

Министерство образования Республики Беларусь  
Учебно-методическое объединение вузов Республики Беларусь  
по естественнонаучному образованию

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

  
А.И. Жук

Регистрационный № ТД-6.182 /тип.

**ТЕОРИЯ ГРУПП СИММЕТРИИ**

Типовая учебная программа  
для высших учебных заведений по специальности  
1-31 04 01 Физика (по направлениям)  
(1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность);  
1-31 04 01-02 Физика (производственная деятельность))

**СОГЛАСОВАНО**

Председатель Учебно-методического  
объединения вузов Республики  
Беларусь по естественнонаучному  
образованию

  
В.В. Самохвал

24.04.2009

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник управления высшего и  
среднего специального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

  
Ю.И. Миксюк

14.04.2009

Первый проректор Государственного  
учреждения образования  
«Республиканский институт высшей  
школы»

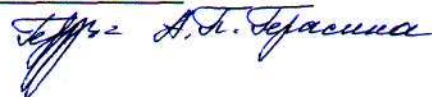
  
И.В. Казакова

02.04.2009

Эксперт-нормоконтролер

  
С.М. Артемьева

02.04.2009

  
А.И. Терасина

Минск 2008

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

**Н.А. Поклонский** - профессор кафедры физики полупроводников и наноэлектроники Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Кафедра теоретической физики** Учреждения образования «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы»;

**Л.М. Томильчик** - член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории теоретической физики Государственного научного учреждения «Институт физики им. Б.И. Степанова» Национальной академии наук Беларуси, доктор физико-математических наук, профессор.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 2 от 20 февраля 2008);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 3 от 27 марта 2008);

Научно-методическим советом по физике учебно-методического объединения вузов Республики Беларусь по естественнонаучному образованию (протокол № 3 от 28 марта 2008).

Ответственный за выпуск: **Н.А. Поклонский**

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Симметрия — согласованность частей целого — лежит в основе теории атомов, молекул и кристаллов, отражая глубокие закономерности реального мира. Актуальность теории групп, математического фундамента симметрии, возрастает в связи с развитием нанотехнологии, молекулярного зодчества.

В лекциях излагаются основные понятия теории представлений конечных групп и рассмотрены их приложения к молекулярным и кристаллическим системам. Основная цель — подготовить студентов, специализирующихся по различным разделам физики, к чтению специальной литературы и к проведению самостоятельных исследований с использованием теории групп. Главное внимание уделено группам преобразований пространства при которых конфигурация системы не изменяется, т. е. группам симметрии молекулярных и кристаллических систем. Студент должен знать основные понятия теории групп, уметь использовать методы теории групп в практически важных приложениях.

Общее количество часов - 90; аудиторное количество часов - 34, из них: лекции - 28, семинары - 6.

### ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название темы	Лекции	Семинары	Лаб. занятия	Всего
1.	Начала теории групп преобразований	3			3
2.	Точечная симметрия	4	2		6
3.	Теория представлений конечных групп	4			4
4.	Симметрия уравнения Шредингера	4	2		6
5.	Приложения теории представлений к квантовым задачам	3			3
6.	Симметрия химической связи в молекулах	3			3
7.	Пространственные группы симметрии кристаллов	3			3
8.	Применение теории групп для описания электронов проводимости в кристаллах	3	2		5
9.	Симметрия спиновых систем	1			1
	Итого	28	6		34

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

**1. Начала теории групп преобразований.** Введение в группы симметрии. Основные понятия теории групп. Группа перестановок. Теорема Кэли.

**2. Точечная симметрия.** Движения пространства: оси, плоскости и центр симметрии. 14 типов точечных групп преобразований.

**3. Теория представлений конечных групп.** Обозначения и примеры. Неприводимые представления групп. Леммы Шура. Соотношения ортогональности для характеров неприводимых представлений. Регулярное представление и построение базисных функций неприводимых представлений группы. Применение теории групп для описания колебаний молекул. Моды колебаний молекулы  $\text{H}_2\text{O}$ .

**4. Симметрия уравнения Шредингера.** Группа вращений и отражений. Классификация стационарных состояний квантовых систем. Симметрия и вырождение уровней. Прямое произведение неприводимых представлений. Правила отбора для матричных элементов переходов между квантовыми состояниями.

**5. Приложения теории представлений к квантовым задачам.** Нарушение симметрии квантовой системы. Применение группы вращений для определения расщепления уровней энергии примесного атома в кристалле. Правила отбора для электрических дипольных переходов в поле кубической симметрии.

**6. Симметрия химической связи в молекулах.** Рассмотрение  $sp^3$ -гибридизации волновых функций в молекуле  $\text{CH}_4$  с помощью теории групп.

**7. Пространственные группы симметрии кристаллов.** Трансляционная и точечная симметрия кристаллов. 14 решеток Браве, 7 сингоний, 230 кристаллографических групп симметрии.

**8. Применение теории групп для описания электронов проводимости в кристаллах.** Обратная решетка. Циклические граничные условия. Неприводимые представления группы трансляций. Классификация стационарных состояний электрона проводимости в периодическом поле кристаллической решетки.

**9. Симметрия спиновых систем.** Спин и двузначные представления групп.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Рекомендуемые темы семинаров

1. Движения пространства: оси симметрии.
2. Прямое произведение неприводимых представлений.
3. Обратная решетка.

## Рекомендуемые формы контроля знаний

1. Контрольные работы
2. Коллоквиумы
3. Рефераты

### Рекомендуемые темы контрольных работ и коллоквиумов

#### *Контрольные работы:*

1. Точечная симметрия. Оси и плоскости симметрии. 14 типов групп точечных преобразований:  $C_n$ ,  $S_{2n}$ ,  $C_{nh}$ ,  $C_{nv}$ ,  $D_n$ ,  $D_{nh}$ ,  $D_{nd}$ ,  $T$ ,  $T_d$ ,  $T_h$ ,  $O$ ,  $O_h$ ,  $Y$ ,  $Y_h$ . Алгоритм идентификации точечных групп.
2. Моды колебаний молекул с симметрией  $C_{nv}$  и  $D_n$ .
3. Группы (решетки) Браве и сингонии. Пространственные группы симметрии кристаллов.

#### *Коллоквиумы:*

1. Характеры неприводимых представлений групп. Явные формулы для операций симметрии.
2. Классификация стационарных состояний электрона проводимости в трехмерном периодическом поле кристаллической решетки.
3. Звезда волнового вектора электрона проводимости в кристалле.

### Рекомендуемые темы рефератов

1. Классификация конечных точечных групп.
2. Операции симметрии и преобразование декартовых координат.
3. Разложение представления группы на неприводимые.
4. Соотношения ортогональности характеров неприводимых представлений.
5. Теория групп и классификация энергетических уровней атомов и молекул.
6. Гибридизация атомных орбиталей. Полиморфизм углерода.
7. Группы симметрии кристалла и его решетки Браве.
8. Правила отбора для электрических дипольных переходов.
9. Симметрия кристаллов и анизотропия электропроводности.
10. Применение теории групп симметрии в спектроскопии молекул.
11. Методы анализа спектров электронного спинового резонанса точечных дефектов кристаллической решетки с применением теории групп симметрии.
12. История развития теории групп.

## Рекомендуемая литература

### Основная

1. *Поклонский, К.А.* Точечные группы симметрии / Н.А. Поклонский.— Мн.: БГУ, 2003.— 215 с.
2. *Вустер, У.* Применение тензоров и теории групп для описания физических свойств кристаллов / У. Вустер.— М.: Наука, 1977.— 384 с.
3. *Штрайтвольф, Г.* Теория групп в физике твердого тела / Г. Штрайтвольф.— М.: Мир, 1971.— 262 с.
4. *Нокс, Р.* Симметрия в твердом теле / Р. Нокс, А. Голд.— М.: Наука, 1970.— 424 с.
5. *Хамермеш, М.* Теория групп и ее применение к физическим проблемам / М. Хамермеш.— М.: Мир, 1966.— 588 с.
6. *Эллиот, Дж.* Симметрия в физике: В 2 т. / Дж. Эллиот, П. Добер.— М.: Мир, 1983.— Т. 1.— 368 с; Т. 2.— 416 с.
7. *Фларри, Р.* Группы симметрии. Теория и химические приложения / Р. Фларри.— М.: Мир, 1983.— 400 с.
8. *Хохштрассер, Р.* Молекулярные аспекты симметрии / Р. Хохштрассер.— М.: Мир, 1968.— 384 с.
9. *Хеше, В.* Теория групп в квантовой механике / В. Хейне.— М.: ИЛ, 1963.— 523 с.
10. *Петрашень, М.И.* Применение теории групп в квантовой механике / М.И. Петрашень, Е.Д. Трифонов.— М.: Эдиториал УРСС, 2000.— 280 с.

### Дополнительная

1. *Лиопо, В.А.* Сборник задач по структурной физике твердого тела / В.А. Лиопо.— Гродно: ГрГУ, 2001.— 117 с.
2. *Вигнер, Е.* Этюды о симметрии / Е. Вигнер.— М.: Мир, 1971.— 320 с.
3. *Банкер, Ф.* Симметрия молекул и спектроскопия / Ф. Банкер, П. Йенсен.— М.: Мир, 2004.— 768 с.
4. *Буренин, А.В.* Симметрия квантовой внутримолекулярной динамики / А.В. Буренин.— Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2006.— 368 с.
5. *Алексеев, В.Б.* Теорема Абеля в задачах и решениях / В.Б. Алексеев.— М.: МЦНМО, 2001.— 192 с.
6. *Вейль, Г.* Симметрия / Г. Вейль.— М.: Наука, 1968.— 152 с.
7. *Ковриков, А.Б.* Основы теории групп и их представлений / А.Б. Ковриков, А.М. Прима, Д.С. Умрейко.— Мн.: Университетское, 1990.— 144 с.
8. *Пуле, А.* Колебательные спектры и симметрия кристаллов / А. Пуле, Ж.-П. Матье.— М.: Мир, 1973.— 439 с.
9. *Узоры симметрии* / Под ред. М. Сенешаль и Дж. Флека.— М.: Мир, 1980.— 271 с.
10. *Харгиттаи, И.* Симметрия глазами химика / И. Харгиттаи,

- М. Харгиттаи — М.: Мир, 1989.— 496 с.
11. *Шубников, А.В.* Симметрия в науке и искусстве / А.В. Шубников, В.А. Копчик — Москва-Ижевск: НИЦ РХД, 2004.— 560 с.