

**Жаркова Оксана Михайловна**

канд. физ.-мат. наук, доцент

**Парфенова Ирина Анатольевна**

канд. техн. наук, доцент, доцент

**Горбунов Никита Сергеевич**

магистрант

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

г. Краснодар, Краснодарский край

**ЭЛЕКТРОННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ  
ПО СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИМ МЕТОДАМ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ДЛЯ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ФИЗИКЕ  
КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

*Аннотация: современные тенденции в образовании демонстрируют стремительное развитие цифровых обучающих технологий, что особенно значимо для учащихся старших классов. В этом контексте традиционные учебные материалы требуют существенной модернизации с акцентом на междисциплинарный подход. Разработанный авторским коллективом интерактивный образовательный модуль представляет собой инновационное дополнение к учебно-методическому комплексу по физике конденсированного состояния. Данный модуль обладает следующими ключевыми характеристиками: углублённое изучение методов спектрального анализа, практическое освоение экспериментальных методик, пошаговые руководства по проведению эксперимента, наборы экспериментальных данных для анализа.*

**Ключевые слова:** электронный модуль, спектральный анализ, междисциплинарный подход.

**Введение**

Учебно-методические комплексы, реализованные в цифровом формате, представляют особую ценность для старшеклассников, стремящихся к углублён-

ному изучению предмета. В условиях, когда базовый школьный курс естественных наук охватывает лишь фундаментальные аспекты, электронные образовательные ресурсы становятся эффективным инструментом расширения знаний. Современная образовательная парадигма делает акцент не только на усвоении теоретических знаний, но и на формировании практических компетенций учащихся. Особую значимость в этом процессе приобретают лабораторные и практические занятия, особенно в естественнонаучных дисциплинах. Их реализация в цифровом формате представляет особый интерес.

Авторами статьи разработан модуль по спектральному анализу к электронному учебно-методическому комплексу [1] для углублённого изучения специальных разделов физики твёрдого тела. Спектральные методы анализа, обладая значительным познавательным потенциалом, остаются недостаточно представленными в базовой школьной программе. Спектроскопические методы находят широкое применение в различных сферах человеческой деятельности: медицинской диагностике, экологическом мониторинге, криминалистической экспертизе и других областях [2]. Это делает их изучение особенно актуальным.

### Специальный модуль по спектральному анализу

Модуль по спектральному анализу включает в себя шесть разделов. В разделе «Атом и его строение» описаны основные модели атома, состав атома, даны понятия квантовых чисел, а также правила построения электронных конфигураций. В разделе «Электронные спектры» рассматриваются процессы испускания и поглощения света атомами и молекулами при переходах электронов между энергетическими уровнями. Основное содержание включает физические основы взаимодействия электронов с электромагнитным излучением, типы электронных спектров, спектральные серии для атома водорода. Отдельно вынесен раздел «Виды квантовых переходов», в котором дана классификация переходов по механизму взаимодействия (излучательные и безызлучательные) и по изменению состояния (электронные, колебательные и вращательные). В разделах «Регистрация спектров поглощения» и «Регистрация спектров флуоресценции» подробно описаны все аспекты записи спектров, включая описание экспериментальных

2 <https://phsreda.com>

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

установок, подготовки образцов, расчета концентраций, а также особенностей самой регистрации, таких как подбор концентрации, запись опорного спектра, задание длины волны возбуждения и т. д. В последнем разделе описаны методы молекулярной механики и молекулярной динамики, а также дана инструкция работы этих методов в программах ChemOffice (ChemDraw, Chem3D) и HyperChem. Это эмпирические методы, используемые для расчета устойчивой геометрической структуры молекулы и анализа ее возможных конформаций.

Представленные разделы составляют теоретическую базу модуля, необходимую для углубленного изучения материала учащимся. Также в модуле приводится список необходимой литературы с интерактивными ссылками. В разделе «Проверь себя» учащимся предлагается пройти тест.

Чтобы не только расширить теоретические знания учащихся, но и наглядно показать практическую значимость спектрального анализа, модуль включает задания, имитирующие практические и лабораторные работы.

В блоке с практическими заданиями учащимся предлагается решить ряд несложных практических задач (рис. 1). Также в данном блоке приведены примеры решения подобных задач с подробным разбором.

#### **Первый уровень**

##### **Задача 1.**

Напишите электронную конфигурацию для:  
 а) Азота (N, Z=7)  
 б) Кальция (Ca, Z=20)  
 в) Хлора (Cl, Z=17)

##### **Задача 2.**

Определите, сколько электронов находится на внешнем энергетическом уровне у:  
 а) Кислорода (O)  
 б) Натрия (Na)  
 в) Аргона (Ar)

#### **Второй уровень**

##### **Задача 1.**

Объясните, почему у хрома (Cr, Z=24) и меди (Cu, Z=29) наблюдается "провал" электрона с 4s на 3d- подуровень. Запишите их конфигурации.

##### **Задача 2.**

Напишите конфигурации для ионов:  
 а) Fe<sup>2+</sup> (железо)  
 б) S<sup>2-</sup> (серы)  
 в) Al<sup>3+</sup> (алюминий)

Рис. 1. Примеры практических задач по разделу «Атом и его строение»

Для учащихся предусмотрены отдельные задания в программах ChemDraw, Chem3D комплекса ChemOffice (рис. 2) и HyperChem.

**Задание 1.**

- Постройте модель молекулы воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ).
- Измерьте длину связей О-Н и угол Н-О-Н.
- Сравните полученные значения с теоретическими (длина связи  $\sim 0.96 \text{ \AA}$ , угол  $\sim 104.5^\circ$ ).

**Задание 2.**

- Создайте модель метана ( $\text{CH}_4$ ).
- Визуализируйте тетраэдрическую геометрию.
- Определите угол между связями С-Н.

**Задание 3.**

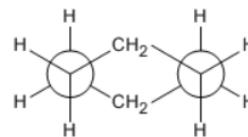
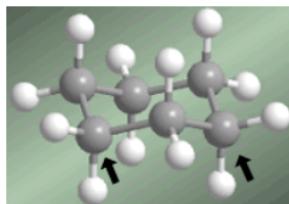
- Постройте модель этилена ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ).
- Проведите оптимизацию геометрии (MM2).
- Сравните длину двойной связи С=С до и после оптимизации.

**Задание 4.**

- Смоделируйте конформации циклогексана (кресло и лодочка). [описание конформаций](#)
- Рассчитайте их энергию и определите наиболее стабильную форму.

**Описание конформаций**

Наиболее стабильной конформацией циклогексана является форма *кресла*. При валентных углах  $111^\circ$  кресло почти не подвержено угловому напряжению.



Менее стабильной конформацией циклогексана является *лодочка*. В этой конформации углы близки к тетраэдрическому расположению, а угловая деформация минимальна.

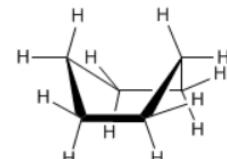
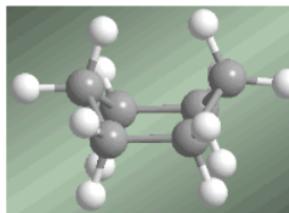


Рис. 2. Примеры заданий в программах комплекса ChemOffice

Блок с лабораторными занятиями включает несколько лабораторных работ, которые представлены в двух вариантах реализации. Для групп, имеющих спектральное оборудование (например, под руководством преподавателя), предлагается полная экспериментальная процедура: от приготовления растворов до самостоятельного получения и анализа спектров. Для учащихся без доступа к приборам предусмотрена упрощенная версия с готовыми спектрами для изучения и обработки. При переходе к блоку с лабораторными работами, пользователь самостоятельно выбирает необходимый вариант реализации.

В целях доступности химического эксперимента лабораторный практикум разработан на основе распространенных лекарственных средств: воды, аспирина, парацетамола и цитрамона [3; 4]. Последний особенно интересен как комплексный объект исследования, поскольку содержит три активных компонента (аспирин, парацетамол и кофеин), что позволяет изучать многокомпонентные системы.

В рамках модуля предусмотрены лабораторные работы, связанные со спектральным анализом проб воды из разных источников, анализом спектров поглощения ацетилсалициловой кислоты в водно-спиртовых растворах, а также спектров поглощения ацетилсалициловой кислоты, парацетамола и цитрамона в растворах разной полярности.

### Заключение

Модуль представляет собой общедоступный образовательный ресурс, предназначенный для использования как педагогами в учебном процессе, так и учащимися в целях самостоятельного углубления знаний. Ключевая особенность модуля заключается в его междисциплинарном характере – он интегрирует знания из физики и химии, одновременно формируя у учащихся базовые экспериментальные навыки. Сегодня в модуль включены лабораторные работы только по спектрам поглощения. Включение лабораторных работ с регистрацией спектров флуоресценции – дальнейшая работа авторов.

### *Список литературы*

1. Алексеев Г.В. Основы разработки электронных учебных изданий: учебно-методическое пособие / Г.В. Алексеев, И.И. Бриденко. – СПб.: Лань, 2019. – 144 с.
2. Якимова И.Д. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: лабораторный практикум / И.Д. Якимова. – Пермь: Пермский гос. аграрно-технол. унив., 2024. – 197 с. EDN PNAXYP
3. Цокова Т.Н. Определение концентрации лекарственного препарата в трехкомпонентной смеси методом дифференцирования спектров поглощения / Т.Н. Цокова, Л.И. Котлова, С.Д. Захаров [и др.] // Университетская медицина Урала. – 2020. – №2. – С. 59–61. EDN ZUPIFM
4. Цокова Т.Н. Определение концентрации лекарственных смесей, содержащих пропиленазон, парацетамол, кофеин методом Фирордота / Т.Н. Цокова, Л.И. Котлова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – №4. – С. 76–81. EDN OIPACH