



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)  
ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

*по дисциплине (модулю)*

*«Избранные вопросы физики поверхности твердого тела»*

Владивосток  
2023

## **Содержание**

I. Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины «Избранные вопросы физики поверхности твердого тела» .....	3
II. Текущая аттестация по дисциплине «Избранные вопросы физики поверхности твердого тела» .....	4
III. Промежуточная аттестация по дисциплине «Избранные вопросы физики поверхности твердого тела» .....	10

1) Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины (модуля) «Избранные вопросы физики поверхности твердого тела»

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1.1 демонстрирует знание понятийного аппарата электроники и нанoeлектроники	Знает	<u>Знает</u> понятийный аппарат электроники и нанoeлектроники, математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности
	Умеет	<u>Умеет</u> представлять современную научную картину для описания наблюдаемых явлений в нанoeлектронике
	Владеет	<u>Владеет</u> навыками коммуникации и презентации научных исследований в области электроники и нанoeлектроники
ОПК-1.2 осуществляет систематизацию научно-технической информации по исследуемой проблеме с использованием компьютерных технологий	Знает	<u>Знает</u> методы и способы систематизации научно-технической информации по исследуемой проблеме
	Умеет	<u>Умеет</u> применять компьютерные технологии для систематизации научно-технической информации
	Владеет	<u>Владеет</u> навыками выявления естественнонаучной сущности проблем, определения путей их решения и оценки эффективности сделанного выбора
ОПК-1.3 применяет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	Знает	<u>Знает</u> методы теоретического и экспериментального исследования
	Умеет	<u>Умеет</u> применять методы теоретического и экспериментального анализа исследуемых объектов, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
	Владеет	<u>Владеет</u> навыками теоретического и экспериментального исследования и оценки эффективности выбранного метода

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Тема 1. Гигантское магнитосопротивление	ОПК-1	знает	Конспект (ПР-7)	зачет, вопросы 1-7, Собеседование (УО-1)
			умеет	Творческое задание (ПР-13)	зачет, вопросы 1-7, Собеседование (УО-1)
			владеет	Доклад, сообщение (УО-3)	зачет, вопросы 1-7, Собеседование (УО-1)
2	Тема 2. Туннельное магнитосопротивление	ОПК-1	знает	Конспект (ПР-7)	зачет, вопросы 8-11, Собеседование (УО-1)
			умеет	Творческое задание (ПР-13)	зачет, вопросы 8-11,

					Собеседование (УО-1)
			владеет	Доклад, сообщение (УО-3)	зачет, вопросы 8-11, Собеседование (УО-1)
3	Тема 3. Перенос спинового момента от тока	ОПК-1	знает	Конспект (ПР-7)	зачет, вопросы 12-17 Собеседование (УО-1)
			умеет	Творческое задание (ПР-13)	зачет, вопросы 12-17 Собеседование (УО-1)
			владеет	Доклад, сообщение (УО-3)	зачет, вопросы 12-17 Собеседование (УО-1)
4	Тема 4. Взаимодействие Дзялошинского-Мория	ОПК-1	знает	Конспект (ПР-7)	зачет, вопросы 18-21 Собеседование (УО-1)
			умеет	Творческое задание (ПР-13)	зачет, вопросы 18-21 Собеседование (УО-1)
			владеет	Доклад, сообщение (УО-3)	зачет, вопросы 18-21 Собеседование (УО-1)

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	критерии	показатели	баллы
ОПК-1.1 демонстрирует знание понятийного аппарата электроники и наноэлектроники	<u>Знает</u> понятийный аппарат электроники и наноэлектроники, математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности	Принципы научного поиска информации в сети «Интернет» и научной литературе	Представление доклада, раскрывающего основные аспекты заданной темы	60 - 74
	<u>Умеет</u> представлять современную научную картину для описания наблюдаемых явлений в	Умение выделить нужную информацию из многообразия данных и интерпретиро	Представление доклада, полностью раскрывающего заданную тему	75 - 89

	наноэлектронике	вать ее		
	<u>Владеет</u> навыками коммуникации и презентации научных исследований в области электроники и наноэлектроник и	Самостоятельное освоение научной информации, способность донести научную информацию аудитории	Представление доклада, полностью раскрывающего заданную тему, доклад должен быть понятен не только преподавателю, но и студентам	90 - 100
ОПК-1.2 осуществляет систематизацию научно-технической информации по исследуемой проблеме с использованием компьютерных технологий	<u>Знает</u> методы и способы систематизации научно-технической информации по исследуемой проблеме	Воспроизводство и объяснение учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты	Знание базовых принципов работы спинтронных устройств, устройств записи информации и магнитной логики	60 - 74
	<u>Умеет</u> применять компьютерные технологии для систематизации научно-технической информации	Выполнение типичных задач на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения	Знание принципов работы, элементов спинтронных устройств, устройств записи информации и магнитной логики. Умеет сравнивать и анализировать существующие технологии записи и передачи информации	75 - 89
	<u>Владеет</u> навыками выявления естественнонаучной сущности проблем, определения их путей решения и оценки эффективности сделанного выбора	Решение усложненных задач в нетипичных ситуациях на основе приобретенных знаний, умений и навыков	Знание принципов работы, элементов спинтронных устройств, устройств записи информации и магнитной логики. Умение сравнивать и анализировать существующие технологии записи и передачи информации. Способность прогноза развития существующих технологий.	90 - 100
ОПК-1.3 применяет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	<u>Знает</u> методы теоретического и экспериментального исследования	Принципы научного поиска информации в сети «Интернет» и научной литературе	Представление доклада, раскрывающего основные аспекты заданной темы	60 - 74
	<u>Умеет</u> применять методы теоретического и экспериментального анализа исследуемых объектов, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	Умение выделить нужную информацию из многообразия данных и интерпретировать ее	Представление доклада, полностью раскрывающего заданную тему	75 - 89

	<p><u>Владеет</u>  навыками  теоретического и  экспериментальн  ого  исследования и  оценки  эффективности  выбранного  метода</p>	<p>Самостоятель  ное освоение  научной  информации,  способность  донести  научную  информацию  аудитории</p>	<p>Представление доклада,  полностью раскрывающего  заданную тему, доклад должен  быть понятен не только  преподавателю, но и студентам</p>	<p>90 -  100</p>
--	--	---	---	----------------------

Шкала оценки уровня достижения результатов обучения для текущей и промежуточной аттестации *по дисциплине*  
*«Избранные вопросы физики поверхности твердого тела»*

Баллы (рейтинговая оценка)	Уровни достижения результатов обучения		Требования к сформированным компетенциям
	Текущая и промежуточная аттестация	Промежуточная аттестация	
100 – 86	<i>Повышенной</i>	«зачтено»/ «отлично»	Свободно и уверенно находит достоверные источники информации, оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками анализа и синтеза информации, знает все основные методы решения проблем, предусмотренные учебной программой, знает типичные ошибки и возможные сложности при решении той или иной проблемы и способен выбрать и эффективно применить адекватный метод решения конкретной проблемы
85 – 76	<i>Базовый</i>	«зачтено»/ «хорошо»	В большинстве случаев способен выявить достоверные источники информации, обработать, анализировать и синтезировать предложенную информацию, выбрать метод решения проблемы и решить ее. Допускает единичные серьезные ошибки в решении проблем, испытывает сложности в редко встречающихся или сложных случаях решения проблем, не знает типичных ошибок и возможных сложностей при решении той или иной проблемы
75 – 61	<i>Пороговый</i>	«зачтено»/ «удовлетворительно»	Допускает ошибки в определении достоверности источников информации, способен правильно решать только типичные, наиболее часто встречающиеся проблемы в конкретной области (обработать информацию, выбрать метод решения проблемы и решить ее)
60 – 0	<i>Уровень недостигнут</i>	«незачтено»/ «неудовлетворительно»	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

## **II. Текущая аттестация по дисциплине**

### **«Избранные вопросы физики поверхности твердого тела»**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Избранные вопросы физики поверхности твердого тела» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Избранные вопросы физики поверхности твердого тела» проводится в форме контрольных мероприятий (собеседование, выполнение практических заданий, решение контрольной работы) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

### **Оценочные средства для текущего контроля**

#### ***1. Вопросы для собеседования / устного опроса***

1. Дать определение решетки, базиса и кристаллической структуры.
2. Перечислить двумерные решетки Браве.
3. Как определяются индексы Миллера плоскости кристалла?
4. Показать на кубическом кристалле плоскости с индексами (100), (110), (112).
5. Являются ли эквивалентными плоскости (133) (33-1) и (113) простого кубического кристалла?
6. Каков тип двумерной решетки Браве у плоскости (111) гранецентрированного кубического кристалла? Какой период имеет эта решетка?
7. Какие виды записи используют для для высокоиндексных ступенчатых поверхностей?
8. Какие виды записи существуют для описания суперрешетки поверхности?
9. Дать определение матричной записи.
10. Что такое ячейка Вигнер-Зейтца?
11. Как определяются вектора трансляций обратной решетки?
12. Какой тип обратных решеток у двумерных решеток Браве?
13. Как в матричном виде можно описать квадратную суперрешетку с(2x2)?
14. Каковы свойства векторов трансляций обратной решетки?
15. Почему дифракция медленных электронов (ДМЭ) является методом анализа структуры поверхности?



16. Какова энергия электронов, используемых в ДМЭ?
17. Что представляет собой аппаратура ДМЭ?
18. Как выполняется построение Эвальда для ДМЭ?
19. Каков радиус сферы Эвальда?
20. Как изменится картина на экране ДМЭ при изменении (например, увеличении) энергии электронов?
21. Какая информация о структуре поверхности может быть извлечена из анализа картины ДМЭ?
22. О чем свидетельствует уширение рефлексов картины ДМЭ?
23. Каковы принципы, лежащие в основе метода электронной оже-спектроскопии (ЭОС)?
24. На чем основан элементный анализ с помощью метода ЭОС?
25. Какое экспериментальное оборудование используется в ЭОС?
26. На каком принципе базируется метод сканирующей туннельной микроскопии (СТМ)?
27. Каково пространственное разрешение СТМ?
28. Какие режимы работы СТМ Вы знаете?
29. Что такое санирующая туннельная спектроскопия?
30. В чем различие релаксации и реконструкции поверхности?
31. Что такое консервативная и неконсервативная реконструкции?
32. Какие реконструкции может иметь атомарно-чистая поверхность Si(111)?  
Какие из них стабильные, а какие метастабильные?
33. Каковы основные элементы DAS-структуры поверхности Si(111) $7 \times 7$ ?
34. Сколько адатомов, димеров, рест-атомов и ненасыщенных связей содержит поверхность Si(111) $7 \times 7$ ?
35. Сколько адатомов, димеров, рест-атомов и ненасыщенных связей содержит поверхности Si(111) $5 \times 5$  и Si(111) $9 \times 9$ ?
36. Как устроены поверхности Si(100) $2 \times 1$  и Si(100) $c(4 \times 2)$ ?
37. Что такое физосорбция и хемосорбция?
38. Какими величинами характеризуется состав поверхностных фаз?

39. Что такое покрытие и как определяется один монослой?
40. Как экспериментально можно определить покрытие атомов адсорбата в поверхностной фазе?
41. Как строится фазовая диаграмма?
42. Какие типы фазовых переходов Вы знаете?
43. Приведите примеры точечных и линейных дефектов на поверхности?
44. Что такое коэффициент прилипания и от чего он зависит?
45. Что можно узнать с помощью десорбционной спектроскопии?
46. Какие механизмы атомной диффузии на поверхности Вы знаете?
47. Каковы три основных механизма роста тонких пленок?
48. Как сурфактанты влияют на рост тонких пленок?
49. Какие виды атомных манипуляций на поверхности могут быть произведены с помощью СТМ?
50. Приведите примеры формирования наноструктур на поверхности с использованием механизмов самоорганизации.

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

ответы должны отличаться достаточным объемом знаний, глубиной и полнотой раскрытия темы, логической последовательностью, четкостью выражения мыслей и обоснованностью выводов, характеризующих знание литературных источников, понятийно-терминологического аппарата, нормативно-правовых актов, умение ими пользоваться при ответе. 7

**2. Тематика докладов, сообщений**

Доклад представляет собой краткое изложение проблемы практического или теоретического характера с формулировкой определенных выводов по рассматриваемой теме. Избранная студентом проблема изучается и анализируется на основе одного или нескольких источников.

*Целями* подготовки доклада являются:

- развитие у студентов навыков поиска актуальных проблем в области физики поверхности;
- развитие навыков краткого изложения материала с выделением лишь самых существенных моментов, необходимых для раскрытия сути проблемы;

*Задачами* доклада являются:

- научить студента грамотно излагать свою позицию по анализируемой в докладе проблеме;

- подготовить студента к дальнейшему участию в научно – практических конференциях, семинарах и конкурсах;

### **Темы докладов**

Тема 1. Наночастицы, наноматериалы, тонкие пленки а поверхности твердых тел.

Тема 2. Взаимодействие электронов с поверхностью твердых тел. Электронный микроскоп.

Тема 3. Общие принципы работы зондовых методов исследования тонких пленок и наноматериалов.

Тема 4. Атомно-силовой микроскоп.

Тема 5. Сканирующий туннельный микроскоп.

Тема 6. Комбинированные зондовые микроскопы.

Тема 7. Дифракция электронов на поверхности твердых тел. Дифракция медленных электронов.

Тема 8. Оже-электронная спектроскопия. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами.

Тема 9. Взаимодействие света с веществом. Спектроскопия на отражение. Рамановская спектроскопия.

Тема 10. Нелинейные оптические эффекты на поверхности твердых тел, в тонких пленках и наноматериалах.

Тема 11. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом, дифракция, спектроскопия.

Тема 12. Явление фотоэффекта, методы исследования поверхности вещества на основе этого эффекта. Фотоэлектронная спектроскопия. РФЭС и УФЭС.

Тема 13. Спектральные методы исследования вещества квантами различной энергии. Эффект Мессбауера. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

Доклад может быть представлен в виде сообщения или презентации.

Выбор темы презентации студент осуществляет самостоятельно.

Общие требования к презентации:

- презентация не должна быть меньше 10 слайдов;
- первый лист – это титульный лист, на котором обязательно должны быть представлены: название доклада; фамилия, имя, отчество автора;
- следующим слайдом должно быть содержание, где представлены основные этапы (моменты) презентации; желательно, чтобы из содержания по гиперссылке можно перейти на необходимую страницу и вернуться вновь на содержание;
- дизайн-эргономические требования: сочетаемость цветов, ограниченное количество объектов на слайде, цвет текста;
- последними слайдами презентации должны быть глоссарий и список литературы.

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

Студент должен использовать только те материалы (научные статьи, монографии, пособия), которые имеют прямое отношение к избранной им теме. Не допускаются отстраненные рассуждения, не связанные с анализируемой проблемой. Содержание доклада должно быть конкретным, исследоваться должна только одна проблема (допускается несколько, только если они взаимосвязаны). Студенту необходимо строго придерживаться логики изложения (начать с определения и анализа понятий, перейти к постановке проблемы, проанализировать пути ее решения и сделать соответствующие выводы).

### ***3. Тематика практических заданий***

Типовые задания к практическим и самостоятельным работам

1. Рассказать об основном физическом эффекте, лежащем в основе работы прибора или исследовательского метода.
2. Показать область применимости данного метода исследования и основные свойства вещества, анализируемые данным методом.
3. Выбрать входные и выходные параметры, диапазоны принимаемых значений и определить основные возможности измерений прибора.
4. Построить схему аппаратной функции прибора или принципиальную блок-схему.
5. Определить методы контроля точности прибора и диапазон измеряемых величин.

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

Приступая к выполнению практического задания, прежде всего, студенту необходимо ознакомиться с планом занятия, изучить соответствующую литературу, нормативную и техническую документацию. По каждому вопросу практического задания студент должен определить и усвоить ключевые понятия и представления. В случае возникновения трудностей студент должен и может обратиться за консультацией к ведущему преподавателю.

Критерием готовности к выполнению практического задания является умение студента ответить на все контрольные вопросы, рекомендованные преподавателем.

### **III. Промежуточная аттестация по дисциплине «Процессы на поверхности раздела фаз»**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Избранные вопросы физики поверхности твердого тела» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

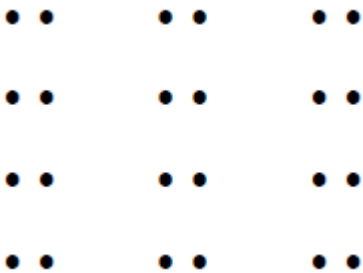
#### **Оценочные средства для промежуточного контроля (экзамен) Вопросы к экзамену**

1. Кристаллическая решетка, базис, структура, элементарная и примитивные ячейки, ячейка Вигнера-Зейтца.
2. Двумерные решетки Браве.
3. Индексы Миллера плоскостей кристаллов: определение, примеры низкоиндексных и высокоиндексных плоскостей.
4. Запись для описания структуры поверхности: матричная запись и запись Вуд.
5. Двумерная обратная решетка.
6. Дифракция медленных электронов: физические принципы и аппаратура.
7. Построение Эвальда для дифракции медленных электронов.
8. Интерпретация картин дифракции медленных электронов.
9. Электронная спектроскопия для анализа химического состава поверхности.
10. Сканирующая туннельная микроскопия.
11. Атомно-силовая микроскопия.
12. Атомная структура чистых поверхностей: релаксация и реконструкция.
13. Структура атомарно-чистой поверхности Si(111).
14. Структура атомарно-чистых поверхностей Si(100) и Ge(100).
15. Поверхности с адсорбатами: физическая и химическая адсорбция.
16. Поверхностные фазы в субмонослойных системах адсорбат/подложка.
17. Состав поверхностных фаз: покрытие адсорбата, покрытие атомов подложки, экспериментальные методы определения состава.
18. Фазовые диаграммы.
19. Типы фазовых переходов в субмонослойных системах адсорбатов.
20. Структурные дефекты поверхности: типы дефектов, реальные примеры (адатомы, вакансии, дефекты замещения, дислокации, доменные границы, ступени).

21. Процессы адсорбции и десорбции на поверхности.
22. Поверхностная диффузия: основные атомные механизмы, экспериментальные методы изучения диффузии.
23. Основные механизмы роста тонких пленок.
24. Кинетические эффекты в гомоэпитаксии.
25. Методы роста тонких пленок в вакууме.
26. Атомные манипуляции на поверхности с помощью сканирующего туннельного микроскопа.
27. Рост наноструктур на поверхности с использованием механизмов самоорганизации

### Оценочные средства для промежуточного контроля (контрольная работа)

1.1. Образуют ли точки на представленном ниже рисунке двумерную решетку? Если «да», то укажите ее векторы примитивных трансляций. Если «нет», то обоснуйте свой ответ.

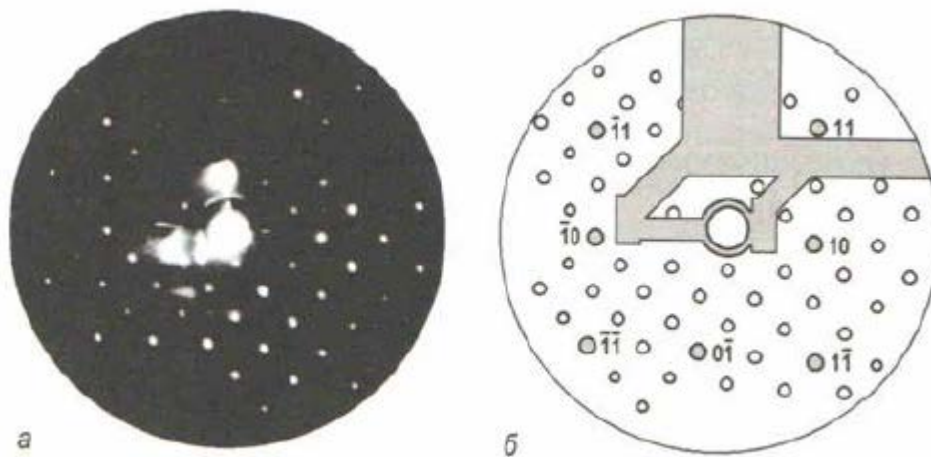


- 1.2. Укажите тип решетки Браве плоскости (111) г.ц.к. (гранецентрированного кубического кристалла). Какой период имеет эта решетка, если сторона гранецентрированного куба равна  $a$ ?
- 1.3. Покажите, что суперструктура  $\sqrt{3} \times \sqrt{3} - R30^\circ$  в матричной записи описывается как (21–11), если угол между векторами примитивных трансляций составляет  $120^\circ$ . Как изменится матричная запись, если выбрать векторы примитивных трансляций, которые образуют угол  $60^\circ$ ?
- 1.4. Адсорбция никеля на поверхности Si(111), имеющей гексагональную решетку, приводит к образованию соразмерной суперструктуры  $\sqrt{7} \times \sqrt{7} - R\varphi^\circ$ . Определите величину угла  $\varphi^\circ$  и постройте двумерную решетку суперструктуры. Наложенную на решетку  $1 \times 1$ . Приведите матричную запись этой суперструктуры.

2.1. Рассмотрите следующие решетки в прямом пространстве. Сколько симметричных доменов может иметь сверхрешетка? Нарисуйте схематически картины ДМЭ для однодоменных и многодоменных (если таковые есть) поверхностей,

- гексагональная сверхрешетка  $2\sqrt{3} \times 2\sqrt{3} - R30^\circ$ ;
- гексагональная сверхрешетка  $\sqrt{7} \times \sqrt{7} - R\pm 19,1^\circ$ ;
- прямоугольная сверхрешетка  $2 \times 3$ ;
- прямоугольная центрированная сверхрешетка  $c(4 \times 12)$ .

2.2. По картине ДМЭ, показанной на рисунке, определите суперрешетку.



3.1. Рассмотрите замещающую адсорбцию по на поверхности  $\text{Si}(111)7 \times 7$ . Предположив, что атомы адсорбата замещают адатомы Si в DAS-структуре, определите состав фазы ( $\Theta_a$  и  $\Theta_{Si}$ ): а – в случае, когда были замещены все адатомы Si, и б – в случае, когда были замещены адатомы Si только в какой-либо одной половине элементарной ячейки  $7 \times 7$  (например, в половине с дефектом упаковки).

3.2. Фаза  $\text{Si}(111)6 \times 1$ -Ag содержит  $1/3$  МС Ag и формируется при десорбции Ag из поверхностной фазы  $\text{Si}(111)\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -Ag с покрытием 1 МС Ag. В эксперименте было определено, что на промежуточной стадии перехода от  $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$  к  $6 \times 1$  домены различных фаз занимают следующие доли площади:

- $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$  (верхний уровень) – 28%
- $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$  (нижний уровень) – 37%
- $6 \times 1$  (верхний уровень) – 20%
- $6 \times 1$  (нижний уровень) – 15%

Приняв во внимание, что покрытие Si составляет 2,08 МС в  $\text{Si}(111)7 \times 7$  и 1,0 МС в  $\text{Si}(111)\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -Ag, определите покрытие Si в фазе  $\text{Si}(111)6 \times 1$ -Ag. 1

