

РАЗВИТИЕ У СТУДЕНТОВ-ХИМИКОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СТЕРЕОИЗОМЕРАХ СРЕДСТВАМИ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО КЛАССА

С.О. Пустовит, канд. пед. наук, доцент

Р.А. Гаранин, канд. биол. наук

В.М. Ларионова, канд. хим. наук, доцент

А.Е. Князев, студент

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского
(Россия, г. Калуга)

DOI:10.24412/2500-1000-2026-5-1-104-110

Аннотация. В публикации представлены отдельные методические приёмы развития у студентов-химиков представлений о стереоизомерах при освоении дисциплины «Химический синтез». На примере проведения индивидуальных занятий рассматриваются возможности современных средств голографического класса при решении ситуационной задачи. Показаны особенности сочетания различных средств обучения (знаково-символических, материальных и цифровых моделей), обеспечивающих визуальную основу познавательной деятельности обучающихся.

Ключевые слова: пространственное строение; стереоизомеры; химический синтез; 3D-моделирование; дидактические средства обучения; 3D-объекты; ситуационные задачи.

В Калужской области происходит активное развитие и расширение географии фармацевтического кластера, нацеленного за обеспечение отечественного рынка доступной отечественной продукцией. Отдельные предприятия не только производят изготовление различных форм лекарственных средств, но и осуществляют целенаправленные исследования, связанные с разработкой и внедрением в производство новых активных фармацевтических субстанций. В данных видах деятельности задействованы специалисты различных специальностей, в том числе, востребованы выпускники направления подготовки «Химия».

Известно, что ряд веществ одинакового химического состава благодаря особенностям их пространственного строения могут существовать в форме пар оптических изомеров [1]. Их физиологическая активность может отличаться или быть противоположной, что обусловлено различиями в механизмах действия данных веществ на ферменты и соответствующие рецепторы в организме человека. Поэтому контроль качества таких препаратов предполагает проведение химического анализа рацемических смесей с целью установления химического состава соответствующей фармацевтической продукции [2].

Формированию у студентов-химиков фундаментальных представлений о стереоизоме-

рах, необходимых для их будущей профессиональной детальной в области фармацевтической химии и соответствующего производства, способствует решение ситуационных задач. Значительный вклад в профессиональную подготовку обучающихся в данном отношении вносит дисциплина «Химический синтез». При её освоении речь идёт о развитии у студентов системы знаний и умений оценивать факторы, которые влияют на возможность получения вещества-продукта реакции из исходных веществ с учётом конкретных условий.

В свою очередь, мысленный эксперимент, выполняемый через манипуляции с трёхмерными объектами – оптическими изомерами – требует от студентов-химиков применения хорошо развитого воображения, что вызывает сложности у большинства обучающихся. На наш взгляд, необходимые дидактические средства обеспечивает материально-техническая база голографического класса [3]. Возможности специализированного оборудования позволяют сочетать в учебном процессе мысленные и материальные (шаростержневые) модели стереоизомеров с их 3D-моделированием средствами компьютерных программ [4-6].

В связи с этим в данной публикации представлены результаты поискового этапа педагогического эксперимента по исследованию

проблемы актуализации методов и средств обучения, применяемых при формировании абстрактных понятий химии, на основе технологий виртуальной реальности.

Целью исследования является научно-методический поиск способов сочетания «классических» дидактических средств с ресурсами голографического класса. Задачи поискового этапа исследований: определение возможностей применения трёхмерных объектов при формировании понятия «стереоизомеры»; организация познавательной деятельности студентов с использованием виртуальных моделей.

Современное состояние проблемы исследования стереоизомеров

Вопросам исследования особенностей строения и свойств стереоизомеров в химических исследованиях уделяется особое внимание, с одной стороны, связанное с различием физиологического действия данных соединений, с другой стороны, обусловленное необходимостью решения задач производства. Одним из наглядных примеров является химический синтез действующего вещества лекарственного препарата – ибупрофена. Для его изготовления в фармацевтической отрасли промышленности применяют S-(+)-энантиомер ибупрофена, который проявляет необходимое терапевтическое действие. В то же время его R-(-)-энантиомер, напротив, может вызывать у человека развитие ряда побочных эффектов [2]. Другим примером достижения отечественной науки является увеличение времени действия инсулина через замену в его молекуле L-аминокислотных остатков соответствующими D-оптическими изомерами, что важно при лечении сахарного диабета [7].

Оптические изомеры, применяемые для изготовления лекарственных препаратов, в основном получают средствами биотехнологий и стереоселективным синтезом. Например, основным способом получения L-аланина является ферментативное декарбоксилирование L-аспартата с применением L-аспартатдекарбоксилазы микробиологического происхождения [8].

На современном этапе развития науки и технологий химический синтез большинства соединений, которые могут существовать в форме энантиомеров, сопровождается образо-

ванием их смеси в составе продуктов реакций [1]. Поэтому одновременно с поиском новых возможностей синтеза определённых оптических изомеров важным направлением развития науки и технологий является потребность в совершенствовании способов выделения необходимого вещества на основе современных физико-химических методов.

Для разделения стереоизомеров с целью их дальнейшего использования в фармацевтическом производстве чаще всего применяют методы хроматографии, которым посвящён целый ряд научных публикаций и патентов, касающихся конкретных пар оптических изомеров [9-10]. Например, для выделения и идентификации изомеров 2-бутанола колонки заполняют хиральными пористыми координационными полимерами [11].

Таким образом, разработка новых и совершенствование применяемых в медицинской практике лекарственных средств основаны на установлении избирательного физиологического действия оптических изомеров на организм человека, что стимулирует исследования, посвящённые вопросам химического синтеза и более эффективного разделения энантиомеров. В результате потребности в повышении эффективности фармацевтического производства находят отражение в подготовке выпускников в форме актуализации содержания, методов и дидактических средств, применяемых при освоении химических дисциплин.

Материалы и методы исследования

В исследовании применялись средства виртуальной реальности в составе голографического класса производителя «NettleDesk», установленные в Институте естествознания Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского, которые включают персональные компьютеры со специализированным обеспечением и очки для создания стереоэффекта. Компьютеры подключены к сети интернет. На них установлены бесплатно распространяемые программы для выполнения 3D-моделирования: «ChemSketch» и «Blender».

В подготовительном этапе эксперимента участвовал 21 студент 3 курса направления подготовки «Химия». Индивидуальные задания, предполагающие создание и просмотр «готовых» трёхмерных объектов, обучающие-

ся выполняли на индивидуальных занятиях по учебной дисциплине «Химический синтез».

Перед выполнением индивидуальных заданий студентам было предложено привести примеры объектов, наиболее доступных для изучения и которые проявляют оптическую активность, а также способов доказательства наличия у них данных свойств. В результате обучающиеся приводили шаблонные примеры соединений и аналогий, приведённых в учебниках по органической химии. Ответы демонстрировали формальность и «заученность» описаний без глубины понимания пространственных аспектов вопроса.

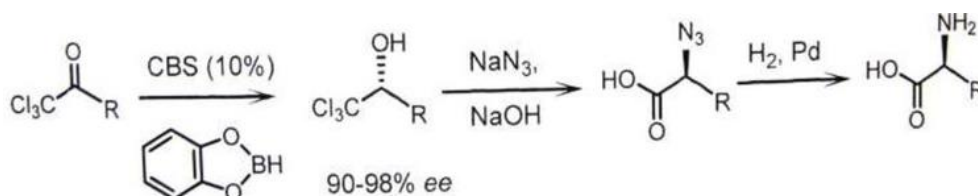
Для выявления изменений в системе представлений студентов о стереоизомерах в результате применения средств голографического класса применялись методы наблюдения за познавательной деятельностью и беседы после проведения занятия.

Организация поискового этапа педагогического эксперимента

С точки зрения методики обучения химии интересным объектом изучения в образовательном процессе является обращение студентов к вопросам исследования оптических изомеров аминокислот. Данные соединения представляют собой учебные модели, доступные как по особенностям описания строения,

свойств и физиологического действия, так и по фактическому наличию указанных веществ, доступных для эксперимента, в химических лабораториях. Поэтому на их примере рассмотрим некоторые приёмы развития представлений студентов об оптических изомерах при решении ситуационной задачи на индивидуальном занятии по дисциплине «Химический синтез». Приведём содержание индивидуального задания, выполняемого студентами по теме «Стереоселективный синтез аминокислот».

Задание. Большинство хиральных биологически активных соединений, в том числе, аминокислоты существуют в виде оптических изомеров – энантиомеров. Обычно энантиомеры одного и того же соединения проявляют разную биологическую активность, что следует учитывать при изготовлении лекарственных препаратов. Например, некоторые пищевые добавки содержат свободные L-аминокислоты. Для их получения применяют микробиологический синтез с дальнейшим выделением веществ из питательной смеси. Другим способом является стереоселективный синтез. Например, аминокислоты получают методом Ицуно-Кори по следующей схеме (асимметрическое восстановление кетон с использованием катализатора CBS [1]):



Охарактеризуйте особенности химического синтеза аминокислоты в соответствии с данным методом синтеза. Для этого решите следующие задачи.

Задача 1. Кратко охарактеризуйте особенности химического строения, свойств и физиологического действия оптических изомеров: а) аланина; б) серина; в) цистеина (задание выполняется студентами по вариантам). Сравните их по критериям, которые определите при помощи искусственного интеллекта (ИИ). Для этого воспользуйтесь возможностями ИИ «GigaChat» (или другим). В поисковой строке введите ПРОМТ (запрос), который включает следующие компоненты: «роль + описание задания + форма ответа». Пример промпта: «Ты

студент. Сравни особенности строения, свойств и физиологического действия энантиомеров – L-ала и D-ала. Для этого сформулируй 10-12 критериев. Ответ представь в форме таблицы. Общее количество слов в ответе – не более 100».

Предлагаем студентам скорректировать промпт и содержание таблицы, созданной ИИ (табл. 1 – на примере аланина). Для этого обучающиеся отбирают характеристики, наиболее значимые для использования изомеров аминокислоты при изготовлении фармацевтической продукции и делают вывод о зависимости физиологического действия стереоизомера от его пространственного строения.

Таблица 1. Особенности строения, свойств и физиологического действия оптических изомеров аланина: ответ ИИ GigaChat»

№ п/п	Критерий	L-аланин	D-аланин
1	Пространственная конфигурация.	L (S).	D (R).
2	Биосинтез в организме человека.	Да.	Нет.
3	Участие в метаболизме.	Субстрат ферментов.	Не является субстратом в организме человека.
4	Физиологическая роль.	Строительная и энергетическая функции.	Не проявляет.
5	Токсичность.	Не токсичен.	Низкая токсичность.
6	Вкус.	Сладкий.	Горький.
7	Рацемизация.	Основной компонент белков.	Образуется при старении организма.
8	Применение в промышленности.	Пищевая добавка, лекарства.	Антибиотики, научные исследования.
9	Распространённость в природе.	Преобладает в природе у большинства организмов.	Встречается у бактерий и некоторых других организмов.

Задача 2. Уточните пространственное расположение заместителей у хирального атома углерода в энантиомерах аланина. С данной целью сделайте следующее:

1. Создайте шаростержневую модель одного из энантиомеров, используя пластиковый набор шаров и стержней.

2. Изготовьте зеркальную копию второго энантиомера.

3. Определите конфигурацию обеих молекул, сравнив их с эталоном (глицеральдегидом) (рис. 1).

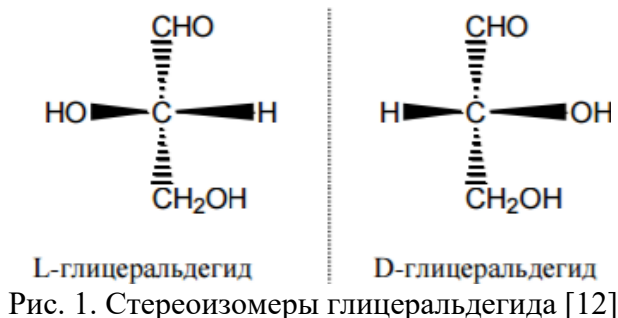


Рис. 2. Сборка шаростержневых моделей оптических изомеров аланина

Студенты собирают модели, используя изображения молекул, найденных самостоятельно в Интернете. Вторая модель дублирует первую с последующим взаимным обменом

двух радикалом при ассиметрическом атоме углерода.

Задача 3. Опишите особенности химического синтеза энантиомера аланина, который

может усваиваться живым организмом. Для этого выполните следующее:

1. Напишите уравнения химических реакций, которые составляют основу химического синтеза вещества.

2. Составьте схему превращений, используя программу «ChemSketch» [13].

Студенты работают с функционалом программы «ChemSketch», которая доступна для

бесплатной установки и имеет интуитивный интерфейс. Сначала обучающиеся создают 2D- и 3D-модели L-аланина как вещества (рис. 3), подвергающегося метаболизму в организме человека, затем – уравнения реакций в соответствии с этапами его стереоселективного химического синтеза по методу Ицуно-Кори.

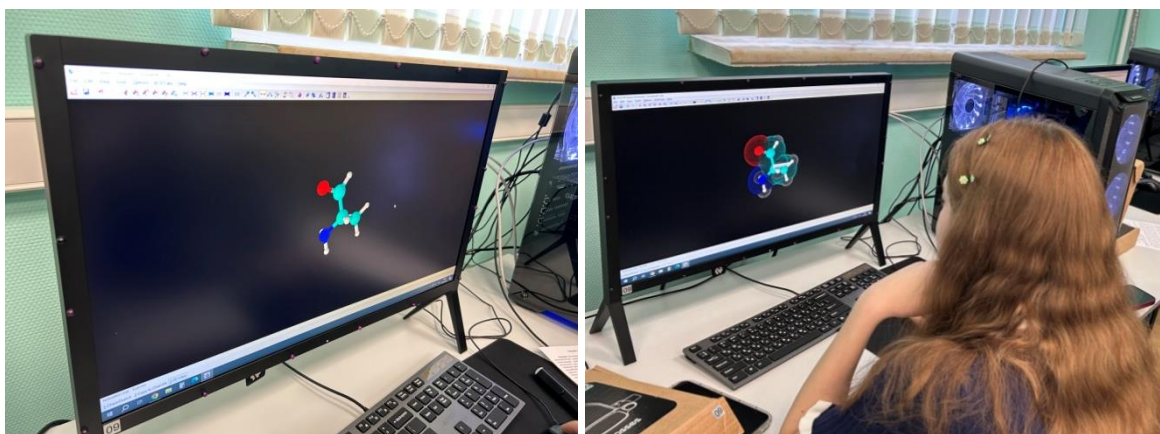


Рис. 3. 3D-модель L-аланина в программе «ChemSketch»

Задача 4. Изучите особенности пространственного строения энантимеров аланина. Выполните следующее:

1. Средствами программы «Blender», используя инструкцию с сочетанием клавиш клавиатуры, создайте трёхмерную модель молекул энантимеров [14-15].

2. Попробуйте совместить обе виртуальные модели.

Используя сочетание клавиш [14-15], студенты создают 3D-модели оптических изомеров в программе «Blender», а затем выявляют наличие артефактов (дефектов) в «готовых» моделях молекул при просмотре с помощью специализированных очков (рис. 4).

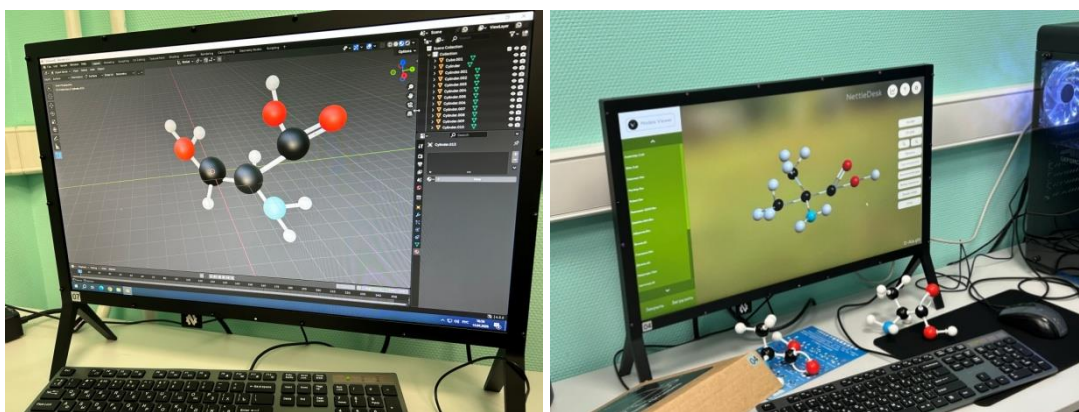


Рис. 4. 3D-моделирование в программе «Blender» и демонстрация «готовых» моделей в голографической системе класса

Попытки совмещения 3D-моделей оптических изомеров в программе «Blender» позволило студентам убедиться в невозможности их взаимного «наложения» друг на друга. В отличие от шаростержневых моделей исполь-

зование виртуальных образов позволяет совместить трёхмерные объекты, что оказывается убедительным подтверждением принципиальных различий в пространственном строении молекул.

В результате проведённого нами наблюдения за работой студентов на индивидуальном занятии было выявлено повышение познавательного интереса к вопросам, касающимся особенностей строения и свойств стереоизомеров, в связи с чем внимание обучающихся активировалось на зависимостях свойств от строения молекул энантиомеров. Работа обучающихся с шаростержневыми моделями молекул способствовала расширению понятия «стереоизомеры» на примере наглядной демонстрации асимметрии. Попытки наложения их виртуальных объектов средствами компьютерных программ, обеспеченных ресурсами голографического класса, убедительно подтверждали принципиальность в отличиях свойств молекул.

Индивидуальная беседа с данными студентами также подтвердила эффективность применения метода 3D-моделирования для понимания явления оптической изомерии и её влияния на свойства соответствующих веществ. В связи с перспективами дальнейшего использования ресурсов голографического класса планируется продолжение поиска новых методических приёмов сочетания материальных и виртуальных моделей молекул для решения различных образовательных задач.

Библиографический список

1. Колтунов К.Ю. Энантиоселективный синтез органических соединений: учебное пособие. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2010. – 41 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://orgchem.nsu.ru/lit/enant.pdf>.
2. Оптические изомеры ибупрофена. Часть 1. Методы определения концентрации оптических изомеров и рацемата ибупрофена / И.Ю. Широкова, В.И. Кучук, М.А. Радин, А.Ф. Габдулхакова // Бутлеровские сообщения. – 2025. – Т. 82, № 6. – С. 128-136. – DOI 10.37952/ROI-jbc-01/25-82-6-128.
3. Голографический класс NettleDesk. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nettledesk.ru>.
4. Апольских Е.И. 3D-моделирование в образовании / Е.И. Апольских, Е.В. Лобанцова // Педагогическое образование на Алтае. – 2014. – № 1. – С. 117-119.
5. Кувшинов С.В. 3D в образовании: восторженные ожидания и реальные тревоги / С.В. Кувшинов // Мир техники кино. – 2012. – Т. 6, № 2(24). – С. 7-10.
6. Шаманова Х.Х. Интерактивные технологии как средство реализации личностно-ориентированного подхода в обучении / Х.Х. Шаманова, Е.М. Вишневская // Проблемы современного педагогического образования. – 2019. – № 62-4. – С. 244-246.
7. Увеличение времени действия пептидомиметика инсулина путем замены L-аминокислотных остатков их D-оптическими изомерами / Д.Л. Маслов, П.Г. Лохов, О.Ю. Абакумова [и др.] // Вопросы медицинской химии. – 2002. – Т. 48, № 1. – С. 103-153.
8. Биотехнологические способы получения оптических изомеров аланина / Г.П. Алебян, А.А. Амбарцумян, А.О. Папоян [и др.] // Биотехнология. – 2008. – № 1. – С. 29-45.
9. Патент № 2348455 С2 Российская Федерация, МПК В01J 20/29, В01J 20/283. Сорбент для хроматографии оптических изомеров и способ его получения: № 2006135760/15: заявл.

Заключение

1. Востребованность стереоселективного химического синтеза веществ, применяемого в фармацевтической промышленности, находит отражение в содержании, методах и средствах обучения выпускников различных специальностей и направлений подготовки, включая студентов-химиков, по отдельным химическим дисциплинам.

2. Средства голографического класса позволяют создавать условия для формирования у студентов представлений о стереоизомерах, которые являются абстрактными и сложными для восприятия, требуют определённого развития мышления и воображения. Поэтому 3D-моделирование и просмотр «готовых» моделей в голографической системе обеспечивает визуальную поддержку познавательной деятельности обучающихся при изучении особенностей пространственного строения данных соединений.

3. Поисковый этап педагогического эксперимента позволил предположить наличие потенциальных возможностей совершенствования методов и средств обучения в отношении формирования абстрактных представлений на основе их визуализации на базе голографического класса.

10.10.2006: опублик. 10.03.2009 / С.М. Староверов, М.А. Кузнецов, И.Ю. Сахаров [и др.]; заявитель Закрытое акционерное общество «БиоХимМак СТ», Институт биохимии имени А.Н. Баха Российской академии наук.

10. Решетова Е.Н. Получение эффективных лекарственных форм методом хроматографического разделения оптических изомеров / Е.Н. Решетова // Вестник Пермского научного центра УрО РАН. – 2011. – № 4. – С. 25-34.

11. Сорбция и разделение оптических изомеров 2-бутанола хиральными пористыми координационными полимерами / Ю.А. Сацкая, Н.П. Комарова, К.С. Гавриленко [и др.] // Теоретическая и экспериментальная химия. – 2015. – Т. 51, № 1. – С. 41-48.

12. Стереохимические основы строения молекул органических соединений. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vmede.org/sait/?page=8&id=Bioorganicheskaja_himija_tykavkina_2010&.

13. ChemSketch. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chemsketch.ru/download.it/>.

14. Шапошникова, С. Введение в Blender-курс. Мая 2024. – 100 с. [Учебное пособие]. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://younglinux.info/blender/course>.

15. Blender 5.0. Reference Manual. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/index.html>.

THE DEVELOPMENT OF CHEMICAL STUDENTS' IDEAS ABOUT STEREOISOMERS BY MEANS OF A HOLOGRAPHIC CLASSROOM

S.O. Pustovit, *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

R.A. Garanin, *Candidate of Biological Sciences*

V.M. Larionova, *Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor*

A.K. Evgenievich, *Student*

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky
(Russia, Kaluga)

Abstract. *The publication presents some methodological techniques for the development of chemical students' ideas about stereoisomers when mastering the discipline "Chemical Synthesis" by chemical students. Using the example of individual classes, the possibilities of modern holographic classroom tools in solving a situational problem are considered. The features of the combination of various learning tools (symbolic, material, and digital models) that provide a visual basis for students' cognitive activity are shown.*

Keywords: *spatial structure; stereoisomers; chemical synthesis; 3D modeling; didactic learning tools; 3D objects; situational tasks.*