

УДК 168.521+ 373.5

**РЕАЛИЗАЦИЯ КОГНИТИВНО-ВИЗУАЛЬНОГО ПОДХОДА ПРИ  
ИЗУЧЕНИИ ПРИНЦИПОВ ОПТИМАЛЬНОСТИ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ**

**Мунина Т. Е.,**

*ГАПОУ СО «Саратовский областной базовый медицинский колледж»*

*Российская Федерация, Саратовская область, г. Саратов*

*Email: [tat1717@yandex.ru](mailto:tat1717@yandex.ru)*

**Коробко В. В.,**

*ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»*

*Российская Федерация, Саратовская область, г. Саратов*

*Email: [v.v.korobko@mail.ru](mailto:v.v.korobko@mail.ru)*

**REALISATION OF CONGNITIVE-VISUAL APPROACH IN THE RESEARCH  
OF PRINCIPLES OF OPTIMALITY IN NATURAL SCIENCE**

**Munina T.E.,**

*SAPEI SB «Saratov Regional Basic Medical College»*

*Saratov Region, Saratov, Russian Federation*

*Email: [tat1717@yandex.ru](mailto:tat1717@yandex.ru)*

**Korobko V. V.,**

*FSBEI HE «Saratov National Research State University named after N. G. Chernyshevsky»*

*Saratov Region, Saratov, Russian Federation*

*Email: [v.v.korobko@mail.ru](mailto:v.v.korobko@mail.ru)*

**Аннотация.** *Представлена методическая разработка занятия по теме «Принципы оптимальности в природе» с использованием 3D-моделей, демонстрирующих образование, строение и свойства минимальных поверхностей. Эффективность данного подхода обусловлена доступной подачей учебного*

материала, основанной на сочетании визуальных образов, текста, устного пояснения преподавателя. Применение когнитивно-визуального подхода способствует более глубокому пониманию материала, развитию образного мышления учащихся, формированию навыков применения теоретических знаний на практике, реализации творческого потенциала.

**Ключевые слова:** естествознание, принцип оптимальности, визуализация, наглядность, 3D-модели, когнитивно-визуальный подход, принцип оптимальности в биологии.

**Abstract.** Presenting a methodological development of a lesson on the topic «Principles of optimality in nature» using 3D models demonstrating the formation, structure and properties of minimal surfaces. The effectiveness of this approach is due to the accessible presentation of educational material, based on a combination of visual images, text, and oral explanation of the teacher. The use of a cognitive-visual approach contributes to a deeper understanding of the material, the development of students' imaginative thinking, the formation of skills in applying theoretical knowledge in practice, and the realization of creative potential.

**Key words:** natural science, optimality principle, visualisation, visibility, 3D-models, cognitive-visual approach.

В современную эпоху интеграции всех форм человеческой деятельности, которая носит глобальный характер, в научном сообществе велик интерес к принципам и факторам оптимизации. Это обусловлено тем, что сущность оптимизации, лежащей в основе развития природы, заключается в стремлении получить максимальный положительный адаптивный результат с минимальными энергетическими и пластическими затратами [2].

Одной из задач современного школьного образования является формирование научного мировоззрения у учащихся, что невозможно без изучения междисциплинарных естественнонаучных идей, отражающих современные представления о природе с целью построения концептуального каркаса целостной

естественно-научной картины мира [3].

Интенсивность апперцепции новых знаний и последующее применение их на практике невозможно без использования дидактического принципа наглядности, который является одним из основополагающих в образовательном процессе [4]. Когнитивно-визуальный подход в обучении базируется на использовании визуального мышления обучающихся и предполагает интеграцию новых знаний с уже имеющимися [1, 5]. Эффективность данного подхода обусловлена интеллектуальной доступностью подачи учебного материала, а именно сочетанием визуальных образов, текста, устного пояснения преподавателя и использование современных интерактивных технологий. Такой подход также способствует развитию образного мышления учащихся, формированию навыков применения теоретических знаний на практике, реализации творческого потенциала учащихся.

Развитие науки и техники предоставляет новые возможности для совершенствования и использования современных наглядных средств обучения. Интерактивные технологии стали неотъемлемой частью учебного процесса. С развитием и повышением доступности 3D-печати расширились возможности создания трёхмерных моделей – важного средства для передачи информации, которые могут значительно повысить качество обучения [7].

В качестве наглядных материалов для изучения принципов оптимальности нами подобраны и напечатаны при помощи 3D-принтера Creality Ender-3 V3 SE 3D-модели, а именно: гироид, состоящий из не-скольких блоков, и контуры для образования катиноида, геликоида, гироида (автор моделей Segerman Н. [8]), два куба, отличающиеся заполнением (сплошное и гироидное) [10], и куб, не имеющий одной грани, для демонстрации внутреннего – гироидного - заполнения.

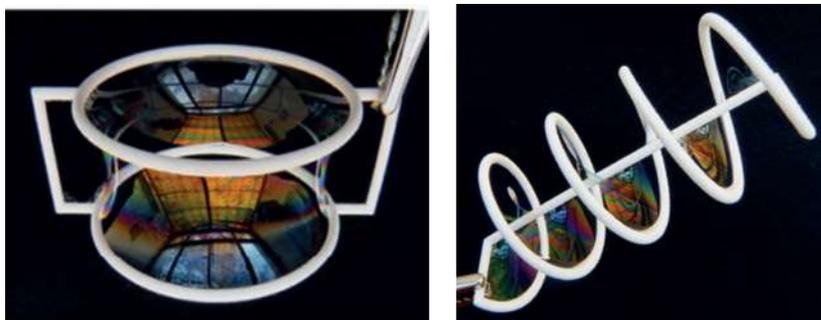
Для формирования представлений о значимости изучения принципов оптимальности в современной науке, занятие мы рекомендуем начинать с экскурса в историю естествознания. Знакомство с учебным материалом можно начать

с задачи Дидоны («Какую наибольшую площадь можно окружить кривой заданной длины?»), считающейся исторически первой вариационной задачей и связанной с легендой об основании Карфагена. Так как формирование целостной естественно-научной картины мира является одной из задач обучения, важно применять междисциплинарный подход, подчеркивая всеобщий характер фундаментальных законов природы и структурно-функциональную специфику каждого уровня организации материи. Поэтому начать изучение принципов оптимальности следует с общих понятий «оптимальность», «оптимизация» и изучения основных принципов оптимальности в физике - принципа наименьшего времени Ферма, принципа наименьшего действия Мопертьюи, принципа наименьшего действия Гамильтона. Ознакомить учащихся с различными точками зрения ученых на корректность и целесообразность применения принципов оптимальности к живой материи [6].

Применение принципов оптимальности в биологии в первую очередь реализуется в принципах оптимальной конструкции, сформулированной N. Rashevsky, и принципе оптимизации функций, разработанной его учеником P. Розеном [6]. При изучении материала мы акцентируем внимание на понятии «минимальной поверхности», впервые изученной Лагранжем и получившей дальнейшее развитие в законах, сформулированных Ж.Плато (1901-1883 гг). Для визуализации законов Плато можно показать фрагмент видео или наглядно продемонстрировать этот принцип, предоставив учащимся одноконтурную рамку для надувания мыльных пузырей и мыльный раствор. Нужно поставить вопрос о причине самопроизвольного сокращения площади поверхности мыльной пленки. Задавая наводящие вопросы в ходе беседы выяснить, как этот процесс связан с изменениями потенциальной энергии в системе и с реализацией второго закона термодинамики. В процессе объяснения следует делать акцент на тот факт, что любая физическая система стремится минимизировать свою энергию. Поскольку потенциальная энергия мыльной пленки запасается в поверхностном натяжении (чем больше площадь поверхности, тем больше ее

энергия), пленка стремится обладать геометрией с минимальной площадью поверхности. В результате такой оптимизации формируются устойчивые конструкции, особенности которых отражены в законах Ж. Плато.

Используя мыльный раствор и модель для демонстрации катеноида (которую можно заменить двумя замкнутыми контурами), при помощи студентов продемонстрировать образование катеноида как примера минимальной поверхности (рис.1). Используя 3D-модель, показать формирование минимальной поверхности в форме спирали – геликоид, предложить вспомнить примеры таких конструкций в технике и природе.



*Рис.1. Модели контуров для образования катеноида (слева) и геликоида (справа); автор моделей Segerman H. [9]*

Особое внимание следует уделить периодическим минимальным поверхностям, которые состоят из повторяющихся элементов с минимально возможной площадью – гироидам (рис.2). Для того, чтобы студентам было легче представить как образована поверхность гироида, рекомендуется использовать короткие фрагменты видео, а также продемонстрировать не только 3D-модель самого гироида, но и контурную рамку для формирования поверхности этой сложной геометрической конструкции. Если позволяют условия проведения занятия, можно использовать мыльный раствор, налитый в прозрачный стеклянный стакан, для демонстрации формирования минимальной поверхности мыльной пленки на контуре.

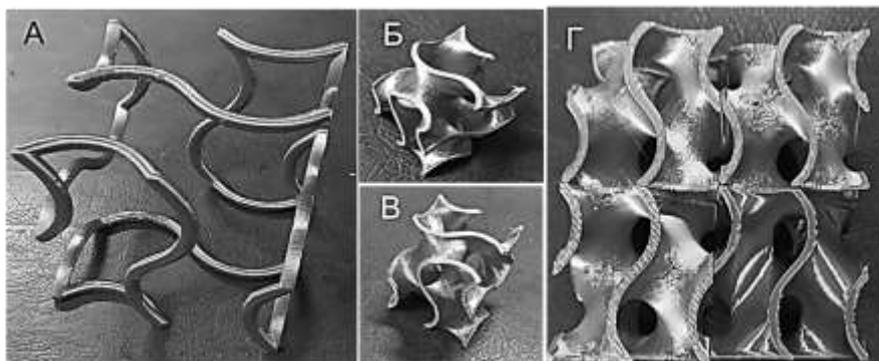


Рисунок 2. Модели контура образования гироида (А) и гироида (Б,В), гироида, состоящего из четырех модулей (Г) (фото авторов)

Использованная нами 3D-модель гироида [8] является разборной и состоит из модулей, что способствует пониманию сложной пространственной организации этой конструкции как бесконечных, трижды периодических (с периодичностью вдоль трех осей) структур.

Подчеркивая единство структуры и функции, характерное природным объектам, следует обсудить со студентами преимущества такой конструкции для функционирования систем. В качестве наглядного пособия можно предложить два одинаковых по размеру кубика, напечатанных на 3D-принтере [10] из одинакового филамента, один из которых выполнен из цельной пластмассы, а тип заполнения другого – гироидная решетка (рис. 3). Для подтверждения типа заполнения второго кубика мы изготовили аналогичную модель, но без одной грани. Следует обратить внимание на вес (при технической возможности можно провести взвешивание объектов) моделей и их прочность.



Рис.3. Кубики с полным заполнением (справа) и с гироидным заполнением (в центре и слева-в разрезе)

Важным аспектом изучения темы является знакомство с природными объектами, в конструкции которых реализуется принцип минимальных поверхностей, и возможность применения таких конструкций в науке и технике.

Учащиеся, опираясь на знания особенностей структурно-функциональной организации биологических организмов, могут самостоятельно привести примеры оптимизации поверхности и оценить преимущества такого конструктивного решения для их функционирования. Если учащиеся затрудняются при выполнении этого задания, преподаватель знакомит их с некоторыми примерами при помощи демонстрации слайдов, и предлагает объяснить целесообразность таких пространственных форм, используя принципы оптимальности конструкции и функционирования. В качестве примеров следует привести в первую очередь особенности организации внутриклеточных систем, форму клеток крови-эритроцитов, строение крыльев бабочек *Callophrys rubi*, окраска которых обусловлена не пигментами, а особенностям преломления света гироидными структурами и т.д.

Рассмотрев конкретные примеры природных объектов, в конструкции которых реализуется принцип минимальных поверхностей, и их функциональную значимость, следует обсудить перспективы использования принципа минимальных поверхностей в науке и технике, обращая внимание на уже существующие технические решения, применяющие эти принципы, и на задачи, которые ставят ученые в данной области. Например, при изучении применения гироидных структур следует рассказать о создании ортопедических имплантов, теплообменников, потребительских товаров (обувь, элементы спортивного инвентаря и т.п.).

Для закрепления изученного материала в качестве самостоятельной работы можно предложить учащимся задание по разработке школьного исследовательского проекта на тему «Принцип оптимальной конструкции в биологических системах» или «Использование принципа оптимальной конструкции в науке и технике».

Рассмотренный на наглядных примерах принцип оптимальной конструкции в сочетании с объяснением функциональной значимости таких конструктивных решений в окружающем нас мире, способствует более глубокому пониманию природы, как целостной самоорганизующейся системы, позволяет более полно изучить ряд вопросов, связанных с организацией и развитием живой материи. Представленная методическая разработка, как и изготовленные пособия, будут использованы при проведении аудиторных занятий по дисциплинам, предполагающим изучение данной темы, на факультативных занятиях, для учебных мероприятий, предполагающих использование междисциплинарного подхода.

*Список использованных источников*

1. Бабичева И.В. Реализация когнитивно-визуального подхода к обучению математике с использованием scorm-технологий // Вестник СИБИТа. - 2020. - №2 (34). – С.5-15.
2. Бароненко В.А., Белоусова С.И. Принципы и факторы оптимизации адаптивных систем. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 120 с.
3. Коробко В.В. Естественно-научная картина мира. - Саратов: Изд-во «Саратовский источник», 2013. – 103 с.
4. Матюшенко С. В., Князева О. О. Новый формат принципа «Наглядность в обучении» // Вестник СИБИТа. 2022. №4. С. 59 - 66.
5. Никитина Е.А., Коробко В.В. Когнитивно-визуальный подход при обучении анатомии растений в ходе подготовки школьников к олимпиаде по биологии. Исследования молодых ученых в биологии и экологии – 2024: сборник научных статей / под ред. А.С. Пархоменко, О.И. Юдаковой. [Электронное издание сетевого распространения]. – Саратов: СГУ имени Н. Г. Чернышевского, 2024. – С. 149-150.
6. Розен Р. Принцип оптимальности в биологии. - М.: Мир, 1969. – 215 с.
7. Ханыева А., Коробко М.А. Использование 3d-моделей при изучении принципов

оптимальности в естествознании. Исследования молодых ученых в биологии и экологии – 2024: сборник научных статей / под ред. А.С. Пархоменко, О.И. Юдаковой. [Электронное издание сетевого распространения]. – Саратов: СГУ имени Н. Г. Чернышевского, 2024. – С. 108-109.

8. Segerman H. *Visualizing Mathematics with 3D Printing Illustrated Edition*. – Режим доступа <http://www.3dprintmath.com/> (дата обращения 15.02.2024).

9. Segerman H. *Visualizing Mathematics with 3D Printing Illustrated Edition*. Johns Hopkins University Press, 2016. – 200 p.

10. XYZ 20mm Calibration Cube/UltiMakerThingiverse. – Режим доступа <https://www.thingiverse.com/thing:1278865> (дата обращения 15.02.2024).

---

### Информация об авторах:

#### Author Information:

**Мунина Татьяна Евгеньевна**, преподаватель, ГАПОУ СО «Саратовский областной базовый медицинский колледж»

Российская Федерация, 410028, Саратов, Саратовская область, ул. Чернышевского, 151.

**Munina Tatyana Evgenievna**, teacher, SAPEI SB «Saratov Regional Basic Medical College»

151 Chernyshev Street, Saratov Region, 410028 Saratov, Russian Federation.

**Коробко Валерия Валерьевна**, доцент кафедры микробиологии и физиологии растений биологического факультета, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

Российская Федерация, 410012, Саратов, Саратовская область, ул. Астраханская, 83.

**Korobko Valeria Valerievna**, Associate Professor, Department of Microbiology and Physiology of Plants, Faculty of Biology, FSBEI HE «Saratov National Research State University named after N. G. Chernyshevsky»

83 Astrakhanskaya str., Saratov Region, 410012, Saratov, Russian Federation.

---

Поступила в редакцию / Received 10/02/2025.

**«Наука и образование: новое время» № 1, 2025**

*Педагогические науки*

**Принята к публикации / Accepted 13/02/2025.**

**Опубликована / Published 19/02/2025.**