ПРОГРАММА
вступительного экзамена по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (группа научных специальностей 1.3. Физические науки)

1. Организация вступительного испытания

Форма проведения вступительного испытания*:* устный ответ на вопросы экзаменационного билета. Билет вступительного испытания содержит 2 вопроса.

Язык проведения вступительных испытаний – русский.

2. Содержание вступительного экзамена.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
	Раздел 1. Строение вещества	
1.	Тема 1. Основы квантовой теории многоэлектронных систем.	Основы квантовой теории многоэлектронных систем. Термины, определения, основные уравнения
2.	Тема 2. Строение и свойства твердого тела.	Строение и свойства твердого тела. Природа сил взаимодействия в кристаллах.
	Раздел 2. Основы молекулярной фотоники	
3.	Тема 3. Электронная структура молекул.	Электронная структура молекул. Возбужденные состояния. Поглощение и испускание света. Спектры поглощения и люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция.
4.	Тема 4. Методы оптической (в том числе нелинейной) спектроскопии	Методы оптической (в том числе нелинейной) спектроскопии: адсорбционные, флуоресцентные, поляризационные, методы комбинационного рассеяния.
	Раздел 3. Динамика атомов и молекул	
5.	Тема 5. Химическая термодинамика и равновесие.	Химическая термодинамика и равновесие. Равновесное распределение молекул идеального газа. Распределение Максвелла и распределение Больцмана.
6.	Тема 6. Мономолекулярные реакции.	Мономолекулярные реакции. Механизм активации молекул. Сильные столкновения и ступенчатое возбуждение.
7.	Тема 7. Термический распад двухатомных молекул.	Термический распад двухатомных молекул. Бимолекулярные реакции, идущие через образование промежуточного комплекса.
8.	Тема 8. Обмен энергии при молекулярных столкновениях.	Обмен энергии при молекулярных столкновениях. Превращение поступательной, вращательной и колебательной энергий при столкновениях. Релаксация по поступательным, вращательным и колебательным степеням свободы.
	Раздел 4. Основы химической кинетики	
9.	Тема 9. Механизм и скорость химической реакции.	Механизм и скорость химической реакции. Закон действующих масс. Порядок реакции. Константа скорости. Закон Аррениуса. Прямая и обратная кинетическая задача.
10.	Тема 10. Индуцированные и гомогенно-каталитические реакции.	Индуцированные и гомогенно-каталитические реакции. Фотохимические и радиационно-химические реакции. Механизм гомогенного катализа. Кинетика гомогенно-каталитических реакций.
11.	Тема 11. Гетерогенный катализ.	Гетерогенный катализ. Равновесие и кинетика адсорбции на однородных и неоднородных поверхностях. Механизмы

		гетерогенного катализа.
	Раздел 5. Горение и взрыв. Физика экстремальных состояний вещества.	
12.	Тема 12. Теория процессов горения.	Теория процессов горения. Уравнения теплопроводности и диффузии в химически реагирующей среде. Теория и критерий теплового взрыва. Цепной взрыв. Пределы цепного взрыва. Воспламенение и зажигание. Зажигание накаленной стенкой. Зажигание искрой.
13.	Тема 13. Теория и закономерности стационарного горения газовой смеси.	Теория и закономерности стационарного горения газовой смеси. Нормальная скорость распространения пламени. Пределы распространения пламени, предельный диаметр и предельная концентрация компонентов смеси. Представление о турбулентном горении.
14.	Тема 14. Горение твердых и жидких веществ в окислительной атмосфере	Горение твердых и жидких веществ в окислительной атмосфере. Зажигание и горение частиц и капель горючего в окислительной среде. Горение летучих и нелетучих взрывчатых веществ, порохов, смесей горючего с окислителем.
15.	Тема 15. Горение жидких взрывчатых веществ	Горение жидких взрывчатых веществ. Горение пористых зарядов взрывчатых веществ и порохов.
16.	Тема 16. Ударные волны.	Ударные волны. Понятие простой волны. Ударные волны. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии на фронте ударной волны.
17.	Тема 17. Современная теория детонации.	Современная теория детонации. Структура детонационной волны. Устойчивость детонационных волн. Пределы детонации.
	Раздел 6. Физика наноструктур	
18.	Тема 18. Структура поверхности и ее физические свойства.	Структура поверхности и ее физические свойства. Атомарно-чистые поверхности. Изменение электронной структуры, работы выхода, поверхностной проводимости и т.п. при реконструкции. Симметрия поверхности Границы раздела полупроводник–полупроводник, полупроводник–металл и полупроводник–диэлектрик
19.	Тема 19. Наноструктуры.	Наноструктуры. Тонкие пленки. Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем. Фотонные кристаллы. Углерод. Аллотропия углерода. Кластеры.
20.	Тема 20. Общее устройство и принципы работы СЗМ.	Общее устройство и принципы работы СЗМ. Физические основы сканирующей туннельной микроскопии. Туннельный эффект в квазиклассическом приближении. Физические основы сканирующей атомно-силовой микроскопии.

3. Перечень вопросов к вступительному экзамену.

1. Основы квантовой теории многоэлектронных систем.
2. Строение и свойства твердого тела. Природа сил взаимодействия в кристаллах.
3. Электронная структура молекул. Возбужденные состояния. Поглощение и испускание света. Спектры поглощения и люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция.
4. Методы оптической (в том числе нелинейной) спектроскопии: адсорбционные, флуоресцентные, поляризационные, комбинационного рассеяния.
5. Химическая термодинамика и равновесие. Равновесное распределение молекул идеального газа. Распределение Максвелла и распределение Больцмана.
6. Мономолекулярные реакции. Механизм активации молекул. Сильные столкновения и ступенчатое возбуждение.
7. Термический распад двухатомных молекул. Бимолекулярные реакции, идущие через образование промежуточного комплекса.
8. Обмен энергии при молекулярных столкновениях. Превращение поступательной, вращательной и колебательной энергий при столкновениях. Релаксация по поступательным, вращательным и колебательным

степеням свободы.

9. Механизм и скорость химической реакции. Закон действующих масс. Порядок реакции. Константа скорости. Закон Аррениуса. Прямая и обратная кинетическая задача.

10. Индуцированные и гомогенно-каталитические реакции. Фотохимические и радиационно-химические реакции. Механизм гомогенного катализа. Кинетика гомогенно-каталитических реакций.

11. Гетерогенный катализ. Равновесие и кинетика адсорбции на однородных и неоднородных поверхностях. Механизмы гетерогенного катализа.

12. Уравнения теплопроводности и диффузии в химически реагирующей среде. Теория и критерий теплового взрыва. Цепной взрыв. Пределы цепного взрыва. Воспламенение и зажигание. Зажигание накаленной стенкой. Зажигание искрой.

13. Теория и закономерности стационарного горения газовой смеси. Нормальная скорость распространения пламени. Пределы распространения пламени, предельный диаметр и предельная концентрация компонентов смеси. Представление о турбулентном горении.

14. Горение твердых и жидких веществ в окислительной атмосфере. Зажигание и горение частиц и капель горючего в окислительной среде. Горение летучих и нелетучих взрывчатых веществ, порохов, смесей горючего с окислителем.

15. Горение жидких взрывчатых веществ. Горение пористых зарядов взрывчатых веществ и порохов.

16. Ударные волны. Понятие простой волны. Ударные волны. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии на фронте ударной волны.

17. Современная теория детонации. Правило отбора скорости стационарной детонации. Структура детонационной волны. Пределы детонации.

18. Связь химической и физической природы веществ и систем с их термохимическими параметрами, характеристиками термического разложения, горения, взрывчатого превращения.

19. Структура, параметры и устойчивость волн горения, детонации, взрывных и ударных волн.

20. Односторонние и обратимые реакции первого и второго порядка. Кинетика реакций первого порядка в открытой системе.

21. Горячие диффузионные пламена в предварительно не перемешанных газах - окислителя и горючего. Теплопроводность и диффузия в волне горения. Тепловая теория распространения пламени

22. Горячие пламена в предварительно перемешанных газах. Основные экспериментальные данные. Нормальная скорость распространения ламинарного пламени. Теплопроводность и диффузия в волне горения. Тепловая теория распространения пламени.

23. Процессы горения и взрывчатого превращения в устройствах и аппаратах для производства энергии, работы, получения веществ и продуктов.

24. Тепловая теория распространения пламени. Подобие полей концентрации и температуры в волне горения. Пределы распространения пламени. Основные задачи исследования процессов горения.

25. Самовоспламенение. Цепной взрыв. Зажигание газовой смеси нагретой поверхностью

26. Классификация методов диагностики горения. Контактные и бесконтактные методы диагностики. Характеристика оптических методов: методы видеорегистрации излучения или поглощения в различных областях спектра. Методы измерения скорости горения.

27. Атомарно-чистые поверхности. Способы получения атомарно-чистых поверхностей. Реальная поверхность. Виды неоднородностей (физические, химические, индуцированные).

28. Структура поверхности и ее физические свойства. Изменение электронной структуры, работы выхода, поверхностной проводимости и т.п. при реконструкции. Симметрия поверхности. Двумерные решетки Браве. Дефекты поверхности. Влияние дефектов на структуру поверхности.

29. Границы раздела полупроводник–полупроводник, полупроводник–металл и полупроводник–диэлектрик. Поверхностные и приповерхностные электронные состояния. Приповерхностная область пространственного заряда полупроводника. Зонная диаграмма.

30. Механизмы роста пленок. Поверхностные процессы, происходящие при выращивании тонкой пленки (поверхностная диффузия, взаимодиффузия, встраивание в решетку, поверхностная аггрегация).

31. Тонкие пленки. Физические и химические методы получения тонких пленок.

32. Адсобция и адгезия. Адгезия тонких пленок к поверхности. Кинетика адсорбции. Теория Ленгмюра. Физическая и химическая адсорбция. Электронное состояние адатома. Энергия связи адатомов с поверхностью.

33. Методы определения структуры поверхности (дифракция медленных электронов, дифракция отраженных быстрых электронов).

34. Методы определения состава поверхности и химического состояния атомов на поверхности.

Электронная оже-спектроскопия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.

35. Компьютерное моделирование наноструктур и наносистем. Молекулярное конструирование. Компьютерная визуализация нанообъектов. Возможности численного эксперимента. Примеры молекулярного моделирования наноструктур, молекулярных переключателей.

36. Квантовая механика наносистем. Квантоворазмерные эффекты в нанообъектах.

37. Квазичастицы в твердом теле и в наноструктурированных материалах. Квантовые точки. Нитевидные кристаллы, волокна, нанотрубки, тонкие пленки и гетероструктуры.

38. Фотонные кристаллы. Классификация фотонных кристаллов. Теория фотонных запрещенных зон. Изготовление фотонных кристаллов.

39. Углерод. Аллотропия углерода. Алмазоподобные пленки. Графены. Фуллерены. Нанотрубки.

40. Наноструктуры. Класификация наноструктур. Кластеры. Кластерные модели. Магические числа. Металлические нанокластеры. Свойства металлических нанокластеров.

41. Полупроводниковые нанокластеры. Получение, свойства и применение.

42. Наноструктурные жидкости. Коллоиды, золи, гели, взвеси, полимерные композиты. Мицеллы.

43. Магнитные наноструктуры. Методы синтеза магнитных частиц. Перспективные применения. Феррофлюиды (магнитные жидкости).

44. Сверхпроводящие материалы. Получение. Оболочный эффект. Применение сверхпроводниковых наноструктур.

45. Химические методы получения наноструктур. Пленки Ленгмюра-Блоджетта. Золь-гель метод. Жидкофазная эпитаксия.

46. Особенности электронного спектра металлов, полупроводников и диэлектриков. Поглощение и отражение света в металлах. Плазмоны. Поглощение света на колебаниях решетки. Фононы.

47. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Прямые (вертикальные) и непрямые оптические переходы. Поглощение света при прямых переходах, комбинированная плотность состояний. Поглощение света при непрямых переходах, виртуальные состояния. Температурная зависимость коэффициента поглощения.

48. Общее устройство и принципы работы СЗМ. Зондовые датчики, сканирующие элементы, типы взаимодействия, роль обратной связи.

49. Физические основы сканирующей туннельной микроскопии. Туннельный эффект в квази-классическом приближении. Туннельный ток в системах металл-диэлектрик-металл и металл-диэлектрик-полупроводник. Ограничения сканирующей туннельной микроскопии.

50. Физические основы сканирующей атомно-силовой микроскопии. Потенциал взаимодействия зонда с образцом в АСМ. Зависимость силы взаимодействия от расстояния между зондом и образцом – контактный, полуконтактный и бесконтактный режимы АСМ.

4. Шкала оценивания, минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, максимальное количество баллов.

Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по **100-балльной шкале**. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, составляет **50 (пятьдесят) баллов**. Максимальное количество баллов составляет **100 (сто) баллов**.

Шкала оценивания на вступительном испытании по специальной дисциплине:

Оценка «100 – 76» – «5» баллов (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:

- глубокие знания основных понятий в области научной специальности, умение оперировать ими;
- высокую степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы;
- отличное умение представить основные вопросы в научном контексте;
- отличное владение научным стилем речи.

Оценка «75 – 64» – «4» балла (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:

- хорошие знания основных положений в области научной специальности, умение оперировать ими, демонстрируются единичные неточности;
- достаточная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы, демонстрируются единичные неточности;

• единичные (негрубые) стилистические и речевые погрешности;
• умение защитить ответы на основные вопросы;
• хорошее владение научным стилем речи.

<u>Оценка «63 – 50» – «3» балла (по пятибалльной шкале)</u> выставляется, если поступающий демонстрирует:

• удовлетворительные знания основных понятий в области научной специальности, умение оперировать ими, неточности знаний;
• удовлетворительная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы;
• посредственные ответы на вопросы.

<u>Оценка «менее 50» – «2» балла (по пятибалльной шкале</u>) выставляется, если поступающий демонстрирует:

• грубые ошибки в знании основных положений в области научной специальности;
• отсутствие знаний основных положений в области научной специальности, умения оперировать ими;
• недостаточное владение научным стилем речи;
• не умение защитить ответы на основные вопросы.

5. Рекомендуемая литература

№	Название
1.	Химическая связь. Метод валентных связей : методические указания / составители С. В. Борисевич [и др.], под редакцией А. М. Кузнецов, Л. Г. Шевчук. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 24 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/63540.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2.	Чичинин, А. И. Атомная и молекулярная спектроскопия : учебник / А. И. Чичинин. — Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2019. — 884 с. — ISBN 978-5-4437-0927-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/93805.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3.	Брянский, Б. Я. Основы термодинамики и кинетики химических реакций : учебное пособие / Б. Я. Брянский. — Саратов : Вузовское образование, 2017. — 111 с. — ISBN 978-5-4487-0045-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/66637.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: https://doi.org/10.23682/66637
4.	Головнев, Н. Н. Энергетика и направленность химических процессов. Химическая кинетика и химическое равновесие : учебное пособие / Н. Н. Головнев. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2018. — 148 с. — ISBN 978-5-7638-3783-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/84189.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
5.	Косточко, А. В. Пороха, ракетные твердые топлива и их свойства. Физико-химические свойства порохов и ракетных твердых топлив : учебное пособие / А. В. Косточко, Б. М. Казбан. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011. — 367 с. — ISBN 978-5-7882-1003-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/62239.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
6.	Германова, Т. В. Теория горения и взрыва : учебное пособие / Т. В. Германова. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2020. — 81 с. — ISBN 978-5-9961-2021-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/115064.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
7.	Эквист, Б. В. Теория горения и взрыва : учебник / Б. В. Эквист. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2018. — 180 с. — ISBN 978-5-906953-90-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/84423.html (дата

	обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
8.	Зельдович, Я. Б. Теория ударных волн и введение в газодинамику / Я. Б. Зельдович. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 188 с. — ISBN 978-5-4344-0768-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/92114.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
9.	Эквист, Б. В. Теория детонации взрывчатых веществ : учебное пособие / Б. В. Эквист. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2016. — 24 с. — ISBN 978-5-906846-18-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/64204.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
10.	Основы нанотехнологии : учебник / Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабрев, В. И. Марголин. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 398 с. — ISBN 978-5-906828-26-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/109426.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
11.	Нанотехнологии. Химические, физические, биологические и экологические аспекты : монография / М. Н. Тимофеева, В. Н. Панченко, В. В. Ларичкин [и др.]. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 283 с. — ISBN 978-5-7782-3863-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/98798.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
12.	Карпухин, С. Д. Атомно-силовая микроскопия : учебное пособие / С. Д. Карпухин, Ю. А. Быков. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012. — 40 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/31375.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Рекомендуемая дополнительная литература

№	Название
1.	Комплексные соединения. Теория валентных связей : тесты / составители М. М. Петрова, Е. М. Зуева, А. М. Кузнецов. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 52 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/61863.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2.	Слюсарева, Е. А. Оптическая спектроскопия. Сложные молекулы : учебное пособие / Е. А. Слюсарева, М. А. Герасимова, Н. В. Слюсаренко. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2018. — 116 с. — ISBN 978-5-7638-3941-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/84270.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3.	Химическая термодинамика : учебное пособие / О. В. Магаев, Т. С. Минакова, О. И. Сидорова, С. И. Галанов. — Саратов : Вузовское образование, 2021. — 291 с. — ISBN 978-5-4487-0796-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/111593.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4.	Илюшов, Н. Я. Физико-химические основы горения : учебно-методическое пособие / Н. Я. Илюшов, Л. П. Власова. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 58 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/78150.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
5.	Кудинов, А. А. Топливо и теория горения : практикум / А. А. Кудинов, С. К. Зиганшина. — 2-е изд. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 48 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/105244.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6.	Райзер, Ю. П. Введение в гидрогазодинамику и теорию ударных волн для физиков : учебное пособие / Ю. П. Райзер. — Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2011. — 431 с. — ISBN 978-5-91559-084-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/103350.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
7.	Рыжонков, Д. И. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 366 с. — ISBN 978-5-93208-550-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/109418.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
8.	Илюшин, В. А. Наноматериалы : учебное пособие / В. А. Илюшин. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 114 с. — ISBN 978-5-7782-3858-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/98719.html (дата обращения: 01.03.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.

1. Интернет ресурс: Нанометр. Нанотехнологическое сообщество. http://www.nanometer.ru
2. Интернет ресурс: Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный интернет-портал. http://www.portalnano.ru
3. Интернет ресурс: Образовательный проект А.Н. Варгина, физика, химия, математика студентам и школьникам http://www.ph4s.ru/book_nano.html
4. Интернет ресурс: Государственная публичная научно-техническая библиотека России. http://www.gpntb.ru/
5. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: https://www.elibrary.ru/defaultx.asp