

«

»

“

”

. . . . .

31.08.2022

: . . . . .

:

:

<https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education>

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Кристаллография

: 22.03.01

, :

: 3, : 5 6

		5	6
1	( )	3	3
2		108	108
3	, .	38	42
4	, .	16	16
5	, .	16	18
6	, .	0	0
7	, .	10	14
8	, .	16	18
9	, .	2	2
10	, .	4	6
11	, .	70	66
12	( , ( )/ , )		
13			

( ): 22.03.01

701 02.06.2020 ., : 10.07.2020 .

: 1,

( ): 22.03.01

, 31.08.2022

- , 6 31.08.2022

:

, . . . . . . . . .

:

. . .

# 1.

1.1

	-1 , ,
	-1. 1 , .

## 2.

,

2.1

<b>УК-1. 1 Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации.</b>	
	; ;
	;
, ,	;

## 3.

3.1

		.. .	, .		
: 5					
:					
1.	2	0	0	-1.1	
2.	2	0	0	-1.1	
3.	2	0	0	-1.1	
:					
4.	2	0	0	-1.1	
:					
5.	2	0	0	-1.1	
6.	2	0	0	-1.1	
7.	2	0	0	-1.1	
8.	2	0	0	-1.1	
: 6					
:					

9.	2	0	0	-1.1	
10.	2	0	0	-1.1	
11.	2	0	0	-1.1	
12.	2	0	0	-1.1	
13.	2	0	0	-1.1	
:					
14.	2	0	0	-1.1	
15.	2	0	0	-1.1	
16.	2	0	0	-1.1	

		” .	， .		
: 5					
:					
1. :	2	2	1	-1.1	，
2. :	2	2	1	-1.1	，
3. :	2	2	1	-1.1	，
:					
4. :	2	2	1	-1.1	，
:					
5. :	2	2	1	-1.1	，
6. :	2	2	1	-1.1	，

7.	:	2	2	2	-1.1	,
8.	:	2	2	2	-1.1	,
: 6						
:						
9.	:	2	2	1	-1.1	,
10.	:	2	2	2	-1.1	,
11.	:	2	2	2	-1.1	,
12.	:	2	2	2	-1.1	,
13.	:	2	2	1	-1.1	,
14.	:	2	2	0	-1.1	,
:						
15.	:	2	2	2	-1.1	,
16.	:	2	2	2	-1.1	,
17.	:	2	2	2	-1.1	,

		„ .	, .		
: 5					
:					

3.	8	0	0	-1.1	
:					
1.	16	0	0	-1.1	
2.	26	0	0	-1.1	
: 6					
:					
4.	23	0	0	-1.1	
5.	23	0	0	-1.1	

3.1

3.2

			( )
1	:		:
2	:		:
3	:		:
4	:		:
5	:		:
6	:		:
7	:		:
8	:		:
9	:		:
10	:		:
11	:		:
12	:		:
13	:		:

14			:
15	:		:
16	:		:
17	:		:

### 3.2

### 3.3

: 5				
1		-1.1	10	2
: : / ].- : - , 2016.- 19, [1] .: .- : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042</a>				
2		-1.1	10	2
: : / ].- : - , 2016.- 19, [1] .: .- : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042</a>				
3		-1.1	50	0
, 3.3 : : / ].- : - , 2016.- 19, [1] .: .- : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042</a>				
: 6				
1		-1.1	10	2
: : / ].- : - , 2016.- 19, [1] .: .- : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042</a>				
2		-1.1	10	4
: : / ].- : - , 2016.- 19, [1] .: .- : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042</a>				
3		-1.1	46	0
, 3.3 : : / ].- : - , 2016.- 19, [1] .: .- : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042</a>				

### 3.3

( . 3.4).

3.4

	-
	e-mail; ;

### 4.

( ),

15-

ECTS.

. 4.1.

4.1

	.	
: 5		
Контрольные работы:	40	80
Зачет:	10	20
: 6		
Самостоятельное изучение теоретического материала:	0	
Контрольные работы:	30	60
Экзамен:	20	40

4.2

4.2

-1	-1 1.	,	+	+

1

### 5.

1. Батаев, И. А. Кристаллография. Методы проецирования кристаллов : учебное пособие / И. А. Батаев, А. А. Батаев, Д. В. Лазуренко. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 72 с. — ISBN 978-5-7782-3286-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118087> (дата обращения: 09.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.



2. Батаев, И. А. Кристаллография. Формы кристаллических многогранников : учебное пособие / И. А. Батаев. — Новосибирск : НГТУ, 2016. — 67 с. — ISBN 978-5-7782-2888-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118481> (дата обращения: 09.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Батаев, И. А. Кристаллография. Индексирование граней и ребер кристаллов : учебное пособие / И. А. Батаев, А. А. Батаев, С. В. Веселов. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 118 с. — ISBN 978-5-7782-3870-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152135> (дата обращения: 09.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Батаев, И. А. Кристаллография. Обозначение и вывод классов симметрии : учебное пособие / И. А. Батаев, А. А. Батаев. — Новосибирск : НГТУ, 2015. — 60 с. — ISBN 978-5-7782-2740-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118115> (дата обращения: 09.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

1. Филатов, С. К. Общая кристаллохимия: Учебник / Филатов С.К., Кривовичев С.В. - СПб:СПбГУ, 2018. - 276 с.: ISBN 978-5-288-05812-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1001168> (дата обращения: 09.03.2023). – Режим доступа: по подписке.

2. Юшкова, О. В. Основы кристаллографии : учебное пособие / О. В. Юшкова, А. С. Надолько, А. И. Безруких. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 324 с. - ISBN 978-5-7638-4181-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1830714> (дата обращения: 09.03.2023). – Режим доступа: по подписке.

3. Сергеев, Н. А. Кристаллофизика : монография / Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин. - Москва : Университетская книга, 2020. - 160 с. - ISBN 978-5-98699-182-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1212402> (дата обращения: 09.03.2023). – Режим доступа: по подписке.

4. Филатов, С. К. Общая кристаллохимия: Учебник / Филатов С.К., Кривовичев С.В. - СПб:СПбГУ, 2018. - 276 с.: ISBN 978-5-288-05812-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1001168> (дата обращения: 14.03.2023). – Режим доступа: по подписке.

1. COD. Crystallography Open Database : open-access collection of crystal structures of organic, inorganic, metal-organic compounds and minerals, excluding biopolymers : [site]. – 2022. – URL: <https://www.crystallography.net/cod/> – URL: (access data: 25.03.2023). – Text : electronic

6.

### 6.1

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

### 6.2

### 6.3

7.

1	BENQ PB 6240	

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра материаловедения в машиностроении

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН МТФ  
к.т.н., доцент А.Г. Тюрин  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ Г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Кристаллография**

Образовательная программа: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль:  
Материаловедение и технологии машиностроительных материалов

## 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Кристаллография представлена в Таблице. Совокупность результатов обучения по дисциплине соотнесена с уровнями сформированности компетенций и соотнесенными с ними индикаторами. Индикаторы достижения компетенций измеряемы с помощью средств текущей и промежуточной аттестации по дисциплине Кристаллография.

Таблица

Формируемые компетенции	Индикаторы компетенций	Темы	Этапы оценки результатов обучения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (контрольная работа, курсовой проект, РГЗ(Р), реферат и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации.	Анизотропия физических свойств Векторы и матрицы в кристаллографии Вычисления расстояний и углов между элементами решетки. Обратная решетка Квазикристаллические и аморфные структуры Кристаллические структуры интерметаллических соединений Кристаллохимия керамик Кристаллохимия полимеров Направления и плоскости кристаллической решетки Операции симметрии Основные понятия кристаллофизики Плотнейшие упаковки Принципы построения стереографических проекций Пространственная решетка Пространственные группы симметрии Решение задач по темам для самостоятельного изучения Решение задач по теме: Анизотропия физических свойств Решение задач по теме: Вычисления расстояний и углов между элементами решетки. Обратная решетка Решение задач по теме: Квазикристаллические и аморфные структуры Решение задач по теме: Кристаллические структуры интерметаллических соединений Решение задач по теме: Направления и плоскости кристаллической решетки Решение задач по теме: Операции симметрии Решение задач по теме: Основные понятия кристаллофизики Решение задач по теме: Плотнейшие упаковки Решение задач по теме: Принципы	Контрольная работа №1 (5 семестр), задания 1 -15. Контрольная работа №2 (6 семестр), задания 1 -15.	Зачет, вопросы 1-50 (5 семестр). Экзамен, вопросы 1-25, задачи 1-5 (6 семестр).

		построения стереографических проекций Решение задач по теме: Пространственная решетка Решение задач по теме: Пространственные группы симметрии Решение задач по теме: Субструктуры и сверхструктуры Решение задач по теме: Типы связей. Кристаллохимические радиусы. Координационные числа Решение задач по теме: Точечные группы симметрии Решение задач по теме: Химическая анизотропия Решение задач по теме: Элементы симметрии Субструктуры и сверхструктуры Теория групп Типы связей. Кристаллохимические радиусы. Координационные числа. Точечные группы симметрии Химическая анизотропия Экспериментальные методы кристаллографии Элементы симметрии	
--	--	--	--

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций по дисциплине

Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций проверяются при проведении мероприятий текущей аттестации (контроля) в процессе изучения дисциплины, указанных в таблице раздела 1.

В 5 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 5 семестре - в форме зачета, в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций УК-1 и соотнесенных с ними индикаторов. (см. таблицу раздела 1).

Зачет проводится в устной форме, по билетам, содержащим 1 вопрос и 1 задачу. Вопрос требует развернутого ответа с пояснениями и обоснованием излагаемого материала. Задача требует письменного решения и ответа. Билет формируется из приведенного в Паспорте зачета списка вопросов и задач, позволяющих оценить результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

Экзамен проводится в форме письменного тестирования. Тест состоит из вопросов, приведенных в паспорте экзамена, позволяющих оценить результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций

Общие правила выставления оценок текущей и промежуточной аттестации по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании критериев, приведенных в п. 3, осуществляется оценка уровней достигнутых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенции УК-1, закрепленных за дисциплиной.

### **3. Общая характеристика уровней результатов обучения, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

**Продвинутый.** Теоретическое содержание курса освоено полностью. Студент демонстрирует систематическое и глубокое понимание учебного материала и способность к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Сформированы необходимые навыки практической работы. Все учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнены качественно, без замечаний. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов, входящим в диапазон продвинутого уровня.

**Базовый.** Теоретическое содержание курса освоено в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Навыки практической работы сформированы на базовом уровне. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с небольшими погрешностями. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов в пределах базового уровня.

**Пороговый.** Теоретическое содержание курса освоено в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Некоторые практические навыки работы сформированы с пробелами. Учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнялись с ошибками, исправленными под руководством преподавателя. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов в пределах порогового уровня.

**Ниже порогового.** Теоретическое содержание курса освоено фрагментарно. Необходимые навыки практической работы сформированы минимально. Большинство учебных заданий, предусмотренных программой обучения, не выполнены. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов, входящих в диапазон ниже порогового уровня.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра материаловедения в машиностроении

## Паспорт зачета

по дисциплине «Кристаллография», 5 семестр

### 1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет состоит из 1 теоретического вопроса и 1 задачи и формируется по следующему правилу:

- первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-25;
- второй вопрос – задача - выбирается из диапазона задач 26-50.

Таким образом, проверяются результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

На зачете преподаватель вправе задавать студенту уточняющие и дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет МТФ

Билет № \_\_\_\_\_

к зачету по дисциплине «Кристаллография»

---

1. Теоретический вопрос.
2. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ должность, ФИО  
(подпись) (дата)

### 2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент проводит сравнительный комплексный анализ материала, выявляет проблемы, предлагает механизмы их решения, представляет количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи. Совокупность результатов обучения по дисциплине и

соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Установленные в программе компетенции сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от 18 до 20 баллов*.

Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, способен представить количественные и качественные характеристики процессов, не допускает существенных ошибок при решении задачи. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 15 до 17 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 непринципиальные ошибки, например, вычислительные. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 10 до 13 баллов*.

Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным** (ниже порогового уровня), если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее 10 баллов*.

### 3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 10 до 20 баллов включительно. Сумма менее 10 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

### 4. Вопросы к зачету по дисциплине «Кристаллография»

1. Базисные векторы и векторы трансляции в кристаллической структуре.
2. Вычисление углов между плоскостями и направлениями.
3. Закон зон.
4. Матрица направляющих косинусов.
5. Решетки Браве.
6. Обратная решетка.
7. Индексы Миллера.
8. Элементы симметрии кристаллических структур.
9. Комбинации операций симметрии.
10. Сингонии.
11. Теоремы взаимодействия элементов симметрии.
12. Точечные группы симметрии.
13. Матричное представление точечных групп симметрии.
14. Плоские группы симметрии.
15. Пространственные группы симметрии.
16. Генераторы пространственных групп симметрии.
17. Символика точечных и пространственных групп симметрии.



18. Нахождение атомных позиций.
19. Исследование кристаллической структуры с использованием рентгеновской дифракции.
20. Исследование кристаллической структуры с использованием дифракции нейтронов.
21. Исследование кристаллической структуры с использованием дифракции электронов.
22. Основные правила построения стереографической проекции.
23. Основы теории групп.
24. Свойства групп.
25. Порождающие матрицы.
26. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{001\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{111\}$  в моноклинном кристалле с параметрами ячейки  $a=2$ ,  $b=1$ ,  $c=3$  и  $\alpha=90$ ,  $\beta=45$ ,  $\gamma=90$ .
27. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{100\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{112\}$  в моноклинном кристалле с параметрами ячейки  $a=3$ ,  $b=1$ ,  $c=2$  и  $\alpha=90$ ,  $\beta=30$ ,  $\gamma=90$ .
28. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{010\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{211\}$  в моноклинном кристалле с параметрами ячейки  $a=1$ ,  $b=2$ ,  $c=3$  и  $\alpha=90$ ,  $\beta=60$ ,  $\gamma=90$ .
29. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{120\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{111\}$  в моноклинном кристалле с параметрами ячейки  $a=2$ ,  $b=3$ ,  $c=1$  и  $\alpha=90$ ,  $\beta=45$ ,  $\gamma=90$ .
30. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{011\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{001\}$  в тетрагональном кристалле с параметрами ячейки  $a=b=1$ ,  $c=2$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90$ .
31. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{211\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{011\}$  в тетрагональном кристалле с параметрами ячейки  $a=b=1$ ,  $c=3$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90$ .
32. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{111\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{011\}$  в тетрагональном кристалле с параметрами ячейки  $a=b=1$ ,  $c=2$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90$ .
33. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{120\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{111\}$  в тетрагональном кристалле с параметрами ячейки  $a=b=2$ ,  $c=1$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90$ .
34. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{011\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{001\}$  в гексагональном кристалле с параметрами ячейки  $a=b=1$ ,  $c=2$  и  $\alpha=\beta=90$ ,  $\gamma=120$ .
35. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{211\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{011\}$  в гексагональном кристалле с параметрами ячейки  $a=b=1$ ,  $c=3$  и  $\alpha=\beta=90$ ,  $\gamma=120$ .
36. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{111\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{011\}$  в гексагональном кристалле с параметрами ячейки  $a=b=1$ ,  $c=2$  и  $\alpha=\beta=90$ ,  $\gamma=120$ .
37. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{120\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{111\}$  в гексагональном кристалле с параметрами ячейки  $a=b=2$ ,  $c=1$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90$ .
38. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{001\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{111\}$  в триклинном кристалле с параметрами ячейки  $a=3$ ,  $b=1$ ,  $c=2$  и  $\alpha=30$ ,  $\beta=60$ ,  $\gamma=45$ .
39. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{100\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{112\}$  в триклинном кристалле с параметрами ячейки  $a=1$ ,  $b=2$ ,  $c=3$  и  $\alpha=20$ ,  $\beta=30$ ,  $\gamma=70$ .
40. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{010\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{211\}$  в триклинном кристалле с параметрами ячейки  $a=2$ ,  $b=1$ ,  $c=3$  и  $\alpha=45$ ,  $\beta=80$ ,  $\gamma=120$ .
41. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{120\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{111\}$  в триклинном кристалле с параметрами ячейки  $a=2$ ,  $b=3$ ,  $c=1$  и  $\alpha=30$ ,  $\beta=50$ ,  $\gamma=20$ .
42. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{001\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{111\}$  в ромбическом кристалле с параметрами ячейки  $a=2$ ,  $b=1$ ,  $c=3$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90$ .
43. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{100\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{112\}$  в ромбическом кристалле с параметрами ячейки  $a=3$ ,  $b=1$ ,  $c=2$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90$ .
44. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{010\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{211\}$  в ромбическом кристалле с параметрами ячейки  $a=1$ ,  $b=2$ ,  $c=3$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90$ .
45. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{120\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{111\}$  в ромбическом кристалле с параметрами ячейки  $a=2$ ,  $b=3$ ,  $c=1$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90$ .
46. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{001\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{111\}$  в кубическом кристалле с параметрами ячейки  $a=b=c=3$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90$ .
47. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{100\}$ ,  $\{101\}$ ,  $\{112\}$  в

- кубическом кристалле с параметрами ячейки  $a=b=c=2$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ .
48. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{010\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{211\}$  в кубическом кристалле с параметрами ячейки  $a=b=c=1,5$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ .
49. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{120\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{111\}$  в кубическом кристалле с параметрами ячейки  $a=b=c=2,5$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ .
50. Построить стереографическую проекцию нормалей плоскостей  $\{122\}$ ,  $\{011\}$ ,  $\{211\}$  в кубическом кристалле с параметрами ячейки  $a=b=c=3,5$  и  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ .

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Кристаллография», 5 семестр

### 1. Методика оценки

Выполнение контрольной работы является формой текущей аттестации (контроля) по дисциплине, предусмотренной учебным планом.

Контрольная работа направлена на закрепление и проверку уровня владения учебным материалом по теоретическим темам и темам практических занятий, а также формирование навыков самостоятельного анализа процессов и явлений, связанных с кристаллическим строением вещества. Контрольная работа проводится по темам:

1. Пространственная решетка.
2. Направления и плоскости кристаллической решетки.
3. Вычисления расстояний и углов между элементами решетки. Обратная решетка.
4. Принципы построения стереографических проекций.
5. Элементы симметрии.
6. Операции симметрии.
7. Точечные группы симметрии.
8. Пространственные группы симметрии.

Номер индивидуального задания определяется по порядковому номеру фамилии студента в списке группы. Изменение варианта задания возможно только по согласованию с преподавателем.

Количество заданий достаточно для обеспечения, каждого обучающегося заданием контрольной работы.

*Структура контрольной работы:*

1. Условие задачи / теоретический вопрос.
2. Решение.
3. Ответ.

Указанная выше структура повторяется для каждого вопроса.

Рекомендуется излагать мысли по существу, кратко и логично.

*Требования к оформлению:*

Контрольная работа выполняется на отдельных листах. На первом листе необходимо указать ФИО и номер группы, а также номер варианта. Нумерация страниц сквозная. Контрольная работа должна быть отредактирована, не содержать орфографических и синтаксических.

Контрольная работа предоставляется для проверки сразу после выполнения. По результатам студенту выставляется оценка в соответствии с критериями, приведенными в п. 2 настоящего Паспорта.

### 2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Контрольная работа выполнена **на продвинутом** уровне, если все задания выполнены верно, приведены полные решения и даны четкие ответы. Анализ каждого из заданий контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Закрепленные за контрольной работой компетенции сформированы на

продвинутом уровне. Оценка составляет *от 67 до 80 баллов*.

Контрольная работа выполнена **на базовом** уровне, если работа содержит единичные не принципиальные ошибки. Анализ каждого из заданий контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Закрепленные за контрольной работой компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 53 до 66 баллов*.

Контрольная работа выполнена **на пороговом** уровне, если работа содержит принципиальные ошибки, либо часть заданий выполнена не верно. Анализ каждого из заданий контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Закрепленные за контрольной работой компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 40 до 52 баллов*.

Контрольная работа считается **не выполненной**, если работа содержит большое количество принципиальных ошибок, либо большая часть заданий выполнена неверно. Анализ каждого из заданий контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит множество существенных пробелов. Закрепленные за контрольной работой компетенции не сформированы. Оценка составляет *от 0 до 39 баллов*.

### 3. Шкала оценки

Контрольная работа как форма текущей аттестации (контроля) по дисциплине считается успешно выполненной, если сумма полученных баллов по всем ее заданиям составляет от 40 до 80 баллов включительно.

В общей оценке по дисциплине баллы за выполнение контрольной работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы и таблицей соответствия баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS, установленными в НГТУ.

### 4. Примерный перечень заданий контрольной работы

1. Изобразить плоскость (111) в кубическом кристалле.
2. Записать символ плоскости (111) в четырехосной системе координат.
3. Изобразить плоскость (111) в гексагональном кристалле.
4. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии:  $L_6PC$ ?
5. Какие элементы симметрии имеет кристалл, относящийся к ТГС  $mm2$ ?
6. Изобразить на стереографических проекциях элементы симметрии: 1) координатные плоскости симметрии, 2) вертикальную ось симметрии третьего порядка.
7. Изобразить на стереографической проекции поворот проекции плоскости вокруг горизонтальной оси симметрии 2 порядка.
8. Определить ТГС по проекции ее элементов симметрии.
9. Определить элементы симметрии по их символам:  $4_2$ , Т.
10. Записать матрицу трансформации для элемента симметрии  $2y$ .
11. Плоскость отсекает на осях координат отрезки 5, 3, 8 соответственно в параметрах элементарной ячейки  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . Определить индексы Миллера таких плоскостей.
12. Найти индексы узловой плоскости, проходящей через 3 узла кристаллической решетки:  $[[110]]$ ,  $[[101]]$ ,  $[[011]]$ .
13. Даны грани (320) и (110). Найти символ ребра, по которому они пересекаются.
14. Даны символы атомных рядов  $[320]$  и  $[110]$ . Найти грань между ними.
15. Определить ПГС по изображению кристаллической структуры.

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Кристаллография», 6 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в форме письменного тестирования с использованием электронной информационно-образовательной среда НГТУ ([http:// www.nstu.ru/sveden/eos](http://www.nstu.ru/sveden/eos)).

Тестовые задания охватывают все содержание дисциплины «Кристаллография».

Тест состоит из 25 вопросов различного вида и 5 задач и позволяет проверить результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

### 2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Выполнение теста засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент правильно ответил на все вопросы теста, знает определения всех понятий, продемонстрировал способность безошибочно устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, выявлять проблемы, предлагать механизмы их решения, представляет количественные и качественные характеристики определенных процессов и не допускает ошибок при решении задач. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Установленные в программе компетенции сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от 35 до 40 баллов*.

Выполнение теста засчитывается на **базовом** уровне, если студент правильно ответил на  $\frac{2}{3}$  вопросов теста, знает определения основных понятий, продемонстрировал способность устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, правильно характеризует процессы, явления, не допускает существенных ошибок при решении задач. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 34 до 27 баллов*.

Выполнение теста засчитывается на **пороговом** уровне, если студент правильно ответил от  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{2}{3}$  вопросов теста, знает определения основных понятий, продемонстрировал способность устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, при решении задач допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 26 до 20 баллов*.

Выполнение теста считается **неудовлетворительным**, если студент правильно ответил менее чем на половину вопросов теста, не знает определений понятий, не продемонстрировал способность устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, при решении задач допускает принципиальные ошибки.

Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее 20 баллов*.

### 3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 20 до 40 баллов включительно. Сумма менее 20 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

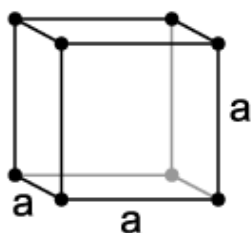
### 4. Примерный тест для экзамена

Утверждаю:  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ ФИО  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

#### Тест

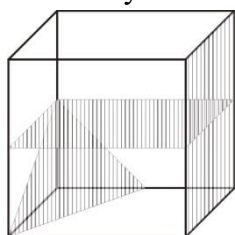
по дисциплине «Кристаллография»

1. К какой сингонии относится элементарная ячейка:



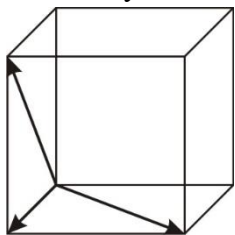
$$a=b=c; \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$$

- a. Тетрагональная.
  - b. Кубическая.**
  - c. Триклинная.
  - d. Тригональная.
2. Назвать указанные плоскости кристалла:



**Ответ: (122), (002), (010)**

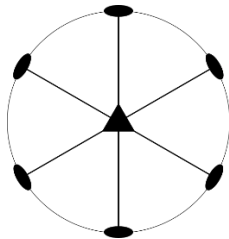
3. Назвать указанные направления кристалла:



**Ответ: [100], [110], [101]**

4. Чему равно координационное число мышьяка (V группа):

- a. 8.
  - b. 5.
  - c. 3.**
  - d. 12.
5. В процессе роста кристалла наиболее активно растут плоскости:
- a. С наибольшей ретикулярной плотностью.
  - b. С наименьшей ретикулярной плотностью.**
  - c. Наиболее плотноупакованные.
  - d. Все плоскости кристалла растут с одинаковой скоростью.
6. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии:  $L_33P$ ?
- a. Тетрагональная
  - b. Триклинная
  - c. Тригональная**
  - d. Гексагональная
7. Определить точечную группу симметрии:



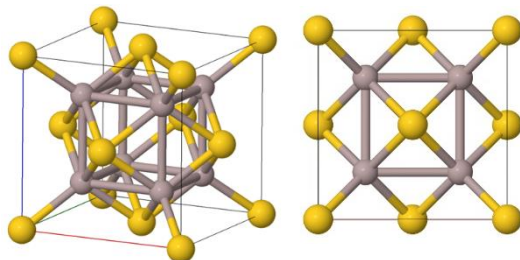
- a. 32**
  - b. 432
  - c.  $3m$
  - d. 23
8. Коэффициент заполнения простой кубической решетки атомами:
- a. 0,34
  - b. 0,52**
  - c. 0,68
  - d. 0,74
9. Наиболее плотноупакованной плоскостью для ОЦК решетки является:
- a. (110)
  - b. (111)
  - c. (211)
  - d. (001)
10. Основной системой скольжения в ГЦК решетке является:
- a. (111)[110]**
  - b. (110)[110]
  - c. (111)[111]
  - d. (110)[111]
11. Ближний порядок характеризуется тем, что:
- a. Средние смещения атомов по отношению к идеальным сферам снижаются с увеличением радиуса координационной сферы
  - b. Средние смещения атомов по отношению к идеальным сферам растут с увеличением радиуса координационной сферы**

- с. Средние смещения атомов по отношению к идеальным сферам не зависят от радиуса координационной сферы
- д. Смещения атомов не происходит
12. Температура Курнакова – это температура, при которой:
- а. Происходит распад твердого раствора
- б. Твердый раствор полностью разупорядочивается**
- с. Растворимость компонента А в компоненте В равна 0
- д. Температура формирования  $\sigma$ -фазы
13. Сверхструктурами называются:
- а.  $\sigma$ -Фазы
- б. Упорядоченные твердые растворы**
- с. Электронные соединения
- д. Фазы Лавеса
14. Сопоставить матрицу и символ оператора:
- |      |    |   |      |   |   |      |   |    |      |    |   |
|------|----|---|------|---|---|------|---|----|------|----|---|
| –1   | 0  | 0 | 0    | 1 | 0 | –1   | 0 | 0  | 1    | 0  | 0 |
| а. 0 | –1 | 0 | б. 0 | 0 | 1 | с. 0 | 0 | –1 | д. 0 | –1 | 0 |
| 0    | 0  | 1 | 1    | 0 | 0 | 0    | 1 | 0  | 0    | 0  | 1 |
1.  $m_y$
2.  $3_{[111]}$
3.  $2_z$
4.  $\bar{4}_x$
- Ответ: а – 3, б – 2, с – 4, д – 1**
15. Энергия ионной связи:
- а.  $10^4$  Дж/моль
- б.  $10^6$  Дж/моль**
- с.  $10^3$  Дж/моль
- д.  $10^7$  Дж/моль
16. Условие отражения электрона от различных плоскостей кристаллической решетки определяется:
- а. Функцией распределения Ферми-Дирака:  $f(\epsilon) = 1/[\exp((\epsilon - \epsilon_f)/kT) + 1]$
- б. Уравнением Вульфа-Брегга:  $2d \sin \theta = n\lambda$**
- с. Уравнением Шредингера:  $-\frac{\hbar}{2m} \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right) + U\psi = E\psi$
- д. Принципом неопределенности Гейзенберга:  $|\Delta x + \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}|$
17. Фазы внедрения образуются при взаимодействии:
- а. Двух переходных металлов
- б. Двух металлов из одной группы периодической системы
- с. При взаимодействии переходных металлов с С, N, H, O**
- д. При взаимодействии металлов группы Cu с галогенами
18. Какой порядок величины межатомного расстояния в кристаллах металлов:
- а.  $10^{-7}$  м
- б.  $10^{-9}$  м
- с.  $10^{-10}$  м**
- д.  $10^{-12}$  м
19. Какая кристаллическая структура не относится к фазам Юм-Розери:



- a. Решетка типа  $\beta$ -Mn (сложная кубическая с 20 атомами в элементарной ячейке)
  - b.  $\beta$ -U (тетрагональная решетка, координационное число - 30)**
  - c. Решетка  $\gamma$ -фазы в системе Cu-Zn (кубическая решетка с 52 атомами на элементарную ячейку)
  - d. Решетка  $\varepsilon$ -фазы в системе Cu-Zn (гексагональная компактная решетка)
20. Электронная концентрация – это:
- a. Отношение атомной массы к числу электронов
  - b. Отношение числа валентных электронов к числу атомов**
  - c. Отношение числа нейтронов в ядре к числу электронов
  - d. Отношение общего числа электронов к числу валентных электронов
21. Пустоты какого типа обеспечивают максимальную компактность ОЦК решетки при реализации принципа плотной упаковки в структурах интерметаллических соединений:
- a. Октаэдрические
  - b. Тетраэдрические**
  - c. Орторомбические
  - d. Тетрагональные
22. Какое координационное число не типично для координационных многогранников Каспера:
- a. 8**
  - b. 12
  - c. 14
  - d. 16
23. Даны индексы плоскости ( $1\bar{4}5$ ) гексагонального кристалла. Какие индексы будет иметь эта плоскость в четырехосной системе координат?
- a. ( $1\bar{4}56$ )
  - b. ( $1\bar{4}35$ )**
  - c. ( $1\bar{4}\bar{1}5$ )
  - d. ( $\bar{4}1\bar{4}5$ )
24. Формирование непрерывных рядов твердых растворов возможно только между металлами:
- a. С одинаковой кристаллической решеткой.**
  - b. Испытывающими полиморфные превращения.
  - c. Одного периода.
  - d. С одинаковыми магнитными свойствами.
25. Определить пространственную группу симметрии:

$a = 5,997 \text{ \AA}$   
 $b = 5,997 \text{ \AA}$   
 $c = 5,997 \text{ \AA}$   
 $\alpha = 90$   
 $\beta = 90$   
 $\gamma = 90$



**Ответ: Fm-3m**

Задачи

1. Даны грани (101) и (211). Найти символ ребра, по которому они пересекаются.  
**Ответ: (-111)**
2. Найти число атомов в элементарной ячейке калия, если длина связи между атомами равна 5,33 Å. Плотность калия равна 0,856 г/см<sup>3</sup>.  
**Ответ: 2**
3. Найдите результирующую операцию симметрии при последовательном выполнении следующих симметрических преобразований:  $m_x \times 2_{1z}$ .  
**Ответ:  $\pi_y$**
4. Литий кристаллизуется в кубической сингонии с пространственной группой Im3m. Элементарная ячейка имеет параметр  $a = 3,509$  Å и содержит 2 атома. Считая, что данная структура хорошо описывается принципом плотной упаковки, вычислить кратчайшие расстояния между атомами лития.  
**Ответ: 3,039 Å**
5. Найти средний объем твердого раствора Cr<sub>3</sub>Mo (параметры решетки Cr и Mo составляют 2,885 и 3,147 Å соответственно).  
**Ответ: 25,98 Å<sup>3</sup>**

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Кристаллография», 6 семестр

### 1. Методика оценки

Выполнение контрольной работы является формой текущей аттестации (контроля) по дисциплине, предусмотренной учебным планом.

Контрольная работа направлена на закрепление и проверку уровня владения учебным материалом по теоретическим темам и темам практических занятий, а также формирование навыков самостоятельного анализа процессов и явлений, связанных с кристаллическим строением вещества. Контрольная работа проводится по темам:

1. Типы связей. Кристаллохимические радиусы. Координационные числа.
2. Плотнейшие упаковки.
3. Субструктуры и сверхструктуры.
4. Кристаллические структуры интерметаллических соединений.
5. Квазикристаллические и аморфные структуры.
6. Основные понятия кристаллофизики.
7. Анизотропия физических свойств.
8. Анизотропия химических свойств.

Номер индивидуального задания определяется по порядковому номеру фамилии студента в списке группы. Изменение варианта задания возможно только по согласованию с преподавателем.

Количество заданий достаточно для обеспечения, каждого обучающегося заданием контрольной работы.

*Структура контрольной работы:*

1. Условие задачи / теоретический вопрос.
2. Решение.
3. Ответ.

Указанная выше структура повторяется для каждого вопроса.

Рекомендуется излагать мысли по существу, кратко и логично.

*Требования к оформлению:*

Контрольная работа выполняется на отдельных листах. На первом листе необходимо указать ФИО и номер группы, а также номер варианта. Нумерация страниц сквозная. Контрольная работа должна быть отредактирована, не содержать орфографических и синтаксических.

Контрольная работа предоставляется для проверки сразу после выполнения. По результатам студенту выставляется оценка в соответствии с критериями, приведенными в п. 2 настоящего Паспорта.

### 2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Контрольная работа выполнена **на продвинутом** уровне, если все задания выполнены верно, приведены полные решения и даны четкие ответы. Анализ каждого из заданий контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Закрепленные за контрольной работой компетенции сформированы на

продвинутом уровне. Оценка составляет *от 50 до 60 баллов*.

Контрольная работа выполнена **на базовом** уровне, если работа содержит единичные не принципиальные ошибки. Анализ каждого из заданий контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Закрепленные за контрольной работой компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 40 до 50 баллов*.

Контрольная работа выполнена **на пороговом** уровне, если работа содержит принципиальные ошибки, либо часть заданий выполнена не верно. Анализ каждого из заданий контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Закрепленные за контрольной работой компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 30 до 40 баллов*.

Контрольная работа считается **не выполненной**, если работа содержит большое количество принципиальных ошибок, либо большая часть заданий выполнена неверно. Анализ каждого из заданий контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит множество существенных пробелов. Закрепленные за контрольной работой компетенции не сформированы. Оценка составляет *от 0 до 29 баллов*.

### 3. Шкала оценки

Контрольная работа как форма текущей аттестации (контроля) по дисциплине считается успешно выполненной, если сумма полученных баллов по всем ее заданиям составляет от 30 до 60 баллов включительно.

В общей оценке по дисциплине баллы за выполнение контрольной работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы и таблицей соответствия баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS, установленными в НГТУ.

### 4. Примерный перечень заданий (вариантов) контрольной работы

1. Разделить на металлы 1 класса и металлы 2 класса: Mn, Si, Co, Ni, Al.
2. Что такое дальний и ближний порядок?
3. Электронная концентрация соединения AlFe составляет... . Кристаллическая структура этого соединения -  $\beta$ -латунь.
4. Какие координационные числа характерны для плотных упаковок, реализуемых в интерметаллидных соединениях?
5. Указать правильную последовательность смены фаз в зависимости от электронной концентрации: R-, P-,  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\chi$ .
6. Что такое фаза внедрения? Привести примеры.
7. Какие группы металлов образуют  $\sigma$ -фазы? Привести примеры.
8. Какой параметр используют для характеристики расположения атомов в расплаве?
9. Рассчитать радиус октапоры в решетке никеля ( $a = 3,524 \text{ \AA}$ ).
10. Что такое антифазные домены?
11. Что называют сверхструктурами? Привести примеры.
12. В чем состоит принцип Неймана?
13. Что такое координационных полиэдры, привести примеры структур.
14. В чем заключается принцип Кюри?
15. Сопоставить фигуры травления с ориентацией поверхности кристалла.