

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Физика металлов

: 22.03.01

: 2 3, : 4 5

		4	5
1	()	3	4
2		108	144
3	, .	77	80
4	, .	36	36
5	, .	36	36
6	, .	0	0
7	, .	10	14
8	, .	2	2
9	, .	3	6
10	, .	31	64
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.2 способность использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях; в части следующих результатов обучения:	
5.	
Компетенция ФГОС: ОПК.3 готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:	
37.	,
38.	
Компетенция ФГОС: ПК.4 способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; в части следующих результатов обучения:	
4.	

2.

2.1

	(
--	---	--

.2. 5	
1.о теоретических моделях, используемых при описании процессов, протекающих в твердых телах, и уметь применить имеющиеся знания для описания реальных объектов	; ;
.3. 37	
2.знать основы теории сплавов, теории диффузии и теории фазовых превращений в металлических телах	; ;
.3. 38	
3.знать терминологию физики металлов	; ;
.4. 4	
4.уметь использовать методы экспериментального определения и расчета физических свойств металлов и сплавов, а также знать взаимосвязь физических и химических процессов и структурных превращений в металлах и сплавах с их свойствами	;

3.

3.1

	,	.	
: 4			
:			
1.	0	2	1, 3

2.	0	4	1, 3
:			
3.	0	2	1, 3
4.	0	2	1, 3
:			
5.	0	2	1, 3
6.	0	2	1, 3
7.	0	2	1, 3
:			
8.	0	2	1, 3
9.	0	4	1, 3
:			
10.	0	2	1, 3
11.	0	2	1, 3
12.	0	2	3
13.	0	2	1, 3
14.	0	2	1, 3
15.	0	2	1, 3
16.	0	2	1, 3
: 5			
:			
17.	0	2	1, 2, 3
18.	0	2	1, 2, 3
19.	0	2	1, 2, 3
20.	0	2	1, 2, 3
:			
21.	0	2	1, 2, 3
22.	0	2	1, 2, 3
23.	0	2	1, 2, 3

24.	0	2	1, 2, 3
25.	0	2	1, 2, 3
:			
26.	0	2	1, 2, 3
27.	0	2	1, 2, 3
28.	0	2	1, 2, 3
29.	0	2	1, 2, 3
:			
30.	0	2	1, 3
31.	0	2	1, 3
:			
32.	0	2	1, 3
33.	0	2	1, 3
34.	0	2	1, 3

3.2

		,	.		
: 4					
:					
1.	:	1	6	1, 4	,
:					
2.	:	1	4	1, 4	,
:					
3.	:	1	6	1, 4	,
:					
4.	:	1	6	1, 4	,
:					
5.	:	2	10	1, 4	,
:					

6.	:	4	4	1, 2, 3	,
: 5					
:					
7.	:	1	8	1, 2, 4	,
:					
8.	:	2	8	1, 2, 4	,
:					
9.	:	1	6	1, 2, 4	,
:					
10.	:	1	2	1, 4	,
:					
11.	:	1	4	1, 4	,
:					
12.	:	4	4	1, 3	,
:					
13.	:	4	4	1, 3	,

3.3

	,	.		
: 4				
:				
1.	0	1	1, 2, 3	
2.	0	2	1, 2, 3	
3.	0	2	1, 2, 3	
4.	0	2	1, 2, 3	

5.	0	2	1, 2, 3	
6.	0	2	1, 2, 3	
: 5				
:				
7.	0	2	1, 3	
8.	0	2	1, 3	
9.	0	2	1, 3	
10.	0	2	1, 3	
11.	0	2	1, 3	
12.	0	1	1, 3	
13.	0	2	1, 3	
14.	0	2	1, 3	
15.	0	2	1, 3	
16.	0	2	1, 3	
17.	0	1	1, 3	
18.	0	2	1, 3	
19.	0	1	1, 3	
20.	0	1	1, 3	
:				
21.	0	1	1, 3	

22.		0	2	1, 3	
23.	-, -, ,	0	6	1, 3	
24.		0	1	1, 3	

4.

: 4					
1			1, 2, 4	12	2
: []: / „ . — . — : , 2007.— 94 c.— : http://www.iprbookshop.ru/56132.html .— «IPRbooks»					
2			1, 2, 3	8	1
: []: / „ . — . — : , 2013.— 250 c.— : http://www.iprbookshop.ru/17058.html .— «IPRbooks»					
3			1, 2, 3	11	0
, 3.3 : : / - ; [: . . , . .]. - , 2016. - 19, [1] .. : .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042					
: 5					
1			1, 2, 4	12	4
: []: / „ . — . — : , 2007.— 94 c.— : http://www.iprbookshop.ru/56132.html .— «IPRbooks»					
2			1, 2, 3, 4	18	2
: []: / „ . — . — : , 2013.— 250 c.— : http://www.iprbookshop.ru/17058.html .— «IPRbooks»					
3			1, 3	34	0
, 3.3 : : / - ; [: . . , . .]. - , 2016. - 19, [1] .. : .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042					

5.

(.5.1).

5.1

	-
	e-mail:pavlyukova_87@mail.ru;
	e-mail:pavlyukova_87@mail.ru;
	e-mail:pavlyukova_87@mail.ru;
	e-mail:pavlyukova_87@mail.ru;

5.2

1		.2; .3; .4;
<p>Формируемые умения: з37. знать основы теории сплавов, теории диффузии и теории фазовых превращений в металлических телах; з38. знать терминологию физики металлов; у4. уметь использовать методы экспериментального определения и расчета физических свойств металлов и сплавов; у5. уметь работать с системными естественнонаучными моделями объектов профессиональной деятельности</p>		
<p>Краткое описание применения:</p>		

6.

(),

-

ECTS.

. 6.1.

6.1

: 4		
<i>Самостоятельное изучение теоретического материала:</i>	5	10
<i>Практические занятия:</i>	18	40
<i>РГЗ:</i>	15	30
<i>Зачет:</i>	12	20
: 5		
<i>Самостоятельное изучение теоретического материала:</i>	5	10
<i>Практические занятия:</i>	9	26
<i>РГЗ:</i>	14	24
<i>Экзамен:</i>	22	40

.2	5.	+	+	+
.3	37.	+	+	+
	38.	+	+	+
.4	4.	+		+

1

7.

1. Иродов И. Е. Квантовая физика. Основные законы : [учебное пособие для вузов] / И. Е. Иродов. - М., 2007. - 256 с. : ил.
2. Епифанов Г. И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г. И. Епифанов. - СПб. [и др.], 2011. - 287, [1] с. : ил., табл.
3. Батаев И. А. Кристаллография. Обозначение и вывод классов симметрии : учебное пособие / И. А. Батаев, А. А. Батаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 57, [2] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000222000
4. Физическое материаловедение. В 7 т.. Т. 1 : учебник для вузов по направлению "Ядерные физика и технологии" / под ред. Б. А. Калина ; Нац. исслед. ядерный ун-т "МИФИ". - Москва, 2012. - 762 с., [2] л. цв. фот. : ил.
5. Физическое материаловедение. В 7 т.. Т. 2 : учебник для вузов по направлению "Ядерные физика и технологии" / под ред. Б. А. Калина ; Нац. исслед. ядерный ун-т "МИФИ". - Москва, 2012. - 602 с., [2] л. цв. фот. : ил.
6. Физическое материаловедение. В 7 т.. Т. 4 : учебник для вузов по направлению "Ядерные физика и технологии" / под ред. Б. А. Калина ; Нац. исслед. ядерный ун-т "МИФИ". - Москва, 2012. - 623, [1] с., [2] л. цв. фот. : ил.
7. Шепелевич В.Г. Физика металлов и металловедение [Электронный ресурс]: лабораторный практикум. Учебное пособие/ Шепелевич В.Г.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2012.— 166 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20291.html>.— ЭБС «IPRbooks»
8. Курс теоретической физики в задачах и упражнениях [Электронный ресурс]/ Ю.Х. Векилов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2007.— 340 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56076.html>.— ЭБС «IPRbooks»
9. Электронная теория металлов [Электронный ресурс]: сборник задач/ Ю.Х. Векилов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2013.— 77 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56645.html>.— ЭБС «IPRbooks»

1. Тушинский Л. И. Структурная теория конструктивной прочности материалов : [монография] / Л. И. Тушинский. - Новосибирск, 2004. - 399 с. : ил.
2. Смирнов А. А. Физика металлов. Современные представления о природе металлов / А. А. Смирнов. - М., 1971. - 108, [3] с. : ил.

3. Уманский Я. С. Физика металлов. Атомное строение металлов и сплавов : [учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Физика металлов"] / Я. С. Уманский, Ю. А. Скаков. - Москва, 1978. - 351, [1] с. : ил.
4. Бокштейн Б. С. Диффузия в металлах : учебное пособие для вузов по специальностям "Физ.-хим. исследования металлург. процессов", "Физика металлов", "Металловедение, оборудование и технология термической обработки металлов" / Б. С. Бокштейн. - М., 1978. - 247, [1] с. : ил., табл., схемы
5. Белоус М. В. Физика металлов : [учебное пособие для вузов по специальности "Металловедение, оборудование и технология термической обработки металлов"] / М. В. Белоус, М. П. Браун. - Киев, 1986. - 343 с. : ил.
6. Шульце Г. Металлофизика / Г. Шульце ; пер. с нем. А. К. Натансона ; под ред. Я. С. Уманского. - Москва, 1971. - 503 с. : ил.
7. Уббелодде А. Р. Расплавленное состояние вещества / А. Р. Уббелодде ; пер. с англ. В. А. Польского ; под ред. Ю. Н. Тарана. - М., 1982. - 374, [1] с. : ил.
8. Шаскольская М. П. Кристаллография : учебное пособие для вузов / М. П. Шаскольская. - М., 1984. - 375 с. : ил., табл.
9. Розин К. М. Практическое руководство по кристаллографии и кристаллохимии : методы описания кристаллических многогранников : учебное пособие для металлургических специальностей вузов / К. М. Розин, Э. Б. Гусев. - М., 1982. - 166 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 "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8.

8.1

1. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042
2. Соболева В.В. Общий курс физики [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие к решению задач и выполнению контрольных работ по физике/ Соболева В.В., Евсина Е.М.— Электрон. текстовые данные.— Астрахань: Астраханский инженерно-строительный институт, ЭБС АСВ, 2013.— 250 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17058.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Падерин С.Н. Физико-химия металлов и неметаллических материалов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Падерин С.Н., Серов Г.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2007.— 94 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56132.html>.— ЭБС «IPRbooks»

8.2

- 1 Microsoft Office
- 2 Microsoft Windows

9. -

1	(-) , ,	

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Физика металлов** 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.2 способность использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях	у5. уметь работать с системными естественнонаучными моделями объектов профессиональной деятельности	Атомная теория роста кристаллов Бездиффузионные превращения Влияние дислокаций и границ зерен на процессы диффузии Время релаксации и длина свободного пробега Гомогенная кристаллизация и конденсация. Гетерогенное образование зародыше новой фазы Дефекты упаковки и частичные дислокации Диффузионные превращения Диффузия под действием внешних сил Дрейф электронов под действием внешнего поля Зависимость подвижности носителей заряда от температуры Закон Видемана-Франца-Лоренца Квантовая теория строения атомов Кинетика кристаллизации Классификация фазовых превращений. Фазовые превращения первого и второго рода Кристаллическая структура химических элементов Люминесценция Магнитное поле в магнетиках Магнитные свойства атомов и твердых тел Магнитный резонанс Математический способ описания дислокаций. Вектор Бюргерса и контур Бюргерса Металлические соединения Метод кристаллографического индексирования. Закон целых чисел. Механизмы диффузии в кристаллических телах Нормальные колебания решетки. Фононы Образование и размножение дислокаций Особенности кристаллизации сплавов Первое и второе уравнения диффузии Понятие сплава. Классификация фаз в сплавах. Природа диа-, пара-, ферромагнетизма, антиферромагнетизма и ферримагнетизма Природа	РГЗ 1 семестр, задачи: 1 - 15 2 семестр, задачи: 1 – 12	Зачет, вопросы: 1-100 Экзамен, вопросы: 1-150

		<p>межатомного взаимодействия и взаимосвязь межатомного взаимодействия со свойствами</p> <p>Прочность идеальных и реальных кристаллов.</p> <p>Дислокации Развитие теории электронного строения атомов</p> <p>Решение задач по теме: Дефекты кристаллической структуры</p> <p>Решение задач по теме: Кристаллическая и электронная структура металлических элементов</p> <p>Решение задач по теме: Кристаллическая решетка</p> <p>Решение задач по теме: Механические свойства металлов и сплавов</p> <p>Решение задач по теме: Силы связи и типы межатомного взаимодействия в кристаллах</p> <p>Решение задач по теме: Сплавы на металлической основе</p> <p>Решение задач по теме: Структура расплавов и кристаллизаций</p> <p>Решение задач по теме: тепловые свойства твердых тел</p> <p>Решение задач по теме: Фазовые превращения в твердом состоянии</p> <p>Решение задач по теме: Электронное строение атомов</p> <p>Роль энергии упругой деформации и поверхностной энергии в процессах образования новой фазы</p> <p>Сверхпроводимость Силы, действующие на дислокацию и силы взаимодействия между дислокациями</p> <p>Собственная и примесная проводимость полупроводников</p> <p>Структура кристалла и пространственная решетка</p> <p>Структура расплавленных металлов</p> <p>Твердые растворы</p> <p>Температурная зависимость коэффициента диффузии</p> <p>Теоретическая и реальная прочность твердых тел</p> <p>Теории диффузии</p> <p>Теория электронного строения металлов</p> <p>Тепловое расширение и теплопроводность твердых тел</p> <p>Теплоемкость твердого тела</p> <p>Типы межатомного взаимодействия</p> <p>Удельная электропроводность проводника</p> <p>Упорядочение твердых растворов</p> <p>Упругая и пластическая деформация</p> <p>Упругие свойства дислокации.</p> <p>Энергия дислокации</p> <p>Фотопроводимость полупроводников</p> <p>Электронный газ в проводнике в отсутствие</p>		
--	--	--	--	--

		электрического поля Электропроводность невыврожденного и вырожденного газов Электропроводность чистых металлов и металлических сплавов Элементы симметрии и сингонии кристаллов Эффект Ганна Эффект сильного поля		
ОПК.3 готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучны е и общинженерные знания в профессиональной деятельности	з37. знать основы теории сплавов, теории диффузии и теории фазовых превращений в металлических телах	Атомная теория роста кристаллов Бездиффузионные превращения Влияние дислокаций и границ зерен на процессы диффузии Гомогенная кристаллизация и конденсация. Гетерогенное образование зародыше новой фазы Диффузионные превращения Диффузия под действием внешних сил Кинетика кристаллизации Классификация фазовых превращений. Фазовые превращения первого и второго рода Металлические соединения Механизмы диффузии в кристаллических телах Особенности кристаллизации сплавов Первое и второе уравнения диффузии Понятие сплава. Классификация фаз в сплавах. Решение задач по теме: Сплавы на металлической основе Решение задач по теме: Структура расплавов и кристаллизаций Решение задач по теме: Фазовые превращения в твердом состоянии Роль энергии упругой деформации и поверхностной энергии в процессах образования новой фазы Структура расплавленных металлов Твердые растворы Температурная зависимость коэффициента диффузии Теории диффузии Упорядочение твердых растворов	РГЗ 2 семестр, задачи: 1 – 4, 11-12	Зачет, вопросы: 96- 100 Экзамен, вопросы: 61-130
ОПК.3	з38. знать терминологию физики металлов	Атомная теория роста кристаллов Бездиффузионные превращения Влияние дислокаций и границ зерен на процессы диффузии Время релаксации и длина свободного пробега Гомогенная кристаллизация и конденсация. Гетерогенное образование зародыше новой фазы Дефекты упаковки и частичные дислокации Диффузионные превращения Диффузия под действием внешних сил Дрейф электронов под действием	РГЗ 1 семестр, задачи: 1 - 15 2 семестр, задачи: 1 – 12	Зачет, вопросы: 1-100 Экзамен, вопросы: 1- 150

		<p>внешнего поля Зависимость подвижности носителей заряда от температуры Закон Видемана-Франца-Лоренца Квантовая теория строения атомов Кинетика кристаллизации Классификация фазовых превращений. Фазовые превращения первого и второго рода Количество скольжения и плотность дислокаций Кристаллическая структура химических элементов Люминесценция Магнитное поле в магнетиках Магнитные свойства атомов и твердых тел Магнитный резонанс Математический способ описания дислокаций. Вектор Бюргерса и контур Бюргерса Металлические соединения Метод кристаллографического индексирования. Закон целых чисел. Механизмы диффузии в кристаллических телах Нормальные колебания решетки. Фононы Образование и размножение дислокаций Особенности кристаллизации сплавов Первое и второе уравнения диффузии Понятие сплава. Классификация фаз в сплавах. Природа диа-, пара-, ферромагнетизма, антиферромагнетизма и ферримагнетизма Природа межатомного взаимодействия и взаимосвязь межатомного взаимодействия со свойствами Прочность идеальных и реальных кристаллов. Дислокации Развитие теории электронного строения атомов Роль энергии упругой деформации и поверхностной энергии в процессах образования новой фазы Сверхпроводимость Силы, действующие на дислокацию и силы взаимодействия между дислокациями Собственная и примесная проводимость полупроводников Структура кристалла и пространственная решетка Структура расплавленных металлов Твердые растворы Температурная зависимость коэффициента диффузии Теоретическая и реальная прочность твердых тел Теории диффузии Теория электронного строения металлов Тепловое расширение и</p>		
--	--	---	--	--

		теплопроводность твердых тел Теплоемкость твердого тела Типы межатомного взаимодействия Удельная электропроводность проводника Упорядочение твердых растворов Упругая и пластическая деформация Упругие свойства дислокации. Энергия дислокации Фотопроводимость полупроводников Электронный газ в проводнике в отсутствие электрического поля Электропроводность невырожденного и вырожденного газов Электропроводность чистых металлов и металлических сплавов Элементы симметрии и сингонии кристаллов Эффект Ганна Эффект сильного поля		
ПК.4 способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	у4. уметь использовать методы экспериментального определения и расчета физических свойств металлов и сплавов	Решение задач по теме: Дефекты кристаллической структуры Решение задач по теме: Кристаллическая и электронная структура металлических элементов Решение задач по теме: Кристаллическая решетка Решение задач по теме: Механические свойства металлов и сплавов Решение задач по теме: Силы связи и типы межатомного взаимодействия в кристаллах Решение задач по теме: Сплавы на металлической основе Решение задач по теме: Структура расплавов и кристаллизаций Решение задач по теме: тепловые свойства твердых тел Решение задач по теме: Фазовые превращения в твердом состоянии Решение задач по теме: Электронное строение атомов	РГЗ 1 семестр, задачи: 1 – 8, 12 - 15 2 семестр, задачи: 1 – 6, 11 – 12	Зачет, вопросы: 21-25, 80-84 Экзамен, вопросы: 1-25

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме дифференцированного зачета, в 5 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3, ПК.4.

Зачет проводится в форме письменного тестирования, варианты теста составляются из вопросов, приведенных в паспорте зачета, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций

Экзамен проводится в форме письменного тестирования, варианты теста составляются из вопросов, приведенных в паспорте экзамена, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций

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

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).

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).

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.2, ОПК.3, ПК.4, 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.

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 «Физика металлов», 4 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в виде теста, содержащего 20 вопросов и 4 варианта ответа, из которых только 1 является правильным. За ответ на каждый вопрос студент получает 1 балл.

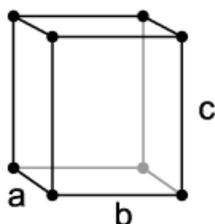
Пример теста для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра «Материаловедение в машиностроении»

Зачет по дисциплине «Физика металлов» для студентов 2 курса, обучающихся по направлению 150100 - Материаловедение и технологии материалов

Тест – 1 вариант

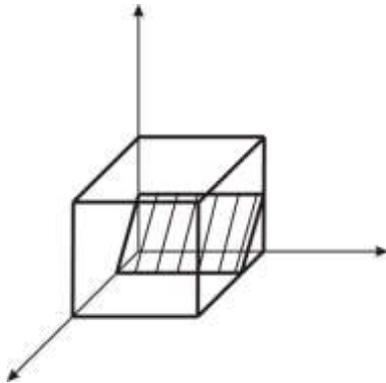
1. Какой порядок величины теоретической прочности идеальных кристаллов (металлов):
 - a. 10^6 Па
 - b. 10^9 Па
 - c. 10^{11} Па
 - d. 10^{12} Па
2. Квантовое число n определяет:
 - a. Форму орбитали
 - b. Ориентацию орбит в пространстве
 - c. Энергию электрона
 - d. Вращение электрона вокруг своей оси
3. К какой сингонии относится элементарная ячейка:



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

- a. Тетрагональная
 - b. Ромбическая
 - c. Триклинная
 - d. Тригональная
4. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии: L_6PC :

- a. Ромбическая
 - b. Триклинная
 - c. Тригональная
 - d. Гексагональная
5. 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. ($\bar{4}1\bar{4}5$)
6. Винтовая дислокация движется:
- a. В сторону приложенного напряжения
 - b. Перпендикулярно приложенному напряжению
 - c. Против приложенного напряжения
 - d. Вокруг своей оси
7. Модель атома Резерфорда – это:
- a. Модель атома, в котором в облаке положительного заряда содержатся отрицательно заряженные «корпускулы»
 - b. «Планетарная» модель атома
 - c. Модель атома, в котором вокруг маленького положительного ядра по орбитам вращались электроны, объединённые в кольца
 - d. Квантово-механическая модель атома
8. На рисунке изображена плоскость:



- a. (212)
 - b. ($1/2 0 1/2$)
 - c. (202)
 - d. ($1/2 1 1/2$)
9. Какое название имеет приведенный ниже физический закон?
«Атом может длительное время находиться только в определенных, так называемых стационарных состояниях, которые характеризуются дискретными значениями энергии. В этих состояниях, вопреки классической электродинамике, атом не излучает»:
- a. Первый постулат Бора
 - b. Второй постулат Бора
 - c. Принцип неопределённости Гейзенберга
 - d. Принцип Паули
10. Системой скольжения в ОЦК решетке является:

- a. (111)[110]
 - b. (110)[111]
 - c. (111)[111]
 - d. (110)[110]
11. Правило Франка говорит о том, что:
- a. Дефекты упаковки обладают определенной положительной энергией
 - b. Возможны лишь такие дислокационные реакции, при которых происходит уменьшение упругой энергии кристалла
 - c. В кристалле не могут существовать полные дислокации
 - d. Внешний дефект упаковки содержит две неправильные последовательности укладки атомных слоев
12. Энергия Ферми – это:
- a. Максимальная энергия занятых электронами состояний
 - b. Кинетическая энергия электрона
 - c. Энергия теплового движения электронов
 - d. Средняя энергия, приходящаяся при абсолютном нуле на один электрон
13. Между атомами инертных газов существует:
- a. Сила Ван-дер-Ваальса
 - b. Водородная связь
 - c. Ионная связь
 - d. Ковалентная связь
14. Чему равно координационное число мышьяка (V группа):
- a. 8
 - b. 5
 - c. 3
 - d. 12
15. Какой буквой обозначается электронная оболочка, значение n которой равно 3:
- a. L
 - b. K
 - c. M
 - d. N
16. Дислокации относятся к:
- a. Точечным дефектам кристаллической решетки
 - b. Линейным дефектам кристаллической решетки
 - c. Поверхностным дефектам кристаллической решетки
 - d. Объемным дефектам кристаллической решетки
17. Осью зоны (325) и (140) плоскостей является ребро:
- a. [380]
 - b. (380)
 - c. $[\overline{20} 5 10]$
 - d. $(\overline{20} 5 10)$
18. Энергия ионной связи:
- a. 10^4 Дж/моль
 - b. 10^6 Дж/моль
 - c. 10^3 Дж/моль

d. 10^7 Дж/моль

19. Коэффициент заполнения ОЦК кристалла атомами:

- a. 0,34
- b. 0,68
- c. 0,52
- d. 0,74

20. Каким образом генерируются дислокационные петли:

- a. За счет диффузионного взаимодействия дислокаций с препятствиями
- b. За счет действия источника Франка-Рида с одним закрепленным концом
- c. За счет расщепления дислокаций
- d. За счет схлопывания скоплений вакансий

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент дал менее половины правильных ответов, оценка составляет менее 12 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает половину правильных ответов, оценка составляет 12-15 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает более половины правильных ответов, оценка составляет 16-18 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент дает более 85 % правильных ответов, оценка составляет 19-20 баллов.

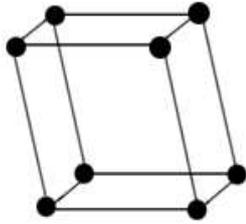
3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 12 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.

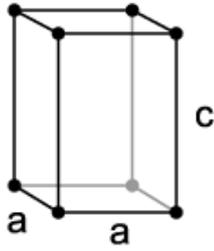
4. Вопросы к зачету по дисциплине «Физика металлов»

1. Какой порядок величины теоретической прочности идеальных кристаллов (металлов)?
2. Какой порядок величины плотности дислокаций в отожженном поликристалле?
3. Какой порядок величины реальной прочности кристаллов (металлов)?
4. Какой порядок величины модуля сдвига металлов?
5. Какой порядок величины межатомного расстояния в кристаллах металлов?
6. Квантовые числа характеризуют...
7. Квантовое число n определяет...
8. Квантовое число m определяет...
9. Квантовое число l определяет...
10. Квантовое число s определяет...
11. К какой сингонии относится элементарная ячейка:



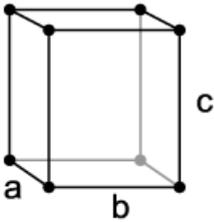
$$a \neq b \neq c; \alpha \neq \beta \neq \gamma$$

12. К какой сингонии относится элементарная ячейка:



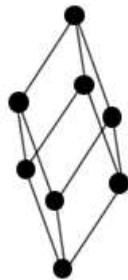
$$a = b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90$$

13. К какой сингонии относится элементарная ячейка:



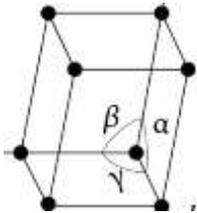
$$a \neq b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90$$

14. К какой сингонии относится элементарная ячейка:



$$a = b \neq c; \alpha = \beta = \gamma \neq 90$$

15. К какой сингонии относится элементарная ячейка:



$$a \neq b \neq c; \alpha = \gamma = 90; \beta \neq 90$$

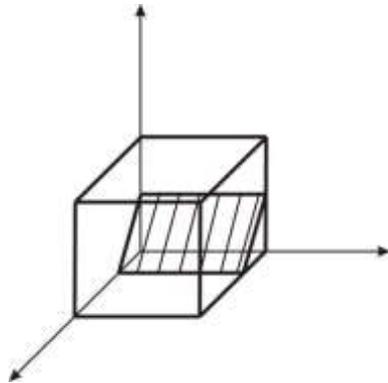
16. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии: L_6PC ?

17. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии: $3L_44L_36L_29PC$?

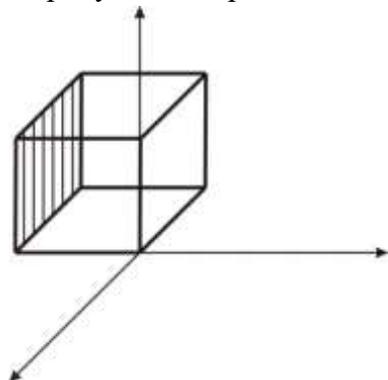
18. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии: C ?

19. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии: L_44L_2 ?

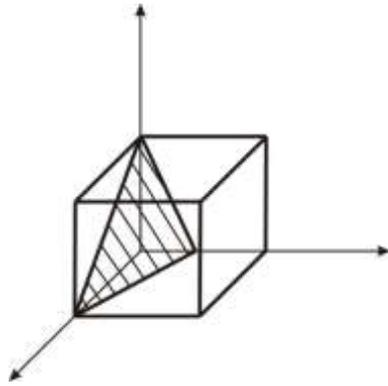
20. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии: L_33P ?
21. Даны индексы плоскости $(1\bar{4}5)$ гексагонального кристалла. Какие индексы будет иметь эта плоскость в четырехосной системе координат?
22. Даны индексы плоскости (541) гексагонального кристалла. Какие индексы будет иметь эта плоскость в четырехосной системе координат?
23. Даны индексы плоскости $(8\bar{4}5)$ гексагонального кристалла. Какие индексы будет иметь эта плоскость в четырехосной системе координат?
24. Даны индексы плоскости (245) гексагонального кристалла. Какие индексы будет иметь эта плоскость в четырехосной системе координат?
25. Даны индексы плоскости (211) гексагонального кристалла. Какие индексы будет иметь эта плоскость в четырехосной системе координат?
26. Контур Бюргерса выбирается таким образом, что...
27. Количеством скольжения называют...
28. Дислокации относятся к...
29. Краевая дислокация может перемещаться скольжением в плоскости...
30. Винтовая дислокация движется...
31. Экстраплоскость – это...
32. Модель атома Резерфорда – это...
33. Боровская модель атома – это...
34. Модель атома Томсона – это...
35. «Пудинговая» модель атома – это...
36. Квантово-механическая модель атома – это...
37. На рисунке изображена плоскость:



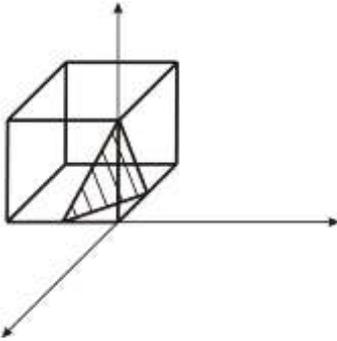
38. На рисунке изображена плоскость:



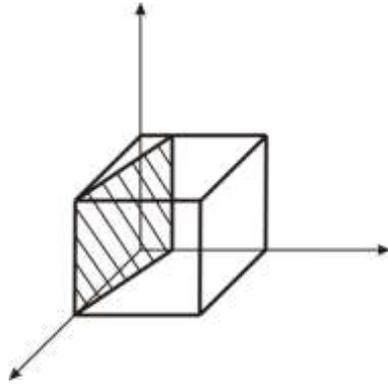
39. На рисунке изображена плоскость:



40. На рисунке изображена плоскость:



41. На рисунке изображена плоскость:



42. Какое название имеет приведенный ниже физический закон?

«Атом может длительное время находиться только в определенных, так называемых стационарных состояниях, которые характеризуются дискретными значениями энергии. В этих состояниях, вопреки классической электродинамике, атом не излучает».

43. Какое название имеет приведенный ниже физический закон?

«В любом квантовом состоянии может находиться не более одного электрона».

44. Какое название имеет приведенный ниже физический закон?

«В природе не существует состояний частицы с точно определенными значениями координаты и импульса: чем точнее координата, тем с меньшей точностью возможно определить импульс, и наоборот».

45. Какое название имеет приведенный ниже физический закон?

«Невозможно точно измерить энергию частицы за определенный промежуток времени».

46. Какое название имеет приведенный ниже физический закон?

«При переходе атома из стационарного состояния с большей энергией в стационарное состояние с меньшей энергией происходит излучение кванта света с энергией $\hbar\omega$ ».

47. Системой скольжения в ОЦК решетке является...

48. Системой скольжения в ГЦК решетке является...

49. Системой скольжения в ГПУ решетке является...
50. Наиболее плотноупакованной плоскостью в ГЦК решетке является плоскость...
51. Эффективная масса электрона – это...
52. Волновая функция – это...
53. Энергия Ферми – это...
54. Зона Бриллюэна – это...
55. Постоянная Планка характеризует...
56. Между атомами инертных газов существует связь...
57. В соединении NaCl действует связь...
58. В соединении CsF действует связь...
59. Между атомами O и H в молекуле воды существует связь...
60. Существование соединений типа H_2 можно объяснить действием связи...
61. Чему равно координационное число мышьяка (V группа)?
62. Чему равно координационное число брома (VII группа)?
63. Чему равно координационное число углерода (IV группа)?
64. Чему равно координационное число серы (VI группа)?
65. Чему равно координационное число меди (I группа)?
66. Какой буквой обозначается электронная оболочка, значение n которой равно 2?
67. Какой буквой обозначается электронная оболочка, значение n которой равно 1?
68. Какой буквой обозначается электронная оболочка, значение n которой равно 3?
69. Какой буквой обозначается электронная оболочка, значение n которой равно 5?
70. Какой буквой обозначается электронная оболочка, значение n которой равно 1?
71. «Сидячими» дислокациями называются...
72. Дефект упаковки – это...
73. Частичная дислокация Шокли – это...
74. Частичная дислокация Франка – это...
75. Правило Франка говорит о том, что...
76. Отрицательная краевая дислокация движется...
77. Вектор Бюргерса винтовой дислокации расположен...
78. Вектор Бюргерса краевой дислокации расположен...
79. При неконсервативном движении дислокации количество атомов в экстраплоскости...
80. Осью зоны (331) и $(1\bar{1}2)$ плоскостей является ребро...
81. Осью зоны (123) и (030) плоскостей является ребро...
82. Осью зоны (325) и (140) плоскостей является ребро...
83. Осью зоны $(00\bar{3})$ и (126) плоскостей является ребро...
84. Осью зоны (420) и (122) плоскостей является ребро...
85. Энергия водородной связи составляет...
86. Энергия ковалентной связи составляет...
87. Энергия ионной связи составляет...
88. Энергия связи Ван-дер-Вальса составляет...
89. Энергия металлической связи составляет...
90. Коэффициент заполнения простой кубической решетки атомами...
91. Коэффициент заполнения ОЦК кристалла атомами...
92. Коэффициент заполнения ГЦК кристалла атомами...

93. Коэффициент заполнения ГПУ кристалла атомами...
94. Наиболее плотноупакованной плоскостью для ГПУ решетки является...
95. Наиболее плотноупакованной плоскостью для ОЦК решетки является...
96. Каким образом генерируются дислокационные петли?
97. Образование новых дислокаций в кристалле не происходит в процессе...
98. Переползание дислокаций через препятствия реализуется вследствие...
99. Диффузионное взаимодействие дислокаций с препятствиями представляет собой...
100. При скоплении примесных атомов вокруг дислокаций происходит формирование...

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Физика металлов», 4 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны решить задачи по разделам, указанным в рабочей программе.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты, опираясь на знания, полученные на практических занятиях, должны произвести типовые расчеты.

Обязательные структурные части РГЗ.

РГЗ оформляется по ГОСТ 7.32-2001 "Отчет о научно исследовательской деятельности. Структура и правила оформления" и в печатном виде сдаются преподавателю на 16 неделе семестра.

Преподаватель проводит консультации по выполнению РГЗ, а также направляет и объясняет этапы решения задач на практических занятиях. Защиты расчетно-графических заданий проводятся в индивидуальном порядке. Студент отвечает на вопросы по выполненным заданиям и объясняет ход решения задач.

Объем пояснительной записки 5-7 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, AutoCAD, BCAD 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.

Для получения максимального балла студенту необходимо решить 15 задач.

Оцениваемые позиции: правильность выполнения заданий, защита РГЗ.

2. Критерии оценки

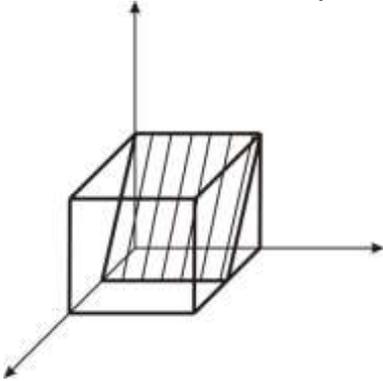
- Работа считается **не выполненной**, если выполнено менее половины задач, оценка составляет менее 15 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если студент выполнил работу, допустив ошибки в половине заданий, и допустил неточности при защите работы; оценка составляет 15 - 22 балла.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если студент выполнил работу, допустив небольшое количество ошибок, но безошибочно ответил на все вопросы при защите работы, оценка составляет 23 - 26 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если студент выполнил работу без ошибок и ответил безошибочно на все вопросы при защите работы, оценка составляет 27 - 30 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. Построить распределение электронов по электронным оболочкам для элемента: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10}$.
2. Какую энергию ΔE необходимо сообщить нерелятивистскому электрону, чтобы его дебройлевская длина волны ($\lambda = 2,43 \cdot 10^{-12}$ см) уменьшилась в n раз ($n=8$).
3. Назовите обозначенную плоскость в кристалле:



4. Плоскость отсекает на осях координат отрезки 2, 1, 7 соответственно в параметрах элементарной ячейки a, b, c . Определить индексы Миллера таких плоскостей.
5. Даны индексы Миллера плоскости (151). Какие отрезки плоскость отсекает на осях координат в параметрах элементарной ячейки?
6. Даны индексы направления $[176]$ гексагонального кристалла. Какие индексы будет иметь это направление в четырехосной системе координат?
7. Найти индексы узловой плоскости, проходящей через 3 узла кристаллической решетки: $[[1-23]]$, $[[3-22]]$, $[[21-3]]$.
8. Даны грани (051) и (032). Найти символ ребра, по которому они пересекаются.
9. Полагая, что средняя энергия электрона равна $1/5$ энергии Ферми, оцените давление электронного газа в металле. Расчет провести для цинка.
10. Кусок металла (титан) находится при температуре $T=0$ К. Определить: 1) максимальную энергию $\epsilon_{\text{Ф}}$ (энергию Ферми), которую могут иметь свободные электроны в металле при $T=0$, 2) число свободных электронов Δn , энергии которых заключены в интервале от $0,6 \epsilon_{\text{Ф}}$ до $\epsilon_{\text{Ф}}$, 3) среднюю кинетическую энергию $\bar{\epsilon}$ свободных электронов.
11. Определить число атомов в элементарной ячейке хрома, кристаллизующегося в кубической системе; ребро куба, $a=2,885 \text{ \AA}$, атомный вес 51,996; плотность $\rho=7,19 \text{ г/см}^3$.
12. Какой вектор Бюргерса будут иметь полные дислокации в кристаллах, имеющих структуру Cr, LiCl?
13. На базальной грани пластинчатого кристалла (размеры $1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,2$ мм) после травления обнаружили 20 огранных ямок. Предполагая, что ямки образовались в местах выхода дислокаций, определите плотность дислокаций в кристалле, если грань имеет форму квадрата со стороной 1,5 мм. Сделайте оценку избыточной энергии, связанной с дислокациями в данном кристалле, если модуль сдвига кристалла равен $5 \cdot 10^{11}$ Па, а величина вектора Бюргерса дислокаций имеет значение $2 \cdot 10^{-10}$ м.
14. В металлах после холодной деформации плотность дислокаций достигает значения 10^{16} м^{-2} . Оцените величину избыточной энергии, которая запасается

в трех кубических сантиметрах металла, если модуль сдвига металла равен $5 \cdot 10^{10}$ Па, а величина вектора Бюргера дислокаций имеет значение $7 \cdot 10^{10}$ м.

15. В результате облучения бездислокационного кристалла алюминия быстрыми нейтронами в нём образовались призматические дислокационные петли с $\rho = 10^9$ см⁻² и имеющие радиус 0,1 мкм. Призматические петли образовались в результате поглощения избыточных вакансий. Определите число образовавшихся в результате облучения вакансий, предполагая, что все призматические петли имеют одинаковый размер. Кристалл имеет форму куба с ребром 5 мм.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Физика металлов», 5 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в виде теста, содержащего 25 вопросов и 5 задач. На каждый вопрос предлагается 4 варианта ответа, из которых только 1 является правильным. За ответ на каждый вопрос студент получает 1 балл. Варианты ответов к задачам не предусмотрены, студент обязан привести в работе решение задачи и дать правильный ответ. За правильное решение каждой задачи студенту дается 3 балла.

Пример теста для экзамена

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

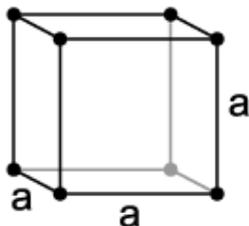
Кафедра «Материаловедение в машиностроении»

экзамен по дисциплине «Физика металлов» для студентов 3 курса, обучающихся по направлению 150100 - Материаловедение и технологии материалов

1 вариант

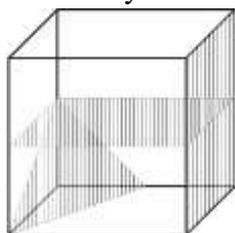
Тестовое задание

1. К какой сингонии относится элементарная ячейка:

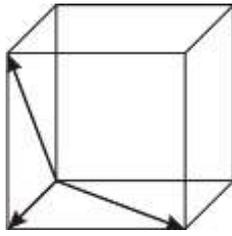


$$a=b=c; \alpha=\beta=\gamma=90$$

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



3. Назвать указанные направления кристалла:



4. Квантовое число n определяет:
 - a. Форму орбитали.
 - b. Ориентацию орбит в пространстве.
 - c. Энергию электрона.
 - d. Вращение электрона вокруг своей оси.
5. Чему равно координационное число мышьяка (V группа):
 - a. 8.
 - b. 5.
 - c. 3.
 - d. 12.
6. Дислокации относятся к:
 - a. Точечным дефектам кристаллической решетки.
 - b. Линейным дефектам кристаллической решетки.
 - c. Поверхностным дефектам кристаллической решетки.
 - d. Объемным дефектам кристаллической решетки.
7. Винтовая дислокация движется:
 - a. В сторону приложенного напряжения.
 - b. Перпендикулярно приложенному напряжению.
 - c. Против приложенного напряжения.
 - d. Вокруг своей оси.
8. Какого типа твердых растворов не существует:
 - a. Замещения.
 - b. Внедрения.
 - c. Сложения.
 - d. Вычитания.
9. 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.
10. При плавлении металлов снижаются показатели:
 - a. Интенсивности пластического течения.
 - b. Прочности.
 - c. Теплоемкости.
 - d. Электрического сопротивления.
11. Рост зародышей кристаллизации характеризуется:
 - a. Уменьшением свободной энергии системы.
 - b. Увеличением свободной энергии системы.

- c. Переходом энергии поверхностного натяжения в область отрицательных значений.
 - d. Уменьшением энергии поверхностного натяжения до нуля.
12. На какие параметры кристаллизации не влияет добавление поверхностно-активных примесей:
- a. На скорость образования центров кристаллизации.
 - b. На смещение границы метастабильности.
 - c. На размер зерна закристаллизовавшегося вещества.
 - d. На степень пересыщения.
13. 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.
14. При каких условиях возникает возможность бездиффузионной кристаллизации двухкомпонентных сплавов:
- a. Когда значения химической свободной энергии жидкого и твердого раствора равны при данной температуре.
 - b. Когда значение химической свободной энергии жидкого раствора меньше химической свободной энергии твердого раствора.
 - c. Когда значение химической свободной энергии жидкого раствора больше химической свободной энергии твердого раствора.
 - d. Бездиффузионная кристаллизация в двухкомпонентной системе невозможна.
15. К фазовым превращения в твердом состоянии, приводящим к изменению только кристаллической структуры материала относятся:
- a. Упорядочение твердых растворов.
 - b. Расслоение твердых растворов.
 - c. Эвтектоидный распад.
 - d. Выделение избыточных фаз из твердых растворов.
16. При фазовом переходе первого рода:
- a. Скачкообразно изменяются свойства, которые определяются как первые производные от термодинамического потенциала.
 - b. Скачкообразно изменяются свойства, которые определяются как вторые производные от термодинамического потенциала.
 - c. Постепенно изменяются свойства, которые определяются как первые производные от термодинамического потенциала.
 - d. Постепенно изменяются свойства, которые определяются как вторые производные от термодинамического потенциала.
17. Потенциальными местами зарождения гомогенных зародышей новой фазы могут быть:
- a. Поверхность материала.
 - b. Границы зерен.
 - c. Вакансии.
 - d. Дислокации.
18. Деформация с инвариантной плоскостью - это:

- a. Деформация скольжением по плоскостям только одного семейства.
- b. Процесс фазового превращения, при котором имеются плоскости, расположение атомов в которых не изменяется.
- c. Нарушение когерентности между частицей новой фазы и матрицей.
- d. Рост кристаллов новой фазы вдоль единственного кристаллографического направления.

19. Определить, что показано на рисунке:



- a. Полидоменная пластина.
 - b. Монодоменные пластинчатые кристаллы («фермы»).
 - c. Монодоменные пластинчатые кристаллы (параллельные ряды).
 - d. Упругие концентрационные домены.
20. Фазовое превращение, скорость которого определяется скоростью перемещения границы раздела фаз, различающихся только своей кристаллической структурой, называется:
- a. Бездиффузионным.
 - b. Непрерывным.
 - c. Прерывистым.
 - d. Ячеистым.
21. Массивные превращения характеризуются:
- a. Перераспределением компонентов между фазами.
 - b. Отсутствием перераспределений концентраций компонентов.
 - c. Формированием зерен новой фазы с четкими и простыми линиями границ.
 - d. Ускорением процесса реализации превращения при активации диффузионных механизмов.
22. Величина сил, стремящихся вернуть атомы растянутого кристалла в первоначальное положение равновесия, рассчитанных на единицу площади, называется:
- a. Упругостью.
 - b. Жесткостью.
 - c. Напряжением.
 - d. Сопротивлением.
23. Смещение одной части кристалла относительно другой без нарушения связи между ними называется:
- a. Движением дислокации.
 - b. Скольжением.
 - c. Двойникованием.
 - d. Пластическим течением.
24. Как называется коллективное движение частиц в кристалле в форме упругой волны:
- a. Гармоническим колебанием.

- b. Ангармоническим колебанием.
 - c. Нормальным колебанием.
 - d. Акустическим колебанием.
25. Причиной теплового расширения твердого тела является:
- a. Гармонический характер колебаний атомов в решетке.
 - b. Ангармонические колебания атомов в решетке.
 - c. Оптические колебания атомов в решетке.
 - d. Акустические колебания атомов в решетке.

Задачи

1. Плоскость отсекает на осях координат отрезки 2, 3, 5 соответственно в параметрах элементарной ячейки a, b, c. Определить индексы Миллера таких плоскостей.
2. Даны грани (431) и (201). Найти символ ребра, по которому они пересекаются.
3. Найти число атомов в элементарной ячейке хрома, если длина связи между атомами равна 2,885 Å. Плотность хрома составляет 7,19 г/см³.
4. Определить степень несоответствия решеток нижнего бейнита (a=2,866 Å) и фазы выделения Fe₃C (a=4,525 Å, b=5,09 Å, c=6,744 Å) вдоль направлений матрицы, параллельных направлениям [100], [010], [001] фазы выделения с ромбической решеткой.
5. Найти максимальную энергию фонона, который может возбудиться в кристалле, температура Дебая которого 200 К.

2. Критерии оценки

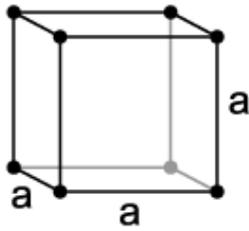
- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент дал менее половины правильных ответов, оценка составляет менее 22 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает половину правильных ответов, оценка составляет 22-28 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает более половины правильных ответов, оценка составляет 29-36 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент дает более 85 % правильных ответов, оценка составляет 37-40 баллов.

3. Шкала оценки

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

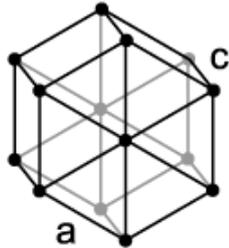
4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Физика металлов»

1. К какой сингонии относится элементарная ячейка:



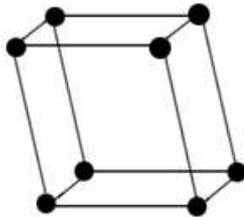
$$a=b=c; \alpha=\beta=\gamma=90$$

2. К какой сингонии относится элементарная ячейка:



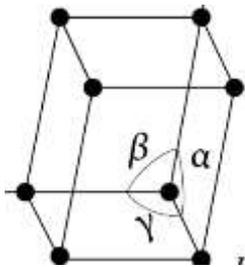
$$a=b \neq c; \alpha=\beta=90; \gamma=120$$

3. К какой сингонии относится элементарная ячейка:



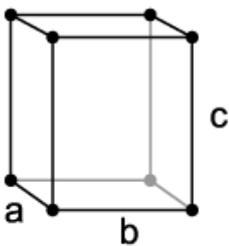
$$a \neq b \neq c; \alpha \neq \beta \neq \gamma$$

4. К какой сингонии относится элементарная ячейка:



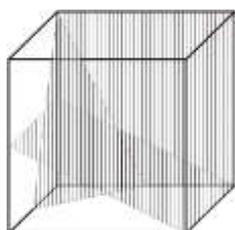
$$a \neq b \neq c; \alpha = \gamma = 90; \beta \neq 90$$

5. К какой сингонии относится элементарная ячейка:

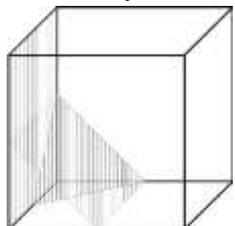


$$a \neq b \neq c; \alpha = \beta = \gamma = 90$$

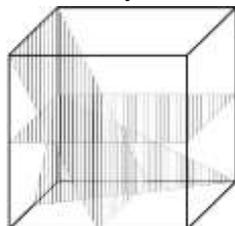
6. Назвать указанные плоскости кристалла:



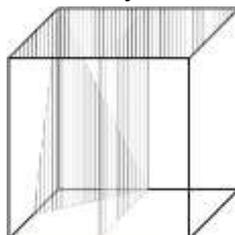
7. Назвать указанные плоскости кристалла:



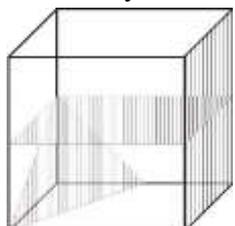
8. Назвать указанные плоскости кристалла:



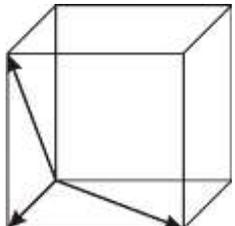
9. Назвать указанные плоскости кристалла:



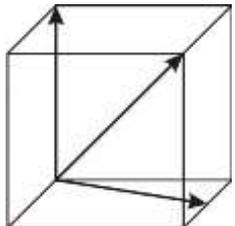
10. Назвать указанные плоскости кристалла:



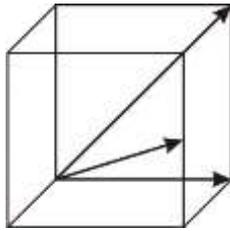
11. Назвать указанные направления кристалла:



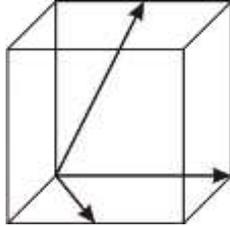
12. Назвать указанные направления кристалла:



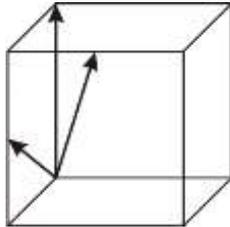
13. Назвать указанные направления кристалла:



14. Назвать указанные направления кристалла:



15. Назвать указанные направления кристалла:



16. Квантовые числа характеризуют...

17. Квантовое число n определяет...

18. Квантовое число m определяет...

19. Квантовое число l определяет...

20. Квантовое число s определяет...

21. Чему равно координационное число мышьяка (V группа)?

22. Чему равно координационное число брома (VII группа)?

23. Чему равно координационное число углерода (IV группа)?

24. Чему равно координационное число серы (VI группа)?

25. Чему равно координационное число меди (I группа)?

26. Контур Бюргерса выбирается таким образом, что...

27. Количеством скольжения называют...

28. Дислокации относятся к...

29. Краевая дислокация может перемещаться скольжением в плоскости...

30. Винтовая дислокация движется...

31. Отрицательная краевая дислокация движется...

32. Вектор Бюргерса винтовой дислокации расположен...

33. Вектор Бюргерса краевой дислокации расположен...

34. При неконсервативном движении дислокации количество атомов в экстраплоскости...

35. Экстраплоскость – это...

36. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии: L_6PC ?

37. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии: $3L_4L_36L_29PC$?

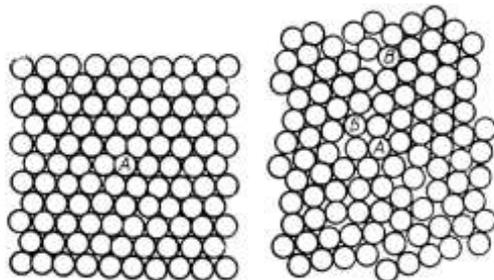
38. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии: C ?

39. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии: L_4L_2 ?

40. К какой сингонии относится кристалл, имеющий формулу симметрии: L_33P ?

41. «Сидячими» дислокациями называются...

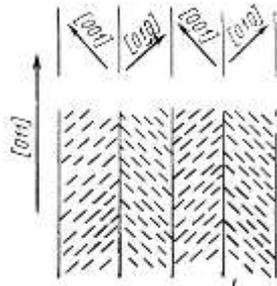
42. Дефект упаковки – это...
43. Частичная дислокация Шокли – это...
44. Частичная дислокация Франка – это...
45. Правило Франка говорит о том, что...
46. Модель атома Резерфорда – это...
47. Боровская модель атома – это...
48. Модель атома Томсона – это...
49. «Пудинговая» модель атома – это...
50. Квантово-механическая модель атома – это...
51. Эффективная масса электрона – это...
52. Волновая функция – это...
53. Энергия Ферми – это...
54. Зона Бриллюэна – это...
55. Постоянная Планка характеризует...
56. Коэффициент заполнения ОЦК кристалла атомами...
57. Коэффициент заполнения ГЦК кристалла атомами...
58. Коэффициент заполнения ГПУ кристалла атомами...
59. Наиболее плотноупакованной плоскостью для ГПУ решетки является...
60. Наиболее плотноупакованной плоскостью для ОЦК решетки является...
61. Какого типа твердых растворов не существует?
62. При формировании твердых растворов замещения период решетки...
63. Какие твердые растворы образуются на базе химических соединений?
64. Если общее число атомов, приходящихся на элементарную ячейку решетки твердого раствора, совпадает с нормальным числом атомов в ячейке данной кристаллической структуры, то произошло формирование...
65. Твердые растворы по сравнению с чистыми металлами обычно...
66. Температура Курнакова – это температура, при которой...
67. Неограниченной растворимостью характеризуется система...
68. У элементов, принадлежащих к разным группам периодической системы взаимная растворимость...
69. Сверхструктурами называются...
70. Формирование непрерывных рядов твердых растворов возможно только между металлами...
71. При плавлении металлов снижаются показатели...
72. При плавлении металлов возрастают показатели...
73. Определить, для какой структуры, изображенной на рисунке, характерен ближний порядок, а для какой - дальний.



74. Ближний порядок характеризуется тем, что...
75. Дальний порядок характеризуется тем, что...

76. Растворимые примеси, снижающие поверхностное натяжение между жидкой и твердой фазой, называются...
77. Самопроизвольная конденсация пара наступает при пересыщении, равном...
78. Образование кристаллов из расплава возможно при...
79. Зародыш критического размера характеризуется...
80. Рост зародышей кристаллизации характеризуется...
81. На какие параметры кристаллизации не влияет добавление поверхностно-активных примесей?
82. Как влияет готовая поверхность раздела на степень пересыщения вещества при его конденсации?
83. Как влияет предварительный перегрев расплава на его переохлаждение?
84. К активирующимся примесям относят...
85. Устранить влияние нерастворимых примесей на процесс кристаллизации расплава возможно путем...
86. Какая величина, характеризующая скорость перехода металла из жидкого состояния в твердое, имеет максимум при меньших переохлаждениях?
87. Причиной образования кристаллов дендритной формы является...
88. Присоединения атома к недостроенному атомному слою в процессе роста кристалла наиболее энергетически выгодно в позиции с...
89. Конечная форма растущего кристалла определяется...
90. В процессе роста кристалла наиболее активно растут плоскости...
91. При каких условиях возникает возможность бездиффузионной кристаллизации двухкомпонентных сплавов?
92. Причиной образования дислокаций при кристаллизации сплава является...
93. Вакансии, фиксирующиеся при резком охлаждении сплава в процессе кристаллизации, являются причиной появления...
94. Участки металлического кристаллита с ненарушенной кристаллической решеткой, отделенные от соседних, правильно построенных участков малоугловыми границами, называются...
95. Для приготовления изделий из эвтектических сплавов применяют...
96. Характерным признаком фазового перехода является...
97. К фазовым превращениям в твердом состоянии, приводящим к изменению электронной структуры, относятся...
98. К фазовым превращениям в твердом состоянии, приводящим как к изменению химического состава материала, так и к изменению его кристаллической структуры, относятся...
99. К фазовым превращениям в твердом состоянии, приводящим к изменению только химического состава материала относятся...
100. К фазовым превращениям в твердом состоянии, приводящим к изменению только кристаллической структуры материала относятся...
101. При фазовом переходе первого рода наблюдается...
102. Фазовый переход второго рода реализуется при...
103. При фазовом переходе первого рода в метастабильном состоянии может находиться...
104. При фазовом переходе второго рода в метастабильном состоянии может находиться...

105. Какие свойства могут изменяться при фазовом переходе первого рода?
106. Эпитаксиальные дислокации – это...
107. Дислокации несоответствия – это...
108. Решетки новой и старой фаз считают частично когерентными, когда...
109. Потенциальными местами зарождения гетерогенных зародышей новой фазы могут быть...
110. Потенциальными местами зарождения гомогенных зародышей новой фазы могут быть...
111. Деформация с инвариантной плоскостью – это...
112. Примером деформации с инвариантной плоскостью является...
113. Чем меньше степень несоответствия решеток новой фазы и матрицы, тем больше вероятность образования...
114. Новая фаза, выделяющаяся в матричном материале, и обладающая по сравнению с ним большей жесткостью, скорее приобретет форму...
115. Упругие концентрационные домены образуются при...
116. Определить, что показано на рисунке:



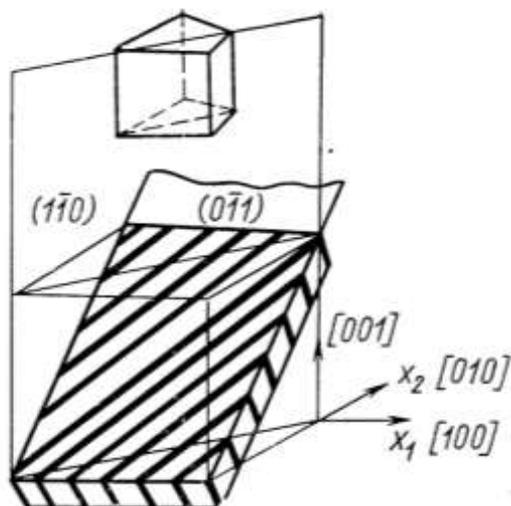
117. Определить, что показано на рисунке:



118. Определить, что показано на рисунке:



119. Определить, что показано на рисунке:



120. Определить, что показано на рисунке:



121. Фазовое превращение, скорость которого определяется скоростью перемещения границы раздела фаз, различающихся только своей кристаллической структурой, называется...
122. К диффузионным превращениям относят...
123. К бездиффузионным превращениям относят...
124. Чем обоснована повышенная скорость роста мартенситного кристалла при мартенситном превращении?
125. Как соотносятся энергия активации мартенситного превращения и нормального превращения?
126. Коалесценция – это...
127. Какое превращение характеризуется формированием промежуточной фазы, отличной от исходной и конечной по составу и структуре?
128. Какими кинетическими коэффициентами характеризуется непрерывное выделение?
129. В процессе роста новой фазы, состав которой соответствует матричной, который происходит при реализации бездиффузионного превращения свободная энергия...
130. Массивные превращения характеризуются...
131. Величина сил, стремящихся вернуть атомы растянутого кристалла в первоначальное положение равновесия, рассчитанных на единицу площади, называется...
132. Определение: «Напряжение, которое способно было бы вызвать растяжение образца на величину, равную его длине, без разрушения образца и без нарушения равенства $\sigma = E\varepsilon$ » является физическим смыслом...
133. Величина модуля упругости существенно зависит от...
134. Предел упругости совпадает с пределом прочности в телах...

135. Напряжение, при котором начинается заметное течение тела, называется...
136. Какой метод не относится к методам определения теоретической прочности твердых тел?
137. Процесс последовательного смещения друг относительно друга атомных плоскостей, параллельных одной конкретной плоскости, на одно и то же расстояние, составляющее некоторую часть параметра решетки, называется...
138. Нагрев материала до четверти температуры его плавления, приводящий к разупрочнению наклепа, называется...
139. Снижение уровня внутренних напряжений вследствие перемещения атомов искаженных областей решетки в свои равновесные положения – это...
140. Смещение одной части кристалла относительно другой без нарушения связи между ними называется...
141. Как называется коллективное движение частиц в кристалле в форме упругой волны?
142. Колебания, рассматриваемые как колебания друг относительно друга двух подрешеток из однородных атомов, вставленных одна в другую, называются...
143. Характеристическая температура Дебая – это температура, при которой...
144. Минимальная порция энергии, которую может поглотить или испустить решетка при тепловых колебаниях и соответствует переходу возбуждаемого нормального колебания с данного энергетического уровня на ближайший соседний, называется...
145. Как соотносится теплоемкость решетки и теплоемкость электронного газа?
146. Какая зависимость существует между теплопроводностью металла и температурой в области высоких температур?
147. Какая зависимость существует между теплопроводностью металла и температурой в области очень низких температур?
148. Какая зависимость существует между теплопроводностью металла и температурой в области низких температур?
149. Причиной теплового сопротивления твердого тела является...
150. Причиной теплового расширения твердого тела является...

Задачи на экзамен

6. Плоскость отсекает на осях координат отрезки 2, 3, 5 соответственно в параметрах элементарной ячейки a , b , c . Определить индексы Миллера таких плоскостей.
7. Плоскость отсекает на осях координат отрезки 2, 1, 9 соответственно в параметрах элементарной ячейки a , b , c . Определить индексы Миллера таких плоскостей.
8. Плоскость отсекает на осях координат отрезки 2, 3, 7 соответственно в параметрах элементарной ячейки a , b , c . Определить индексы Миллера таких плоскостей.
9. Плоскость отсекает на осях координат отрезки 6, 3, 5 соответственно в параметрах элементарной ячейки a , b , c . Определить индексы Миллера таких плоскостей.
10. Плоскость отсекает на осях координат отрезки 5, 1, 3 соответственно в параметрах элементарной ячейки a , b , c . Определить индексы Миллера таких плоскостей.
11. Даны грани (123) и (010). Найти символ ребра, по которому они пересекаются.
12. Даны грани (101) и (211). Найти символ ребра, по которому они пересекаются.
13. Даны грани (431) и (201). Найти символ ребра, по которому они пересекаются.
14. Даны грани (100) и (511). Найти символ ребра, по которому они пересекаются.

15. Даны грани (121) и (413). Найти символ ребра, по которому они пересекаются.
16. Найти число атомов в элементарной ячейке лития, если длина связи между атомами равна $3,51 \text{ \AA}$. Плотность лития составляет $0,534 \text{ г/см}^3$.
17. Найти число атомов в элементарной ячейке хрома, если длина связи между атомами равна $2,885 \text{ \AA}$. Плотность хрома составляет $7,19 \text{ г/см}^3$.
18. Найти число атомов в элементарной ячейке ниобия, если длина связи между атомами равна $3,294 \text{ \AA}$. Плотность ниобия составляет $8,57 \text{ г/см}^3$.
19. Найти число атомов в элементарной ячейке калия, если длина связи между атомами равна $5,33 \text{ \AA}$. Плотность калия равна $0,856 \text{ г/см}^3$.
20. Найти число атомов в элементарной ячейке тантала, если длина связи между атомами равна $3,310 \text{ \AA}$. Плотность тантала составляет $16,65 \text{ г/см}^3$.
21. Определить степень несоответствия решеток сплава Ni - 2% Be ($a=3,48 \text{ \AA}$) и фазы выделения NiBe ($a=2,6 \text{ \AA}$) вдоль направлений матрицы, параллельных направлениям [100], [110], [111] фазы выделения с кубической решеткой.
22. Определить степень несоответствия решеток сплава Ni-Au ($a = 3,8 \text{ \AA}$) и фазы выделения α -Ni ($a=3,56 \text{ \AA}$) вдоль направлений матрицы, параллельных направлениям [100], [110], [111] фазы выделения с кубической решеткой.
23. Определить степень несоответствия решеток нижнего бейнита ($a=2,866 \text{ \AA}$) и фазы выделения Fe_3C ($a=4,525 \text{ \AA}$, $b=5,09 \text{ \AA}$, $c=6,744 \text{ \AA}$) вдоль направлений матрицы, параллельных направлениям [100], [010], [001] фазы выделения с ромбической решеткой.
24. Определить степень несоответствия решеток аустенитной стали ($a=3,585 \text{ \AA}$) и фазы выделения M_{23}C_6 ($a=8,8 \text{ \AA}$, $c=4,58 \text{ \AA}$) вдоль направлений матрицы, параллельных направлениям [100], [110], [001] фазы выделения со сложной тетрагональной решеткой.
25. Определить степень несоответствия решеток технического железа ($a=2,866 \text{ \AA}$) и фазы выделения $\text{Fe}_{16}(\text{N}, \text{C})_2$ ($a=5,72 \text{ \AA}$, $c=6,29 \text{ \AA}$) вдоль направлений матрицы, параллельных направлениям [100], [110], [001] фазы выделения с тетрагональной решеткой.
26. Найти максимальную энергию фонона, который может возбудиться в кристалле, температура Дебая которого 200 К .
27. Найти максимальную энергию фонона, который может возбудиться в кристалле, температура Дебая которого 700 К .
28. Найти максимальную энергию фонона, который может возбудиться в кристалле, температура Дебая которого 150 К .
29. Найти максимальную энергию фонона, который может возбудиться в кристалле, температура Дебая которого 930 К .
30. Найти максимальную энергию фонона, который может возбудиться в кристалле, температура Дебая которого 660 К .

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Физика металлов», 5 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны решить задачи по разделам, указанным в рабочей программе.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты, опираясь на знания, полученные на практических занятиях, должны произвести типовые расчеты.

Обязательные структурные части РГЗ.

РГЗ оформляется по ГОСТ 7.32-2001 "Отчет о научно исследовательской деятельности. Структура и правила оформления" и в печатном виде сдаются преподавателю на 16 неделе семестра.

Преподаватель проводит консультации по выполнению РГЗ, а также направляет и объясняет этапы решения задач на практических занятиях. Защиты расчетно-графических заданий проводятся в индивидуальном порядке. Студент отвечает на вопросы по выполненным заданиям и объясняет ход решения задач.

Объем пояснительной записки 5-7 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, AutoCAD, BCAD 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.

Для получения максимального балла студенту необходимо решить 12 задач.

Оцениваемые позиции: правильность выполнения заданий, защита РГЗ.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнено менее половины задач, оценка составляет менее 12 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если студент выполнил работу, допустив ошибки в половине заданий, и допустил неточности при защите работы; оценка составляет 12 - 17 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если студент выполнил работу, допустив небольшое количество ошибок, но безошибочно ответил на все вопросы при защите работы, оценка составляет 18 - 21 балл.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если студент выполнил работу без ошибок и ответил безошибочно на все вопросы при защите работы, оценка составляет 22 - 24 балла.

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. Рассчитать критическую величину кубического зародыша, кристаллизующегося из расплава висмута, при переохлаждениях на 40 и 100 оС, если скрытая теплота плавления 12,42 кал/г, а поверхностная энергия 465 эрг/см².
2. Через сколько времени закристаллизуется 33,3 % жидкого металла, если при данном переохлаждении линейная скорость кристаллизации равна 0,03 мм/с, а скорость зародышеобразования равна 104 с⁻¹.
3. Оценить энергию упругой деформации когерентной частицы α -Au ($a = 9,97 \text{ \AA}$) в твердом растворе Ni-Au ($a = 3,8 \text{ \AA}$), если форму частицы аппроксимировать сферой диаметром 0,5 мкм, упругие характеристики матрицы и включения принять одинаковыми.
4. Определить степень несоответствия решеток сплава Ni-Au ($a = 3,8 \text{ \AA}$) и фазы выделения α -Ni ($a=3,56 \text{ \AA}$) вдоль направлений матрицы, параллельных направлениям [100], [110], [111] фазы выделения с кубической решеткой.
5. Найти напряжения, действующие в растянутом свинцовом стержне, при приложении внешней нагрузки перпендикулярно его наиболее плотноупакованной плоскости. Изменение расстояния между плоскостями в кристалле составляет 0,22 \AA . Модуль упругости свинца равен 25 ГПа.
6. Найти величину сопротивления кристаллической решетки цинка сдвигу при величине смещения $x=0,6 \text{ \AA}$ (сдвиг реализуется по наиболее плотноупакованной плоскости). Модуль сдвига цинка – 388 ГПа.
7. Определить характеристическую дебаевскую частоту для кристалла кремния объемом 4 см³, не учитывая изменение расстояния между частицами при нагреве. Температура Дебая для Ве составляет 658 К, а скорость распространения звука в нем – 2200 м/с.
8. Вычислить энергию решетки кремния при температуре 30 К и 1000 К. Объем кристалла составляет 17 мм³ (изменение расстояния между частицами при нагреве не учитываются). Найти теплоемкость указанного вещества. Найти теплоемкость металла с учетом теплоемкости электронного газа.
9. Максимальная энергия фонона, который может возбудиться в кристалле, равна 0,062 эВ. Фотон какой длины волны λ обладал бы такой же энергией.
10. Найти среднее число фононов в состоянии с энергией 7 мэВ, при $T = 406 \text{ К}$. При какой частоте колебания они испускаются?
11. Найти средний объем эквивалентного твердого раствора TiTa.
12. Определить степень дальнего порядка σ сплава Ni₃Fe, если известно, что вероятность нахождения атома В в узле a w_b равна 0,03 и 0,09.