

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»  
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет  
Кафедра физики неравновесных процессов**



ПРЕДТВЕРЖДАЮ  
Декан ФФ, д.ф.-м.н  
В.Е.Блинов  
2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ КЛАСТЕРОВ И НАНОЧАСТИЦ**

направление подготовки: **03.04.02 Физика**  
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения  
**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
2	72	32			18	18	2				2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов											
Компетенции ПК-1											

Руководитель программы  
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2022

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы. ....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы. ....	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу. ....	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий. ....	5
<b>Программа и основное содержание лекций (32 часа) .....</b>	<b>6</b>
5. Перечень учебной литературы. ....	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ....	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. ....	9

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Введение в физику кластеров и наночастиц» имеет своей целью обучение магистрантов основам теоретических представлений о наносистемах, таких как кластеры, наночастицы и биомолекулы, их строению и динамике, усвоение студентами основных понятий о наносистемах, ознакомление с методами и подходами к описанию физических закономерностей в этих системах, имеющих важное значение для науки и техники.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p><b>ПК-1</b> Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p><b>ПК 1.2</b> Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p><b>Знать</b> методы и способы постановки и решения задач физики кластеров и наночастиц, принципы действия, функциональные и метрологические возможности современной аппаратуры для физических исследований, возможности, методы и системы компьютерных технологий для физических теоретических и экспериментальных исследований; знать базовые разделы физики кластеров и наночастиц: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы физики кластеров и наночастиц и способы их использования при решении научно-инновационных задач.</p> <p><b>Уметь</b> самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области физики кластеров и наночастиц с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий; решать типовые учебные задачи по основным разделам физики кластеров и наночастиц; применять полученную теоретическую базу для решения научно-инновационных задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий; применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов физики кластеров и наночастиц, необходимых в профессиональной</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		<p>деятельности; определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов физики кластеров и наночастиц для решения научно-инновационных задач; применять знания физики кластеров и наночастиц для анализа и обработки результатов физических экспериментов; проводить анализ научной и технической информации в области физики кластеров и наночастиц и смежных дисциплин. <b>Владеть</b> навыками постановки и решения задач научных исследований в области физики кластеров и наночастиц с помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных исследований; навыками самостоятельной работы с учебной литературой по базовым разделам физики кластеров и наночастиц; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов физики кластеров и наночастиц; навыками решения базовых задач по физике кластеров и наночастиц; основными методами научных исследований; навыками использования теоретических основ базовых разделов физики кластеров и наночастиц при решении научно-инновационных задач; знаниями на уровне, позволяющем проводить эффективный анализ научной и технической информации в области физики кластеров и наночастиц и смежных дисциплин.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина реализуется во 2-м семестре 1-го курса для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 Физика. Курс является одной из специальных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой физики неравновесных процессов. Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по таким физическим дисциплинам как электродинамика, а также по математике (основы математического анализа и дифференциальные уравнения). Он должен предшествовать выполнению квалификационной работы студента по данной специализации, так как дает ему необходимые знания, навыки и

предоставляет инструменты для выполнения научных исследований в рамках подготовки его квалификационной работы.

**3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	72	32			18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, консультации, самостоятельная работа студента, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: опрос по материалам лекций
- промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 32 часа;
  - самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
  - промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультации и экзамен) – 22 часа.
- Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, групповые консультации, экзамен) составляет 36 часов.

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

Дисциплина представляет собой полугодовой курс, читаемый на 1-м курсе магистратуры физического факультета НГУ во 2 семестре. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Всего	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Промежуточная Аттестация (в часах)
				Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции	Лабораторные работы		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Основные понятия о кластерах и наночастицах	1	4	2		2	
2	Методы описания и моделирования наносистем	2-5	11	8		3	
3	Энергетические поверхности и термодинамика наносистем	6-7	7	4		3	
4	Динамика и кинетика наносистем	8-10	9	6		3	
5	Структура и свойства кластеров и наночастиц	11-12	7	4		3	
6	Биологические макромолекулы	13-15	8	6		2	
7	Примеры наносистем	16	4	2		2	
8	Консультация		2				2
9	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену		18				18
10	Экзамен		2				2
	<b>Всего</b>		<b>72</b>	<b>32</b>		<b>18</b>	<b>22</b>

### Программа и основное содержание лекций (32 часа)

#### 1. Основные понятия о кластерах и наночастицах (2 часа)

Кластеры, наночастицы и наноматериалы – примеры и области применения. Краткий обзор методов исследования (теория, моделирование и эксперимент). Связь с биологическими макромолекулами.

#### 2. Методы описания и моделирования наносистем (8 часов)

Классические методы. Полуэмпирические потенциалы взаимодействия. Методы молекулярной динамики (МД): ньютоновская и ланжевеновская динамики. Области их применения и типичные реализации. Информация, получаемая с помощью методов МД. Методы Монте-Карло (МК), схема Метрополиса, микроканонический и канонический ансамбли. Информация, получаемая с помощью методов МК. Неэмпирические (ab initio) методы. Метод Хартри-Фока. Теория функционала плотности (метод Кона-Шама). Области применения и типичные реализации. Метод Стиллинжера-Вебера. Теория метода. Идентификация характеристических структур (изомеров). Методы поиска локальных минимумов. Типичные ландшафты поверхности потенциальной энергии (ППЭ), бассейны и супербассейны притяжения. Преимущества и недостатки метода.

Повышение эффективности исследования. Увеличение температуры, деформация ППЭ и обмен копиями. Преимущества и недостатки методов. Эвристическая МД. Техника записи МД-траектории системы в бассейне притяжения. Стратегии «табу-поиска». Эффект шлюзования вверх по бассейнам. Примеры применения метода: исследование свойств индивидуальных изомеров, скоростей сложных конформационных переходов и глобальной ППЭ.

### 3. Энергетические поверхности и термодинамика наносистем (4 часа)

Ландшафты поверхностей потенциальной и свободной энергии. Методы поиска седловых точек. Графы связности. Типы графов и их связь со структурой кластеров. Термодинамика кластеров. Микроканонический и канонический ансамбли. Энергетические спектры изомеров и калорические зависимости. Калорические свойства индивидуальных изомеров и абсолютные плотности состояний. Плавление кластеров. Критерий Линдемана. Связь с самодиффузией в кластерах.

### 4. Динамика и кинетика наносистем (6 часов)

Кинетика изомеризации. Основное кинетическое уравнение. Теория переходного состояния, микроканонический и канонический ансамбли. Переходные вероятности, изомеризация как марковский процесс в пространстве изомеров. «Гидродинамический» подход к исследованию динамики сложных систем. Двухкомпонентный потенциал движущей силы. Отрицательная информационная энтропия. Кинетика изомеризации кластера золота в неэмпирическом приближении.

### 5. Структура и свойства кластеров и наночастиц (4 часа)

Структура простых кластеров. Типы структур. Эволюция структуры с размером. Магические кластеры. Особенности кластеров различных материалов. Металлические кластеры. Углеродные кластеры, фуллерены, нанотрубки. Кластеры воды. Щелочно-галогидные кластеры.

### 6. Биологические макромолекулы (6 часов)

Аминокислоты. Первичная, вторичная и третичная последовательности белков. Атомный уровень описания, молекулярная механика. Огрубленное описание: решеточные и вне-решеточные модели. Модель Го. Фолдинг (укладка) белков: парадокс Левинтала, принцип минимальных фрустраций, концепция «воронки». Описание кинетики фолдинга на основе кинетических уравнений. Времена фолдинга и их распределение. Явление мисфолдинга, прионовые белки.

### 7. Примеры наносистем (2 часа)

Примеры наносистем и наномашин.

### Самостоятельная работа студентов (36 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	18
Подготовка к экзамену	18

### 5. Перечень учебной литературы.

1. Погосов, Валентин Вальтерович (физик). Введение в физику зарядовых и размерных эффектов. Поверхность, кластеры, низкоразмерные системы: [учеб. пособие для вузов по спец. "Прикл. математика и физика"] / В. В. Погосов. М.: Физматлит, 2006. 328 с.: ил.; 22 см. ISBN 5-9221-0700-3. (5 экз.)
2. Головнев, Игорь Федорович. Молекулярно-динамический расчет уравнения состояния наноструктур: учебное пособие / И.Ф. Головнев; Федер. агентство по образованию, Ново-

сиб. гос. ун-т, Физ. фак, Каф. общ. физики. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2009. 46 с.: ил.; 20 см. ISBN 978-5-94356-730-8. (19 экз.)

## **6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.**

3. Старостин, Виктор Васильевич (канд. техн. наук). Материалы и методы нанотехнологии: учебное пособие: [для студентов и аспирантов высших учебных заведений, специализирующихся по направлению "Нанотехнология"] / В.В. Старостин; под общ. ред. Л.Н. Патрикеева. Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2008. 431 с.: ил.; 22 см. (Нанотехнология). ISBN 978-5-94774-727-0. (1 экз.)
4. Финкельштейн, Алексей Витальевич Физика белка: курс лекций с цветными стереоскопическими иллюстрациями и задачами с решениями: учеб. пособие для вузов по биол. спец. / А.В. Финкельштейн, О.Б. Птицын; РАН, Ин-т белка3-е изд., испр. и доп.М. : Кн. дом "Университет", 2005455 с. : ил. ; 21 см. ISBN 5-98227-065-2 (1экз)
5. Методы получения и свойства нанообъектов: учебное пособие: [для студентов, обучающихся по специальности "Нанотехнологии" / Н.И. Минько, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, В.М. Нарцев]. Москва: Флинта: Наука, 2009. 162, [1] с.: ил., табл.; 21 см. ISBN 978-5-9765-0326-7. ISBN 978-5-02-034741-0.(5 экз.)

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

### **7.1 Современные профессиональные базы данных**

Не используются

### **7.2. Информационные справочные системы**

Не используются.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.



## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.**

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

#### ***Текущий контроль успеваемости***

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущих лекций

#### ***Промежуточная аттестация***

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации. Критерии и шкалы оценивания индикаторов достижения результатов обучения отражены в Таблице 10.2.

## Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p><b>ПК 1.1</b> Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p><b>Знать</b> методы и способы постановки и решения задач физики кластеров и наночастиц, принципы действия, функциональные и метрологические возможности современной аппаратуры для физических исследований, возможности, методы и системы компьютерных технологий для физических теоретических и экспериментальных исследований; знать базовые разделы физики кластеров и наночастиц: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы физики кластеров и наночастиц и способы их использования при решении научно-инновационных задач.</p>	<p>Опрос в начале каждой лекции, экзамен.</p>
<p><b>ПК 1.2</b> Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p><b>Уметь</b> самостоятельно ставить и решать конкретные физические задачи научных исследований в области физики кластеров и наночастиц с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий; решать типовые учебные задачи по основным разделам физики кластеров и наночастиц; применять полученную теоретическую базу для решения научно-инновационных задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий; применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов физики кластеров и наночастиц, необходимых в профессиональной деятельности; определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов физики кластеров и наночастиц для решения научно-инновационных задач; применять знания физики кластеров и наночастиц для анализа и обработки результатов физических экспериментов; проводить анализ научной и технической информации в области физики кластеров и наночастиц и смежных дисциплин.</p> <p><b>Владеть</b> навыками постановки и решения задач научных исследований в области физики кластеров и наночастиц с помощью современных методов и средств теоретических и экспериментальных исследований;</p> <p>навыками самостоятельной работы с учебной литературой по базовым разделам физики кластеров и наночастиц; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов физики кластеров и наночастиц; навыками решения</p>	<p>Опрос в начале каждой лекции, экзамен.</p>

	<p>базовых задач по физике кластеров и наночастиц; основными методами научных исследований; навыками использования теоретических основ базовых разделов физики кластеров и наночастиц при решении научно-инновационных задач; знаниями на уровне, позволяющем проводить эффективный анализ научной и технической информации в области физики кластеров и наночастиц и смежных дисциплин.</p>	
--	--	--

## 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Введение в физику кластеров и наночастиц».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.2	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

## 10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### Примеры билетов к экзамену

#### Билет 1

1. Полуэмпирические потенциалы взаимодействия: Леннард-Джонс, Морзе, Гупта, Саттон-Чен, TIP4P.
2. Гидродинамическое описание кинетики кластеров и укладки белков.

#### Билет 2

1. Метод молекулярной динамики (МД). Ньютоновская и ланжевеновская динамики. Понятие об неэмпирических (*ab initio*) методах.
2. Отрицательная информационная энтропия как мера неэкспоненциальности кинетики.

#### Билет 3

1. Метод Монте-Карло, схема Метрополиса, микроканонический и канонический ансамбли.
2. Амилоидогенные (прионовые) белки. Неправильная укладка (мисфолдинг).

#### Билет 4

1. Структура поверхности потенциальной энергии. Бассейны притяжения, минимумы и седла.
2. Укладка белков: парадокс Левинтала, принцип минимальных фрустраций, концепция «воронки». Описание кинетики укладки на основе кинетических уравнений. Времена укладки и их распределение.

#### Билет 5

1. Исследование поверхности потенциальной энергии. Метод Стиллинжера-Вебера.
2. Графы связности в терминах свободной энергии (аланиновый тетрапептид).

#### Билет 6

1. Методы нахождения минимумов и седел.
2. Биологические макромолекулы. Аминокислоты. Первичная, вторичная и третичная структуры белков. Поверхность потенциальной энергии аланинового тетрапептида.

#### Билет 7

1. Эвристическая молекулярная динамика. Техника запираания МД-траектории системы в бассейнах притяжения. Супербассейны. Эффект шлюзования вверх по бассейнам. Стратегии «табу-поиска».
2. Теория переходного состояния.

#### Билет 8

1. Применение эвристической молекулярной динамики: Исследование скоростей сложных конформационных переходов на примере кластера углерода.
2. Графы связности для поверхностей потенциальной энергии.

#### Билет 9

1. Применение эвристической молекулярной динамики: Исследование глобальной структуры поверхности потенциальной энергии на примере кластера LJ13. Ферми-подобные распределения изомеров по энергиям.
2. «Турбулентность» динамики укладки белков.

**Билет 10**

1. Кластер LJ13: Энергетические спектры изомеров и калорические зависимости. Калорические свойства индивидуальных изомеров и абсолютные плотности состояний.
2. Примеры наносистем и наномашин.

**Билет 11**

1. Кластеры различных материалов: Металлические кластеры. Углеродные кластеры, фуллерены и нанотрубки.
2. Кинетика кластера Au<sub>4</sub> в неэмпирическом приближении.

**Билет 12**

1. Кластеры различных материалов: Кластеры воды. Щелочно-галогидные кластеры.
2. «Гидродинамический» подход к описанию динамики сложных систем. Двухкомпонентный потенциал движущей силы укладки белка.

**Форма экзаменационного билета представлена на рисунке**

<b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b>	
<b>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</b>	
<b>Физический факультет</b>	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____</b>	
1. ....	
2. ....	
Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/ (подпись)	
« ____ » _____ 20 ____ г.	

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы  
по дисциплине «Введение в физику кластеров и наночастиц»  
по направлению подготовки 03.04.02 Физика  
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного