

Научно-практическая статья

УДК 37.026.6

DOI: 10.25688/2076-9121.2023.17.1.06

**ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ:  
ПРИМЕР ДЕДОГМАТИЗИРОВАННОГО ПОДХОДА  
К ЕСТЕСТВОЗНАНИЮ В СИСТЕМЕ  
ОБЩЕГО И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

*Роман Владимирович Букарев<sup>1</sup>,  
Галина Петровна Кулягина<sup>2</sup>,  
Олеся Николаевна Лукашук<sup>3</sup>,  
Роман Владимирович Опарин<sup>4</sup>,  
Игорь Михайлович Реморенко<sup>5</sup>,  
Алексей Николаевич Юшков<sup>6</sup> ✉*

<sup>1,2,5,6</sup> *Московский городской педагогический университет, Москва, Россия*

<sup>3</sup> *Департамент образования и науки города Москвы, Москва, Россия*

<sup>4</sup> *Московский государственный областной университет, Москва, Россия*

<sup>1</sup> *bukarevrv@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3348-0971>*

<sup>2</sup> *kulyaginagp@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0451-9067>*

<sup>3</sup> *lukashukon@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9351-6393>*

<sup>4</sup> *89236613134@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3277-7960>*

<sup>5</sup> *RemorenkoIM@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8775-4248>*

<sup>6</sup> *YushkovAN@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4171-2173>*

**Аннотация.** Институт содержания, методов и технологий образования Московского городского педагогического университета ведет работу по обновлению «Московской электронной школы». «Московская электронная школа» — единая электронная среда для планирования учебных занятий и размещения различных учебных материалов (рабочие программы учебных курсов, сценарии уроков, оценочные материалы, учебники и учебные пособия, учебные лаборатории и т. п.). В задачи института входит методическая поддержка учителей, помощь в выборе наиболее интересных и актуальных учебно-методических разработок, осуществление собственных разработок для «Московской электронной школы». В статье представлена модельная разработка по теме «Основы наследственности», описывающая организацию учебного процесса, когда содержанием образования становятся не только научные факты, закономерности, которые необходимо запомнить, но и сам способ порождения научного знания. Показано, как возможно освоение научных открытий в их динамике — от постановки учащимися исследовательских вопросов к фиксации научных моделей и описанию результатов исследований. В статье подчеркивается значимость учебного непонимания, порождающего учебную коммуникацию и мышление. Учебное непонимание возникает в пространстве проблемной ситуации, атрибутивная особенность которой — логическое противоречие. Противоречие преодолевается посредством постановки самими учащимися исследовательских вопросов

и проведения реальных или виртуальных экспериментов. Такая организация образовательного процесса вытекает из понимания содержания образования как триединства предметного содержания, способов организации учебного процесса и типа отношений между участниками образовательного процесса. Третья составляющая указывает на значимость учебной активности учащихся, неустрашимость их субъектной позиции. По мнению разработчиков, данные материалы могут быть использованы учителями с целью формирования современного содержания образования, достижения актуальных образовательных результатов обучающихся и как прецедент выполнения иных методических разработок, делающих содержание образования более осмысленным и современным.

**Ключевые слова:** деятельностный подход в образовании, дедогматизация, основы наследственности, проблемная задача, переоткрытие, дидактическая единица, виртуальный полигон

#### Scientific and practical article

UDC 37.026.6

DOI: 10.25688/2076-9121.2023.17.1.06

### BASICS OF HEREDITY: AN EXAMPLE OF A DEDOGMATIC APPROACH TO NATURAL SCIENCE IN GENERAL AND SUPPLEMENTARY EDUCATION

**Roman V. Bukarev<sup>1</sup>,**  
**Galina P. Kulyagin<sup>2</sup>,**  
**Olesya N. Lukashuk<sup>3</sup>,**  
**Roman V. Oparin<sup>4</sup>,**  
**Igor M. Remorenko<sup>5</sup>,**  
**Alexey N. Yushkov<sup>6</sup> ✉**

<sup>1,2,5,6</sup> *Moscow City University, Moscow, Russia*

<sup>3</sup> *Department of Education and Science of the City of Moscow, Moscow, Russia*

<sup>4</sup> *Moscow Region State University, Moscow, Russia*

<sup>1</sup> *bukarevr@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3348-0971>*

<sup>2</sup> *kulyagin@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0451-9067>*

<sup>3</sup> *lukashukon@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9351-6393>*

<sup>4</sup> *89236613134@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3277-7960>*

<sup>5</sup> *RemorenkoIM@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8775-4248>*

<sup>6</sup> *YushkovAN@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4171-2173>*

**Abstract.** The Institute of Education Content, Methods and Technology of the Moscow City University is working on updating the content of the Moscow Electronic School (hereinafter referred to as MES). MES is a single electronic environment for planning learning sessions and hosting various learning materials (course work programmes, lesson scripts, evaluative materials, textbooks and workbooks, learning labs, etc.). The Institute's tasks include provision of methodological support to teachers, choice help of the most interesting and relevant teaching and methodological developments, and implementation

of their own developments for the MES. The article considers a model development of the topic «Basics of Heredity», describing the organization of the learning process, when not only the scientific facts, regularities that need to be memorized become the education's content but also the way of creation of scientific knowledge itself. It shows how scientific discoveries can be mastered in their dynamics — from stating research problems by students to creating scientific models and describing research results. The article highlights the importance of learning incomprehension which generates learning communication and thinking. Learning incomprehension occurs in the space of a problematic situation, the attributive feature of which is a logical contradiction. The contradiction is overcome by stating research problems by students themselves and conducting real or virtual experiments. This organisation of the educational process stems from an understanding of educational content as a trinity of subject content, ways of organisation of the learning process and the type of relationships between the participants of educational process. The third component indicates to the importance of students' learning activity, the irreducibility of their subjective position. According to the developers, these materials can be used by teachers in order to create a modern educational content, achieve relevant educational results for students and they can serve as a precedent for other methodological developments that make educational content more meaningful and contemporary.

**Keywords:** activity approach in education, dedogmatization, basics of heredity, problem task, rediscovery, didactic item, virtual polygon

**Для цитирования:** Букарев, Р. В., Кулягина, Г. П., Лукашук, О. Н., Опарин, Р. В., Реморенко, И. М., Юшков, А. Н. (2023). Основы наследственности: пример дедогматизированного подхода к естествознанию в системе общего и дополнительного образования. *Вестник МГПУ. Серия «Педагогика и психология»*, 17(1), 114–133. <https://doi.org/10.25688/2076-9121.2023.17.1.06>

**For citation:** Bukarev, R. V., Kulyagina, G. P., Lukashuk, O. N., Oparin, R. V., Remorenko, I. M., & Yushkov, A. N. (2023). Basics of heredity: an example of a dedogmatic approach to natural science in general and supplementary education. *MCU Journal of Pedagogy and Psychology*, 17(1), 114–133. <https://doi.org/10.25688/2076-9121.2023.17.1.06>

## Введение

### Проблематика содержания образования

Последние трансформации образования, связанные с массовым дистанционным обучением, делают еще более актуальной проблему современного содержания образования. Свободный доступ к информационным источникам и их широкое применение в учебном процессе смещает цели образования. В этой связи необходимо говорить о преодолении догматического восприятия учебного материала, когда содержанием образования становятся не запоминаемые научные факты, закономерности, технологические решения, а сам способ порождения научного знания и его последующего использования. На первый план выходит освоение научных открытий

в их динамике — от постановки исследовательских вопросов к фиксации научных моделей и описанию результатов исследований.

Но для этого должна измениться и дидактика, весь набор методов и технологий обучения. Меняется отбор учебного материала, логика постановки учебных задач, использование лабораторного оборудования; по-иному формируются требования к оценке учебных результатов. Все эти изменения мы рассматриваем в рамках дедогматизации содержания образования, когда оно перестает приниматься на веру и когда предполагается его критическое осмысление.

### Проблематика методов организации учебного процесса

Оптимизация, разработка новых методов организации учебного процесса — одна из основных линий модернизации системы образования. Необходимость такой работы вызвана группами проблем, две из которых рассмотрены ниже.

Первая группа проблем касается ограничений трансляционной педагогики, основная задача которой — передать учащимся массивы сведений об итогах научных исследований (открытых когда-то и кем-то процессов, зависимостей, закономерностей и законов).

Т. Кун в своей книге «Структура научных революций» отмечал, что представления о науке формируются у новых поколений научных работников на основе *готовых* научных достижений, представленных в классических трудах или позднее в учебниках, цель и назначение которых — убедительное и доступное изложение материала (Кун, 2002, с. 23). Традиция такого изложения материалов складывалась и оформлялась в высшей школе, где организовано профессиональное обучение. В рамках среднего образования такой подход, на наш взгляд, обнаруживает множество дефицитов. Школьникам остается непонятным, в связи с какими познавательными проблемами было организовано то или иное исследование; экспериментальными ответами на какие гипотезы являются демонстрационные эксперименты. Вне познавательного и исследовательского контекста все демонстрируемые результаты лишены и научно-исследовательского, и учебного смысла.

Культивирование проблемного изложения не решает вопроса учебной субъектности, личной включенности учащихся в образовательный процесс; остается проблема освоения исследовательской позиции, вне которой все полученные знания о результатах остаются лишь набором сведений, но не являются средствами для организации собственной познавательной деятельности.

Вторая группа проблем касается общей успешности школьников при изучении разделов биологии — генетики и основ наследственности. Данные

темы (разделы) характеризуются смысловыми и структурными сложностями предметного контента. Следует констатировать, что зачастую смысловая составляющая предметного контента (репликация ДНК в связке с передачей наследственных признаков, понятие гена и особенности его функционирования и т. д.) лишена проблемно-исследовательской и прикладной основы, на которую могли бы опираться школьники. Знания принимаются на веру, как факты для запоминания. Способы их появления, взаимосвязи этапов научного постижения проблем наследственности — все это остается за пределами практики преподавания.

Структурные и методические сложности темы обусловлены большим количеством осваиваемых понятий (вещество, клетка, химическая структура и молекулярное строение, обмен веществ и энергии, передача наследственной информации). В научной картине мира эти понятия образуют межпредметные и внутрипредметные связи, и вне этих связей каждое отдельное понятие теряет свое структурно-функциональное содержание и познавательную значимость.

Преодоление традиций объяснительно-иллюстративного подхода, демифологизация, дедогматизация образовательного процесса рассматривается нами как значимая проблематика<sup>1</sup>, вариант решения которой и представлен в настоящей статье.

### Общепедагогические решения

Как уже отмечалось выше, важнейшая дидактическая задача, стоящая перед сферой образования, заключается в переходе от вопроса «Как лучше объяснить учебный материал?» к решению вопроса «Как организовать учебный процесс, чтобы учащиеся могли сами открыть новое знание?». Другими словами, принципиально важно, чтобы в процессе обучения ребенок осознавал способ возникновения того или иного понятия.

Данная задача не носит локального характера применительно к естествознанию или ситуации с преподаванием этой области знания в какой-то одной национальной системе образования; это общепедагогическая проблематика. В докладе «Универсальные компетентности и новая грамотность: чему учить сегодня для успеха завтра» авторы отмечают: «Сегодня еще не сформирована глобально принятая модель, но уже ясно: в центре трансформации — не столько обновление устаревшего [предметного] содержания и даже не специальные курсы по развитию универсальных навыков, сколько системное изменение методов обучения и оценки учебных результатов».

В этом же докладе отмечается, что в области педагогических практик это означает следующее:

<sup>1</sup> Реморенко, И. М. (2020). Школа смыслов. *Образовательная политика*, 5, 20–23.

- фокус — не на деятельности учителя по представлению нового учебного материала, а на стимулировании собственной учебной деятельности школьника;
- обучение — через исследование: ученик (один или вместе с другими учениками) уточняет задачу, ищет информацию, представляет результат, формулирует критерии оценки и вместе с учителем оценивает успешность выполнения задачи;
- проектное обучение: прежде всего, групповые межпредметные проекты (3–15 чел.) длительностью от нескольких дней до целого учебного года, в том числе в связке с реальными задачами своего сообщества (города, округа);
- учебные задачи и учебный опыт соразмерны реальному опыту ученика, актуальны для него.

Образовательные системы практически всех стран во главу угла ставят ученика, подчеркивают его непосредственный образовательный опыт и активную исследовательскую позицию в ходе обучения (Фруммин и др., 2018, с. 11–12).

Очевидно, что глобальные тенденции не складываются за два-три года; этому предшествует длительная работа многих авторских групп, исходно действующих локально, но постепенно оформляющих тот или иной общемировой тренд.

## Материалы и методы исследования

Перечислим педагогические направления, на идеи, теоретические и методические решения которых мы опирались в своей работе. Это педагогика проблемного обучения (Брушлинский, Поликарпов, 1990; Матюшкин, 1972), педагогика развивающего обучения по Эльконину – Давыдову (Давыдов, 1986), педагогическая концепция Школы диалога культур (Библер, 1990) и ее методические решения<sup>2</sup>, теоретические и методические разработки зарубежных исследователей и педагогов (Уиллингем, 2020).

Отметим, что предлагаемые в настоящей статье решения не только отвечают задачам обновления способов и методов обучения, но и обеспечивают вклад в развитие этого вопроса.

Переходя к обсуждению общей организации учебного материала всей темы «Основы наследственности», представим наше видение структуры темы и основные способы учебной работы в каждом разделе.

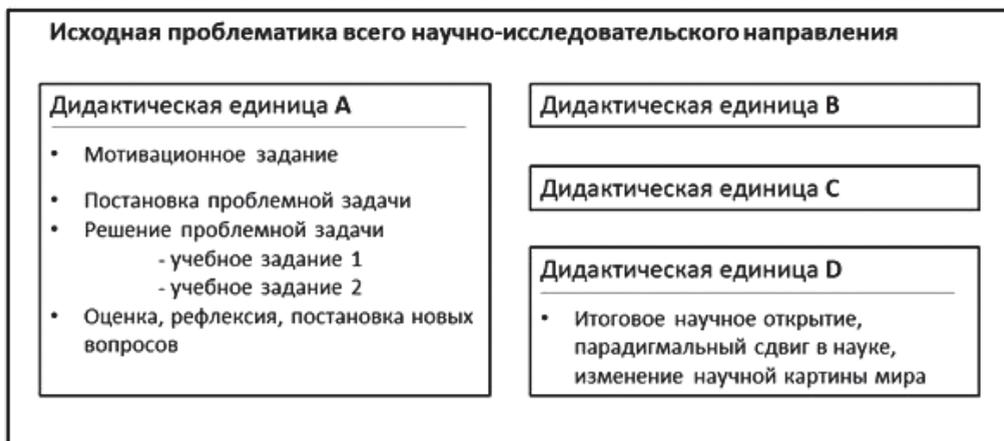
Каждый содержательный элемент темы (главы) назван дидактической единицей. Дидактическая единица (далее — ДЕ) — самодостаточная тематическая единица содержания (например, отдельное научное исследование и вытекающее из него открытие), выступающая своего рода маркером раскрытия

<sup>2</sup> Курганов, С. Ю. (2019). *Ребенок и взрослый в учебном диалоге*. Книга для учителя (2-е изд., доп.). СПб.: Образовательные проекты.

содержания главы программы. Каждая такая дидактическая единица строится вокруг соответствующей проблемной ситуации.

Тема (глава) включает в себя несколько ДЕ, изучение которых завершается итоговой ДЕ, содержанием которой является исследование и открытие/изобретение, обеспечившее парадигмальный сдвиг в научной картине мира и оказавшее системообразующее влияние на развитие науки и технологий (рис. 1).

#### Тема (цикл научных исследований)



*Рис. 1. Структура учебной темы и структура дидактической единицы*

*Fig. 1. Structure of the learning topic and a structure of the didactic item*

Всю совокупность дидактических единиц может объединять исходная, сквозная, познавательная/проблемная задача, решение которой осуществлялось в течение длительного периода времени. Данная задача выступает исследовательским контекстом, определяющим смысл каждого отдельного исследования всего цикла, вплоть до итогового открытия. Итоговое открытие позволяет его авторам сделать следующий вывод: проблема, работа над которой велась множеством исследователей в течение многих десятилетий, получила свое решение.

Обобщенная структура ДЕ включает в себя несколько блоков-этапов.

Первый этап — мотивирующее задание, представленное в виде описания ситуации/кейса (бытового, познавательного, технического или иного характера), понятного учащимся и содержащее в себе интеллектуальное противоречие отдельной дидактической единицы.

Следующий этап — осознание и выявление учащимися познавательной проблемы и формулировка проблемной задачи. Учебная ситуация, которая *в неявном виде* содержит в себе противоречие (наличие смыслового или логического противоречия — атрибутивная особенность любой проблемы), задается в виде описания, проведения реального опыта и т. д. Далее организуется работа учащихся, направленная на:

- анализ ситуации и формулировку самими учащимися познавательных вопросов,
- вычленение учащимися противоречия (познавательной проблемы),
- преобразование познавательной проблемы в проблемную задачу, требующую решения.

Отметим, что такая организация работы акцентирует внимание педагогов на том, чтобы учащиеся сами выполняли данные виды работ, сами себе сформулировали и поставили проблемную задачу.

На третьем этапе организуется решение этой задачи и фиксация общего решения (например, разработанной модели). Решение проблемной задачи разворачивается как решение (индивидуальное и групповое) нескольких учебных заданий исследовательского характера.

Подчеркнем, что проблемные задачи и учебные задания разрабатываются на основе этапов реальных научных исследований и открытий, а также с опорой на исследовательские вопросы и парадоксы, возникающие у исследователей на том или ином этапе их работы. Благодаря этому учебные задания содержат потенциальную возможность переоткрытия научных открытий самими учащимися.

Чтобы такой результат был достигнут, необходима организация соответствующей учебной коммуникации школьников и их взаимодействия. Педагог может предложить следующие виды взаимодействия:

- обсудить совместно (в группах) выявленную проблему, представить обнаруженное противоречие в виде схемы;
- предложить варианты экспериментальных процедур по исследованию противоречия; выслушать варианты одноклассников;
- совместно провести отдельные эксперименты, предложенные самими учащимися;
- по итогам групповой работы представить итоговые решения в виде схематизмов/моделей.

Дополнительный эффект от организованного таким образом учебного материала заключается в выявлении/обнаружении через рефлексивный анализ различных видов научных исследований как таковых: проведение исследования и обнаружение необъяснимого явления, формулировка гипотез о природе необъяснимого явления и их экспериментальная проверка, экспериментальное определение фактора, определяющего результаты процесса, природа которого неизвестна, экспериментальное доказательство положения, выдвинутого ранее другими исследователями, проведение уточняющих исследований на основе принятых теоретических положений.

Такая работа ценна возможностью использования перечисленных модельных видов научных исследований для новых методических разработок.

В завершение работы по отдельной ДЕ (четвертый этап) учителю важно вернуться к тем вопросам и гипотезам, которые школьники высказали в начале

занятия, уточнить, все ли ответы получены, подтвердились ли выдвинутые гипотезы.

В рефлексивном плане важно обсуждение со школьниками проделанной ранее работы с точки зрения знакомства и успешности проб в освоении норм исследовательской деятельности: формулировка вопросов, постановка познавательной проблемы, выдвижение предположений гипотетического характера и т. д.

Параллельно с этим целесообразно использование тестовых заданий, направленных на нормативную оценку проделанной работы: заданий, аналогичных формату международных (PISA) и национальных исследований качества образования; заданий, аналогичных формату ГИА; тестовых заданий на знание терминологии.

Из истории науки мы знаем, что любое исследование — это не только получение ответов на поставленные вопросы, но и появление новых вопросов и проблем. В дидактическом плане это означает, что если с урока учащиеся уходят не только с ответами (новые знания), но и с новыми вопросами, то это указывает на включенность учащихся в процессы понимания, мышления и познавательной деятельности.

Вопросы, возникающие в ходе учебной коммуникации ближе к завершению работы по отдельной ДЕ, мы назвали переходными.

Важно отметить, что в рамках организованного таким образом учебного процесса задается исследовательский контекст; это позволяет школьникам принимать роль исследователей, которые движутся от наблюдений к удивлениям и вопросам, от вопросов к проблемам, от проблем к постановке гипотез, от гипотез через эксперимент к открытию нового знания.

Совокупность дидактических единиц, объединенных в большую тему, позволяет учащимся в роли исследователей деятельностно познакомиться с периодом развития науки длительностью от 50 до 100 лет, удерживая в понимании и мышлении совокупность преемственно развивающихся проблем, чтобы в итоге стать участниками парадигмального открытия.

## **Результаты исследования и их обсуждение**

### **Экспериментальный виртуальный полигон**

Эксперимент является существенной составляющей исследовательской деятельности естественно-научного характера. Он позволяет осуществить проверку гипотез через контролируемые условия в рамках созданных модельных ситуаций.

Однако создать в школе условия для проведения реальных экспериментальных видов работ в рамках сложных тем, среди которых и тема «Основы наследственности», — практически невыполнимая задача. Использование

цифровых технологий, в том числе VR, позволит выйти из этого тупика. Вариантом такого решения может являться создание экспериментального виртуального полигона.

Экспериментальный виртуальный полигон, особенности которого обсуждаются ниже, на сегодняшний день является проектным замыслом: совокупностью требований к его IT и VR-устройству, а также описанием видов работ исследовательского характера, которые учащиеся могут (могли бы) выполнить в рамках большой темы «Основы наследственности».

Отметим, что типичная лабораторная работа, не важно, виртуальная она, или осуществляемая офлайн, — это лишь техническое воспроизводство/закрепление положений, ранее представленных учителем. Лабораторная работа осуществляется по утвержденной схеме и не содержит в себе элементов исследовательской деятельности — постановки проблемы как противоречия, формулировки предположений (гипотез), изобретения экспериментальных процедур, проверки нескольких, конкурирующих между собой гипотез и т. д.

Именно поэтому педагогическая идея экспериментального виртуального полигона заключается не в цифровизации типовых лабораторных работ, а в создании пространства, в котором школьники получают возможность сформулировать и проверить собственные гипотезы (например, свойства различных штаммов в экспериментах Гриффита), используя максимальную вариативность действий; самим смоделировать условия эксперимента; проверить тот или иной прогноз (например, распределение наследуемых признаков в пятидесятом, сотом и далее поколениях); моделировать условия научной случайности, позволившей сделать выдающиеся научные открытия в прошлом и т. д.

### Разработка методических решений

Тема «Основы наследственности» представлена в виде совокупности дидактических единиц, перечень и последовательность которых отражает историю научных открытий, способствовавших важнейшему открытию XX века — установлению структуры ДНК.

ДЕ № 1. Опыты Г. Менделя (1865).

ДЕ № 2. Открытие ДНК Ф. Мишером (1868–1869).

ДЕ № 3. Эксперимент Ф. Гриффита (1928).

ДЕ № 4. Эксперименты О. Эвери и др. (1944).

ДЕ № 5. Эксперименты А. Херши и М. Чейза (1952).

ДЕ № 6. Открытие структуры ДНК Дж. Уотсоном и Ф. Криком (1953).

Важно подчеркнуть, что жесткой причинно-следственной связи между отдельными открытиями не существует. В данном случае принципиальное значение имеет, во-первых, базовая проблема наследственности, значимость и неразрешимость которой занимала умы многих исследовательских групп

и, во-вторых, доступность/открытость результатов исследований, которыми могли воспользоваться эти группы.

Детализация логики взаимодействия исследовательских групп, логика работы каждой отдельной группы может быть конкретизирована с использованием методологий, предложенных Т. Куном, И. Лакатосом, К. Поппером (Кун, 2002), другими эпистемологами и философами и историками науки (однако разбор этих аспектов не входит в задачи настоящей статьи).

В разделе «Общепедагогические решения» мы предложили обобщенную структуру ДЕ. Разработка каждого элемента ДЕ предполагает проведение предварительной методической работы аналитического характера. Такая работа направлена на историческую реконструкцию конкретного научного исследования или целой научно-исследовательской программы.

Работа эта строится как поиск ответов на следующие вопросы:

- Какое явление или процесс затронуты в данном исследовании?
- Какой вопрос (какие вопросы) задал исследователь сам себе и затем отвечал на него (был ли такой вопрос, с кем спорил исследователь, что обосновывал)?
- В контексте какой обобщенной проблематики велось конкретное исследование?
- Какие исследовательские процедуры/эксперименты организовал/придумал исследователь?
- Какие результаты получил исследователь? Смог ли он их объяснить?

Другими словами, необходимо изучение реальных исследований не только с точки зрения полученных результатов, но и с точки зрения стоящих перед исследователями проблематик, парадоксов, целей и задач, а также искренних удивлений и вопросов, которые формулировали для себя и всего научного сообщества эти исследователи. Вне этих элементов невозможна сама исследовательская деятельность. В качестве иллюстрации сошлемся на высказывание Э. Шредингера, который в своей книге «Что такое жизнь? (физический аспект живой клетки)» (Шредингер, 1999, с. 40) писал: «... из поколения в поколение, без заметного изменения в течение столетий — хотя и не в течение десятков тысяч лет — передается весь (четырёхмерный) план — фенотип, вся видимая и явная природы индивидуума. При этом в каждом поколении передача осуществляется материальной структурой ядер двух клеток, которые соединяются при оплодотворении. Это — чудо!»

Вторая линия аналитических изысканий — это изучение организации и проведения исследователями экспериментов, процедур моделирования; интерпретация ими полученных результатов.

Исследовательские проблемные вопросы, экспериментальные процедуры, процедуры и результаты моделирования — все это, безусловно, требует адаптации для использования в учебных целях и переупаковки этих материалов в виде учебных исследовательских заданий. Примеры таким образом сформированного содержания образования представлены в следующем разделе.

### Содержание дидактических единиц

Ключевая идея первой дидактической единицы «Опыты Г. Менделя» заключается в открытии закономерностей наследования признаков, неочевидность которых обнаруживается в различии прогнозов о проявлении признаков в первом и последующих поколениях.

Исходное мотивирующее задание строится с опорой на известные ученикам сведения из жизни о характере наследования цвета глаз. Выясняется, что наследование цвета глаз гораздо сложнее, чем может показаться на первый взгляд.

#### *Учебное задание 1 (мотивирующее задание)*

У папы глаза — голубые, у мамы — карие. Какого цвета глаза будут у ребенка?

У папы глаза — карие, у мамы глаза — карие. Но у бабушки по маминой линии глаза были голубыми. Будут ли у внучки голубые глаза?

Какие исследовательские вопросы общего характера мы можем сформулировать по этому поводу? Какие исследования нужно провести, чтобы ответить на эти вопросы?

#### *Учебное задание 2*

Предварительные наблюдения по скрещиванию показывают, что есть горох, который при самоопылении из поколения в поколение дает плоды только с желтыми горошинами (так называемая чистая линия). Есть горох, который всегда дает плоды только с зелеными горошинами (вторая чистая линия). Если скрестить эти растения между собой, какого цвета горошины мы получим?

Ваши варианты? Почему вы так считаете?

#### *Учебное задание 3*

Постановка проблемной задачи. Г. Мендель скрестил чистую линию гороха с желтыми горошинами с чистой линией гороха с зелеными горошинами. В результате горошины у потомков первого поколения были только желтого цвета.

Сформулируйте свои вопросы к результатам опыта; предположения о возможных причинах.

#### *Учебное задание 4*

Предложите свои варианты дальнейшего экспериментального исследования. Сравните свои предложения с тем, как действовал Г. Мендель в своей экспериментальной работе. Объясните, почему он действовал именно так; исходя из каких предположений? Проведите виртуальные исследования.

Как объяснить, что: а) все растения первого поколения имеют горошины только желтого цвета; б) во втором поколении появляются растения, дающие горошины зеленого цвета?

В ходе работы на экспериментальном полигоне школьники скрещивают в виртуальной теплице растения гороха чистых линий с альтернативными признаками; просматривают обучающую анимацию по получению чистых линий; заполняют таблицу со сводными данными. Производя виртуальные скрещивания (в том числе и такие, которые предлагает учитель), прослеживают наследование признака (например, цвета семян). Таблица с данными позволит школьникам обнаружить закономерности проявления тех или иных признаков и тем самым переоткрыть первый и второй законы Менделя (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

*Сводная таблица данных по результатам экспериментов Г. Менделя*

*Data summary table based on the results of the experiments of G. Mendel*

Признак	Поколение родителей		Первое поколение гибридов $F_1$	Второе поколение гибридов $F_2$ (общее количество)		
	вариант I	вариант II		вариант I	вариант II	соотношение
Окраска семян	 Желтая	 Зеленая				0,747 : 0,253 <b>7234</b>
Поверхность семян	 Гладкая	 Морщинистая				0,751 : 0,239 <b>8023</b>
Окраска цветков	 Красная	 Белая				0,759 : 0,241 <b>929</b>
Форма плодов	 Простая	 Членистая				0,747 : 0,253 <b>1181</b>

Подчеркнем, что успех переоткрытия не гарантирован. Однако, на наш взгляд, не нужно вести школьников к правильному ответу через подводящий диалог. Вернее будет предоставить учащимся возможность самим сформулировать свои выводы, а затем предложить им познакомиться с выводами, которые сделал Мендель. Такое сравнение в педагогическом плане эффективнее, чем подведение к правильному ответу; хотя и требует больше времени для понимания изучаемого процесса.

Исследовательская организация работы не исключает использования информационных карточек, тексты которых позволяют систематизировать впечатления и зафиксировать отдельные характеристики процессов и результатов с помощью специальных терминов, например:

*Карточка 1.* При скрещивании двух чистых линий растений гороха с желтыми семенами и с зелеными семенами потомков первого поколения будут иметь

желтый цвет. Мендель назвал устойчиво-проявляющийся признак доминантным и обозначил его заглавной буквой (А).

*Карточка 2.* Потомки наследуют признаки обоих родителей. Но в первом поколении один из признаков не проявляется. Этот признак Мендель назвал рецессивным и обозначил строчной буквой (а).

На этапе итогового обсуждения целесообразно вернуться к поставленным учениками вопросам и гипотезам; отметить, на какие вопросы ответы получены, какие предположения подтвердились, что осталось неясным. Ученики формулируют вопросы, которые остались невыясненными и являются переходными к следующей ДЕ в биологическом аспекте, например: где скрыта информация о рецессивном признаке; в каком виде рецессивный признак передается из поколения в поколение?

В подобном ключе разрабатывается и организуется учебный материал и в следующих дидактических единицах.

В рамках дидактической единицы «Эксперименты О. Эвери, К. Маклауда и М. Маккарти» учащиеся знакомятся с экспериментами, в ходе которых О. Эвери и его коллеги хотели установить, какое вещество клетки выступает так называемым трансформирующим фактором, феномен которого был открыт 20 лет до этого Ф. Гриффитом и не получил своего объяснения.

Данное исследование мы относим к группе исследований «Экспериментальное определение фактора, определяющего результаты процесса, природа которого неизвестна».

### *Учебное задание 1*

Вы знаете, что в опытах Ф. Гриффита было обнаружено необъяснимое явление. Если убить патогенный штамм бактерий нагреванием, а затем поместить остатки клетки к живым непатогенным бактериям, то непатогенный штамм становится патогенным и вызывает заболевание и гибель мышей. Вы также знаете, что все клетки, которые встречаются в живой природе, сходны по химическому составу и содержат липиды, белки, углеводы, нуклеиновые кислоты. Сформулируйте исследовательский вопрос, на который (скорее всего) отвечали О. Эвери и его коллеги.

### *Учебное задание 2*

Спланируйте, разработайте логику и ход исследования, с помощью которого можно установить трансформирующий фактор.

Работа должна осуществляться поэтапно с помощью виртуальной лаборатории. По окончании решения учебных задач проводится рефлексивное обсуждение высказанных предложений.

В качестве одного из переходных вопросов мы рассчитываем на появление формулировки «Как осуществляется процесс трансформации?».

Этот или подобные ему вопросы выводят учащихся на новый уровень осмысления обсуждаемых процессов. Вопрос о механизме трансформации

становится переходным мостиком к вопросам, с которых начинается изучение завершающей дидактической единицы «Открытие структуры ДНК Дж. Уотсоном и Ф. Криком».

При разработке этого блока материалов мы ориентировались на перечень вопросов, которые Дж. Уотсон сформулировал сам себе и, отвечая на которые вместе с Ф. Криком, сделал открытие парадигмального характера, изменившее весь облик биологии. Эти вопросы перечислены в автобиографической книге Дж. Уотсона «Двойная спираль» (Уотсон, 2019):

- Что такое ген?
- Можно ли решить проблему гена только через генетические ухищрения? Или же ответить на вопрос, что такое ген, можно только после того, как будет установлено химическое строение гена?
- Какова пространственная структура нуклеиновой кислоты (ДНК)?
- Как воспроизводится ген?

В целом нужно отметить, что конструирование проблемных ситуаций учебного характера тем сложнее, чем моложе фундаментальное открытие. Для понимания содержания той или иной проблемы требуется как минимум понимать множество предварительных научных фактов, которые не являются очевидными и также требуют изучения и освоения.

В отношении открытия структуры ДНК можно выделить как минимум три разных аспекта. Первый аспект — это выбор объекта; белок или ДНК (где находятся гены?). Второй аспект — выбор группы методов, позволяющих ответить на вопрос «Как гены управляют наследственностью в клетках?», — генетические исследования или химический анализ. Третий аспект — воспроизводство генов. Ответ на этот вопрос через изучение химической природы ДНК также предполагал выбор — изучение биохимических свойств (например, метаболизма нуклеотидов) или построение пространственной структуры молекулы ДНК.

Связка «воспроизводство генов – химическое строение ДНК» указывала на вопрос «Какой должна быть структура вещества, чтобы оно было способно к воспроизводству?».

Проблема, на наш взгляд, здесь заключается в том, что химия синтеза сложных молекул из элементарных единиц (атомов и молекул) как идея была понятна, а вот процесс воспроизводства генов (для максимально точной передачи наследственной информации) на химическом уровне отдельной молекулы был невообразим. В контексте этой проблемной ситуации, судя по тексту книги «Двойная спираль», Дж. Уотсон и Ф. Крик и вели всю дальнейшую работу.

При организации учебного процесса важно сконструировать такую проблемную ситуацию, в рамках которой учащимся стала бы понятна неочевидность связи воспроизводства генов с устройством молекулы ДНК. Конечно, здесь понадобится выйти за пределы естествознания в область стереометрии, что и проделали будущие нобелевские лауреаты, но именно такая междисциплинарность позволяет освоить способ построения научного объекта.

Один из вариантов таких разработок представлен ниже.

*Учебное задание.* При делении дочерняя клетка получает наследственную информацию, идентичную информации материнской клетки. Это значит, что происходит удвоение этой информации. Наблюдения показывают, что при делении клетки количество хромосом удваивается, чтобы в каждой дочерней клетке их число соответствовало материнской. Ключевым компонентом хромосомы является молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Опыты Эвери показали, что наследственная информация находится в ДНК. Обдумывая молекулярный механизм удвоения и передачи наследственной информации, Дж. Уотсон сформулировал несколько исследовательских вопросов, которые помогли им вместе с Ф. Криком сделать одно из важнейших открытий в биологии. Сформулируйте свои варианты вопросов к ситуации удвоения наследственной информации. Сравните свои варианты с реальными вопросами, которые задал самому себе Дж. Уотсон.

Вариантов учебных ситуаций, в которых содержалась бы исследовательская проблема, позволяющая в дальнейшем понять фундаментальность открытия структуры ДНК, может быть несколько.

В том числе, например, такая.

Учащиеся в самом начале изучения данной дидактической единицы получают картонные заготовки-нуклеотиды, рисунок отрезка цепи ДНК (по материалам рабочей группы А. Тодда), описание процесса удвоения наследственной информации. Далее учащимся предлагается сформулировать вопрос к механике этого процесса и попробовать собрать молекулу, структура которой обеспечивает репликацию (удвоение). В этом варианте организации работы учащиеся также могут получить тексты-подсказки, о которых упоминалось чуть выше.

Экспериментальный виртуальный полигон может сделать решение этой задачи более наглядным, когда именно за счет цифровых возможностей моделей учащиеся могут видеть, что нуклеотиды соединяются друг с другом только определенным образом.

Более подробно с содержанием этих видов работ можно познакомиться в статье «Сложные вопросы курса биологии. Подходы к решениям»<sup>3</sup>.

## Заключение

Подводя итоги проделанной работы, сформулируем несколько важных моментов. Среди различных методов организации учебного процесса (по характеру познавательной деятельности) нам представляется интересным и продуктивным метод открытия новых знаний, который мы называем переоткрытие открытий.

<sup>3</sup> Лукашук, О. Н., Кулягина, Г. П. и др. (2021). Сложные вопросы курса биологии. Подходы к решениям. *Биология в школе*, 7, 30–39.

Данный метод организации предполагает решение учащимися задач проблемного характера, последовательность и содержание которых определяется исторической фактурой и логикой реально проведенных научных исследований и открытий.

Очевидно, что такая организация учебного материала не является единственно возможной с точки зрения культивирования ученической субъектности и активности на уроках. Но ресурсность этого подхода заключается в возможности опираться на реальную проблематику и дискурс реальных исследований. Реальные проблемы мирового уровня, решение которых в итоге продвигало мировую науку — это тот ценный фонд интеллектуальных достижений, на который целесообразно ориентироваться при разработке школьных учебно-методических материалов.

Историческая реконструкция отдельного этапа цикла открытий в методическом плане строится как поиск ответов на ряд вопросов, в том числе: «Какие вопросы задал исследователь сам себе и затем отвечал на них?», «Какую исследовательскую задачу сформулировал (поставил перед собой) и решал исследователь?», «Какие исследовательские процедуры/ эксперименты он организовал/придумал?» и др.

На основе этих материалов и конструируются учебные проблемы и учебные задания. Методические формулировки проблемных ситуаций, в которых игнорируется реальная историческая научная проблематика, часто оказываются лишь имитациями (вопросительно оформленным знанием). Такие задания напоминают вопросы младших школьников из разряда «Какая птица подкладывает свои яйца в чужие гнезда?», которые часто и ошибочно выдают за познавательные вопросы, а по факту являются лишь проверкой знаний.

В рамках представленного подхода учащиеся могут в буквальном смысле переоткрыть открытие. Однако не менее продуктивным может рассматриваться итог работы, когда переоткрытия не случается, но школьники выстраивают свой вариант решения в статусе предположения. Следующий шаг такого варианта развития событий заключается в соотнесении учащимися своих решений с историческими решениями ученых-исследователей. Возникающий в ходе сравнения смысловой и логический зазор между процедурами и результатами реальных исследований/открытий и собственными версиями позволяет учащимся лучше понять смысл открытия, увидеть границы своей исследовательской логики и логики автора; сформулировать вопросы на понимание, углубление изучаемых процессов.

Учебно-методические материалы по теме «Основы наследственности», представленные в настоящей статье, еще не были апробированы в школах. В данный момент эти материалы целесообразно рассматривать как иллюстрацию организации учебной работы с историческими материалами научных исследований и открытий во всей полноте норм исследовательской деятельности.

Учебный материал, изучаемый в логике переоткрытия открытий является только частью актуального учебного контента, определяющего современное предметное содержание образования. Полный комплект материалов должен включать в себя еще три дополнительных блока:

- технологические решения на основе сделанных открытий;
- практики повседневного применения технологий, продуктов;
- новые исследовательские вопросы и технологические вызовы.

Сейчас же учебные предметы содержат преимущественно только научные знания, причем работа с ними организуется в трансляционном залоге и сводится к знакомству с итоговыми результатами. Все это приводит к догматизации учебного процесса, отчуждению школьников от культуры научных исследований, технологических разработок, грамотного использования современных высокотехнологических продуктов в повседневности.

Такое положение дел не может оставаться без изменений и требует постепенного перестраивания учебного процесса, где непосредственный образовательный опыт и активная исследовательская позиция учащихся в ходе обучения будет стоять на первом месте.

#### Список источников

1. Кун Т. (2002). *Структура научных революций* (пер. с англ. Т. Кун; сост. В. Ю. Кузнецов). М.: АСТ. В кн. также: Фальсификация и методология научно-исследовательских программ.
2. Фрумин, И. Д., Добрякова, М. С., Баранников, К. А., Реморенко, И. М. (2018). *Универсальные компетентности и новая грамотность: чему учить сегодня для успеха завтра. Предварительные выводы международного доклада о тенденциях трансформации школьного образования* (Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования). М.: Изд. дом Высшей школы экономики.
3. Брушлинский, А. В., Поликарпов, В. А. (1990). *Мышление и общение*. М.: Университетское.
4. Матюшкин, А. М. (1972). *Проблемные ситуации в мышлении и обучении*. М.: Педагогика.
5. Давыдов, В. В. (1986). *Проблемы развивающего обучения: Опыт теоретического и экспериментального психологического исследования*. М.: Педагогика.
6. Библер, В. С. (1990). *От наукоучения — к логике культуры: Два философских введения в двадцать первый век*. М.: Политиздат.
7. Уиллингем, Д. (2020). *Почему ученики не любят школу? Когнитивный психолог отвечает на вопросы о том, как функционирует разум и что это означает для школьных занятий* (пер. с англ. Ю. Каптуревского; под науч. ред. А. Рябова; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики»). М.: Изд. дом Высшей школы экономики.
8. Шредингер, Э. (1990). *Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки*. Ижевск: Ижевская республиканская типография.
9. Уотсон, Джеймс Д. (2019). *Двойная спираль. Открытие структуры ДНК* (пер. с англ. О. Перфильева). М.: АСТ.

### References

1. Kuhn, T. (2002). *The Structure of Scientific Revolutions* (translated from English by T. Kuhn; Comp. V. Kuznetsov). M.: AST. In the book also: Falsification and Methodology of Scientific Research Programs.
2. Frumin, I. D., Dobryakova, M. S., Barannikov, K. A., & Remorenko, I. M. (2018). *Universal competences and new literacy: what to teach today for success tomorrow. Preliminary conclusions of the international report on school education transformation trends* (National Research University Higher School of Economics, Institute of Education). M.: Higher School of Economics Publishing House.
3. Brushlinsky, A. V., Polikarpov, V. A. (1990). *Thinking and Communication*. M.: University.
4. Matyushkin, A. M. (1972). *Problem situations in thinking and learning*. M.: Pedagogica.
5. Davydov, V. V. (1986). *Problems of Developmental Learning: Experience of Theoretical and Experimental Psychological Research*. M.: Pedagogica.
6. Bibler, V. S. (1990). *From Science-Teaching to the Logic of Culture: Two Philosophical Introductions to the Twenty-First Century*. M.: Politizdat.
7. Willingham, D. (2020). *Why don't students like school? A cognitive psychologist answers questions about how the mind functions and what that means for schoolwork* (translated from English by Y. Kapturavsky; edited by A. Ryabov; National Research University Higher School of Economics). M.: Higher School of Economics Publishing House.
8. Schrodinger, E. (1990). *What is life? Physical aspect of the living cell*. Izhevsk: Izhevsk Republican Printing House.
9. Watson, James D. (2019). *The double helix. Discovering the structure of DNA* (translated from English by O. Perfiliev). M.: AST.

Статья поступила в редакцию: 02.10.2022;  
одобрена после рецензирования: 26.11.2022;  
принята к публикации: 15.12.2022.

The article was submitted: 02.10.2022;  
approved after reviewing: 26.11.2022;  
accepted for publication: 15.12.2022.

#### **Информация об авторах:**

**Роман Владимирович Букарев** — методист Института содержания, методов и технологий образования, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия,

bukarevrv@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3348-0971>

**Галина Петровна Кулягина** — старший методист Института содержания, методов и технологий образования, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия,

kulyaginagr@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0451-9067>

**Олеся Николаевна Лукашук** — кандидат педагогических наук, директор Института содержания, методов и технологий образования МГПУ, Москва, Россия

lukashukon@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9351-6393>

**Роман Владимирович Опарин** — кандидат педагогических наук, доцент, Московский государственный областной университет, Москва, Россия, 89236613134@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3277-7960>

**Игорь Михайлович Реморенко** — доктор педагогических наук, ректор Московского городского педагогического университета, Москва, Россия, RemorenkoIM@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8775-4248>

**Алексей Николаевич Юшков** — кандидат психологических наук, эксперт Института содержания, методов и технологий образования, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия, YushkovAN@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4171-2173>

*Information about the authors:*

**Roman V. Bukarev** — methodologist, Moscow City University, Moscow, Russia, bukarevr@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3348-0971>

**Galina P. Kulyagina** — senior methodologist, Moscow City University, Moscow, Russia, kulyaginagp@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0451-9067>

**Olesya N. Lukashuk** — PhD of Pedagogic Sciences, Director of the Institute of Education Content, Methods and Technology, Moscow City University, Moscow, Russia, lukashukon@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9351-6393>

**Roman V. Oparin** — PhD in Pedagogy, assistant professor, Moscow Region State University, Moscow, Russia, 89236613134@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3277-7960>

**Igor M. Remorenko** — Doctor of Pedagogy, Rector of Moscow City University, Moscow, Russia, RemorenkoIM@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8775-4248>

**Alexey N. Yushkov** — PhD in Psychology, expert, Moscow City University, Moscow, Russia, YushkovAN@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4171-2173>

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.