{ \AA}$	$a=4,16 \text{ \AA}$, $b=6,28 \text{ \AA}$, $c=8,32 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^\circ$, $\beta=97^\circ$	$\alpha\text{-Fe [121]}$
10	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=b=c=3.5 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=3.17 \text{ \AA}$, $b=3.23 \text{ \AA}$ $c=4.33 \text{ \AA}$	$a=5,26 \text{ \AA}$, $b=6,8 \text{ \AA}$, $c=8,9 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^\circ$, $\beta=98^\circ$	$\gamma\text{-Fe [122]}$
11	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=b=c=3.6 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$, $a=3 \text{ \AA}$, $b=3.19 \text{ \AA}$ $c=4.29 \text{ \AA}$	$a=4,6 \text{ \AA}$, $b=6,8 \text{ \AA}$, $c=8,29 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^\circ$, $\beta=98^\circ$	Cu [132]

			95 _o	
12	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=b=c=3.7 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=3 \text{ \AA}$, $b=3.9 \text{ \AA}$ $c=4.2 \text{ \AA}$	$a=4,3 \text{ \AA}$, $b=6,5 \text{ \AA}$, $c=8,4 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^{\circ}$, $\beta=93^{\circ}$	Al [310]
13	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=b=c=3.8 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=3 \text{ \AA}$, $b=3.6 \text{ \AA}$ $c=4.7 \text{ \AA}$	$a=5,17 \text{ \AA}$, $b=6,22 \text{ \AA}$, $c=8,33 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^{\circ}$, $\beta=98^{\circ}$	Nb [011]
14	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=b=c=3.9 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=3 \text{ \AA}$, $b=3.6 \text{ \AA}$ $c=4.3 \text{ \AA}$	$a=6,19 \text{ \AA}$, $b=6,8 \text{ \AA}$, $c=8,2 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^{\circ}$, $\beta=91^{\circ}$	Ta [312]
15	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=b=c=4.1 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=3 \text{ \AA}$, $b=3.12 \text{ \AA}$ $c=4.11 \text{ \AA}$	$a=5,6 \text{ \AA}$, $b=4,18 \text{ \AA}$, $c=7,29 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^{\circ}$, $\beta=99^{\circ}$	W [332]
16	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=b=c=4.3 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=3.1 \text{ \AA}$, $b=3.23 \text{ \AA}$ $c=4.22 \text{ \AA}$	$a=6,16 \text{ \AA}$, $b=6,8 \text{ \AA}$, $c=9,29 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^{\circ}$, $\beta=102^{\circ}$	Al [321]
17	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=b=c=4.2 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=3.1 \text{ \AA}$, $b=3.32 \text{ \AA}$ $c=4.31 \text{ \AA}$	$a=4,16 \text{ \AA}$, $b=6,18 \text{ \AA}$, $c=7,9 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^{\circ}$, $\beta=111^{\circ}$	α -Fe [131]
18	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=b=c=4.4 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=3.101 \text{ \AA}$, $b=3.32 \text{ \AA}$ $c=4.31 \text{ \AA}$	$a=4,16 \text{ \AA}$, $b=5,18 \text{ \AA}$, $c=7,29 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^{\circ}$, $\beta=93^{\circ}$	γ -Fe [122]
19	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=b=c=4.5 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=3.11 \text{ \AA}$, $b=3.23 \text{ \AA}$ $c=4.33 \text{ \AA}$	$a=6,16 \text{ \AA}$, $b=5,18 \text{ \AA}$, $c=9,29 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^{\circ}$, $\beta=98^{\circ}$	Cu [212]
20	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=b=c=4.6 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=3.12 \text{ \AA}$, $b=3.32 \text{ \AA}$ $c=4.13 \text{ \AA}$	$a=6,36 \text{ \AA}$, $b=6,28 \text{ \AA}$, $c=7,29 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^{\circ}$, $\beta=97^{\circ}$	Al [210]
21	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=b=c=4.7 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=3.07 \text{ \AA}$, $b=3.23 \text{ \AA}$ $c=4.9 \text{ \AA}$	$a=6,18 \text{ \AA}$, $b=6,19 \text{ \AA}$, $c=9,29 \text{ \AA}$, $\alpha=\gamma=90^{\circ}$, $\beta=98^{\circ}$	Nb [223]
22	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=b=c=4.15 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$, $a=3.2 \text{ \AA}$, $b=3.7 \text{ \AA}$ $c=4.2$	$a=6,22 \text{ \AA}$, $b=6,46 \text{ \AA}$, $c=7,29 \text{ \AA}$,	Ta [213]

		A	$\alpha=\gamma=90^\circ, \beta = 94^\circ$	
23	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ,$ $a=b=c=4.35 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ,$ $a= 3 \text{ \AA}, b=3.3$ $\text{ \AA } c=4.3 \text{ \AA}$	$a = 6,6 \text{ \AA}, b =$ $6,8 \text{ \AA}, c =$ $7,29 \text{ \AA},$ $\alpha=\gamma=90^\circ, \beta =$ 98°	W [311]
24	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ,$ $a=b=c=2.35 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ,$ $a= 3 \text{ \AA}, b=3.3$ $\text{ \AA } c=4.3 \text{ \AA}$	$a = 6,3 \text{ \AA}, b =$ $6,82 \text{ \AA}, c =$ $8,29 \text{ \AA},$ $\alpha=\gamma=90^\circ, \beta =$ 99°	Al [312]
25	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ,$ $a=b=c=2.86 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ,$ $a= 3.1 \text{ \AA},$ $b=3.2 \text{ \AA } c=3.3$ \AA	$a = 6,26 \text{ \AA}, b =$ $6,8 \text{ \AA}, c =$ $8,39 \text{ \AA},$ $\alpha=\gamma=90^\circ, \beta =$ 94°	Ta [332]

Углы между плоскостями

	112	113	235	489
111				
110				
221				
157				
189				
100				

Углы между направлениями

	112	113	235	489
111				
110				
221				
157				
189				
100				

Межплоскостные расстояния

110	
221	
157	
189	
100	
111	
112	
113	
235	
489	