

DOI 10.25588/CSPU.2019.23.98.013

УДК 372.8

ББК 74.262

Н. Н. Тулькибаева¹, С. А. Старченко²

¹ORCID № 0000-0003-2661-7503

Профессор, доктор педагогических наук,
профессор кафедры педагогики и психологии,
Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет,
г. Челябинск, Российская Федерация.

E-mail: tulkibaevann@mail.ru

²ORCID № 0000-0002-7123-4715

Профессор, доктор педагогических наук, учитель физики,
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Лицей № 13»
г. Троицк, Челябинская область, Российская Федерация.

E-mail: sa.star59@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО МЫШЛЕНИЯ СТАРШЕКЛАССНИКОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРАЦИИ ФИЗИКИ И БИОЛОГИИ

Аннотация

Введение. В статье исследуются вопросы формирования научно-теоретического мышления старшеклассников в условиях интеграции физики и биологии на основе биофизических теорий, что определяет актуальность данной работы. Авторы определяют основные этапы формирования целостности содержания физики и биологии и раскрывают соединение биофизических теорий, адаптируя их в учебный предмет. Цель статьи заключается в представлении возможности изучения биофизических теорий в рамках профильного образования и развития научно-теоретического мышления старшеклассников.

Материалы и методы. В исследовании были использованы следующие методы: обучающий педагогический эксперимент, критериально-ориентированное тестирование, анализ, статистические методы оценки достоверности результатов, сравнение и обобщение.

Результаты. Выявлены основные пути интеграционного взаимодействия физики и биологии, обеспечивающие эффективность использования биофизических теорий в учебном предмете «Биофизика». Технология преподавания учебного предмета «Биофизика» есть дидактический синтез, который раскрывает механизм формирования теоретического естественнонаучного мышления школьников. Представлены результаты педагогического эксперимента, в котором апробированы критериально-ориентированные тесты, позволяющие оценить стадии, тип и уровень сформированности естественнонаучного мышления учащихся. Используя критериально-ориентированное тестирование, мы доказали, что преподавание учебного предмета «Биофизика» обеспечивает формирование теоретического естественнонаучного мышления школьников профильных классов.

Обсуждение. Практический аспект исследования определяется внедрением в образовательный процесс среднего общеобразовательного учреждения учебного предмета «Биофизика», направленного на формирование теоретического естественнонаучного мышления. Новизна исследования заключается в разработке технологии преподавания синтезированного предмета в школе, обеспечивающего формирование теоретических знаний, направленности личности, научно-теоретического мышления.

Заключение. Дальнейшее развитие представленного в статье материала видится в направлении исследования влияния интеграции физики и биологии на процессы развития и становления естественнонаучного мышления, поиск путей интегративного взаимодействия физики и биологии в условиях дополнительного образования школьников, исследовании влияния способов учебно-исследовательской деятельности на развитие естественнонаучного мышления.

Ключевые слова: естественнонаучное мышление; интеграция физики и биологии; учебный предмет «Биофизика»; биофизические теории; педагогический эксперимент; критериально-ориентированное тестирование.

Основные положения:

- рассмотрены методологические основы преподавания учебного предмета «Биофизика» в среднем общеобразовательном учреждении;
- показана технология дидактического синтеза физики и биологии на уровне биофизических теорий в образовательном процессе;
- исследовано влияние дидактического синтеза физики и биологии на развитие научно-теоретического мышления обучающихся.

1 Введение (Introduction)

Естественнонаучное мышление — продукт мыслительной деятельности, возникающий вследствие познания школьниками физических, химических и биологических знаний в результате целенаправленного объединения их в направлении общей логики познания Природы. Естественнонаучное мышление — это психическое новообразование, отражающее объективную реальность мира в понятиях, суждениях, теориях, фактах, опирающееся на идею единства материального мира, которое восстанавливает диалектические взаимосвязи в природе.

Новым методологическим инструментом в изменении содержания естественнонаучного образования может быть интегративный подход, предусматривающий осуществление интеграции физики и биологии. Возникнув в недрах описания нелинейных динамических систем, интеграция стала качественно новой методологией научных исследований. Интеграция понимается как «процесс объединения в целое каких-либо элементов, в результате которого возникает новое качество» [1]. Интеграция физики, химии и биологии позволяет школьникам познать природу как единое целое, обеспечивает формирование мировоззрения и мышления. В своих работах Г. А. Берулава пишет, что при предметном подходе естественнонаучное мышление школьников формируется как эмпирическое и этому способствуют межпредметные взаимодействия [1].

Мы считаем, что эффективным средством, обеспечивающим формирование теоретического естественнонаучного мышления учащихся, является преподавание учебного предмета «Биофизика», обеспечивающего дидактический синтез физики и биологии на основе биофизических теорий в профильной школе.

Целью данной статьи является представление методологических основ дидактического синтеза физики и биологии, а также исследование влияния биофизического учебного материала на формирование научно-теоретического мышления школьников старших классов.

2 Материалы и методы (Materials and methods)

Исходным положением нашей концепции является суждение о необходимости интегративного подхода к исследованию мышления школьника в зависимости от его профиля образования. Принцип предметности является конституирующим для теории мышления [2]. Формирование научного мышления происходит в процессе учебного познания. Оно специфично, поскольку в значительной мере определяется предметными знаниями, представленными в рамках учебного предмета.

В исследованиях Н. Н. Тулькибаевой показано, что развитие естественнонаучного стиля мышления «... проявляется через все более полное обнаружение единства мира и взаимосвязи наук. Вследствие этого методологическим обоснованием любой естественной проблемы должен быть синтез знаний, ориентированный на познание общности объекта. Синтез естественнонаучного знания прямо связан с синтезом научных теорий, способами познавательной деятельности, формированием интегративного естественнонаучного мышления» [2].

Специфика предметной области естественнонаучного мышления, логико-психологические механизмы мышления рассмотрены в работе Г. А. Берулава [1], которая определяет его как гармоничное сочетание образного, логического и абстрактного мышления: мышления, в котором качественный и количественный анализ в процессе соединения знаний дает новый уровень познания.

Ф. Энгельс объединил все науки единой идеей развития: от простейшего движения (механического) до сложнейшего, высшего, связанного с человеком, с обществом, с его мышлением. Им было предсказано существование наук, которые «играют роль цементирующего начала при построении здания современной науки; которые соединяют, схватывают ранее разобщенные между собой ее кирпичи и придают всей современной науке систематический, внутренне единый характер»¹.

На сегодняшнем этапе развития образования этим новым методологическим подходом выступает интегративный подход к содержанию естественнонаучного образования [3]. Интегративный подход — качественно новое междисциплинарное научное направление. Это новая частно-дидактическая теория уже стала методологическим основанием адаптации естественных наук к образовательному процессу.

В своих исследованиях Л. В. Дубицкая раскрывает многочисленные ошибки и перегибы формирования естественнонаучного образования прошлого. При этом он не отрицает комплексность, а предлагает рассматривать ее применительно к предмету познания, через синтез. Он считает, что таким образом достигается новое качество решения задач обучения и воспитания, построение естественнонаучного образования, обеспечивающего целостность учебного познания, связь науки и практики [3].

Представление межпредметных связей физики и биологии осуществлялось на основе теории межпредметных связей (О. Е. Акулич, А. И. Гурьев, В. А. Дик, М. Д. Даммер, И. В. Зверев, Л. Я. Зорина, А. Ф. Зубов, И. Е. Карнаух, И. С. Карасова, Ц. Б. Кац, С. М. Похлеваев, И. Т. Суroveгина, А. В. Усова, В. Н. Федорова, Ю. С. Царев, В. Н. Янцен, О. В. Яворук и др.). Учеными обосновано влияние связи физики и биологии на качество усвоения знаний, активизацию образовательного процесса, развитие познавательного интереса, форми-

¹ Энгельс Ф. Диалектика природы. М.: Политиздат, 1982. С. 182.

рование мировоззрения, профильную направленность, профессиональную адаптацию, развитие понятийного мышления школьников.

На протяжении двадцати пяти лет нами в естественнонаучном лицее города Троицк преподается учебный предмет «Биофизика» для старших классов. Этот предмет построен на идеях адаптации физических и биологических научных теорий и учений к образовательному процессу¹. Биофизические знания в учебном предмете сформированы на основе соединения разделов физики и биологии, изучаемых в рамках стандартных общеобразовательных программ в средней школе. Раздел биофизики «Механическое движение живых существ» — продукт синтеза классической механики и учения о биологической ткани — дает биофизическую теорию сокращения мышечной ткани. «Гемодинамика» — соединение теории течения идеальной жидкости и учения функционирования сердечно-сосудистой системы — раскрывается в теории течения неньютоновской жидкости. Раздел биофизики «Биоакустика» — соединение теории колебательных движений и теории ощущений — определяет биофизическую теорию субъективного восприятия и звукоизлучения. Раздел «Термодинамика биологических систем» — синтез термодинамики и теории метаболизма в живых организмах — определяет биологическую термодинамику. Раздел «Биофизика клетки» соединяет теорию электростатического взаимодействия и мембранную теорию, получается биофизическая теория электрогенезиса в клетке. Раздел биофизики «Электрический ток в биологических тканях» — продукт синтеза электронной теории строения вещества и учения о биологической ткани — раскрывается на основе биофизической теории электропроводности биологической ткани. Раздел биофизики «Действие радиоволн на живой организм» формируется при объединении теории Максвелла и учения о ноосфере, также определяет систему биофизических теоретических знаний действия

¹ Старченко С. А., Шталева Н. Р. Биофизика 11 класс. Челябинск : Изд-во «Рекпол», 2009. — 242 с.

электромагнитных волн на живой организм. Раздел биофизики «Действие оптического излучения на живой организм», синтезирующий квантовую механику и эволюционную теорию Ч. Дарвина, тоже определяет теорию фотобиологических процессов. И последний раздел биофизики «Радиобиологии» синтезирует в себе теорию строения атомного ядра и учение В. И. Вернадского, раскрывает биофизическую теория ионизации биологического вещества.

Рассмотренное содержание биофизического материала организуется в образовательном процессе в условиях осуществления соединения физики и биологии. Технология преподавания биофизики есть межпредметный синтез, который проявляется в целостности научных знаний, раскрывающих суть функционирования живого организма. Технология предусматривает пути и направления формирования научно-теоретического мышления школьников при изучении системного предмета:

1. Формирование наглядно-образного, словесно-теоретического, практико-действенного мышления через раскрытие содержания биофизических теорий.

2. Приоритетность развития понятийного мышления над практико-действенным мышлением.

3. Реализация межпредметных обобщений на основе биофизических теорий, с последующим представлением прикладных (медицинских) аспектов теории.

4. Развитие навыков мыслительной деятельности в процессе индуктивного и дедуктивного, качественного и количественного, исторического и логического представления биофизического материала.

3 Результаты (Results)

Для оценки влияния технологии преподавания «Биофизики» на сформированность научно-теоретического мышления школьников проведен педагогический эксперимент. В связи с этим было разработано два теста: ТЕМ — 10 и ТЕМ — 11, которые проверяли на надежность и валидность по технологии, предложенной С. В Шами-

ной [4]. Разработанные критериально-ориентированные тесты включали два субтеста, состоящих из качественных задач по учебным предметам «Физика» и «Биофизика». На основании этих задач созданы предметные и синтезированные тестовые задания. К задачам предложены суждения — решения задач на бытовом, эмпирическом и синтетическом уровнях. Технология проведения критериально-ориентированного тестирования сформированности естественнонаучного мышления позволяет получить показатели типа мышления (эмпирического или теоретического), стадию сформированности мышления (эмпирико-бытовую, эмпирико-научную, дифференциально-синтетическую, синтетическую) и уровень сформированности мышления.

Возможность достоверности оценки сформированности естественнонаучного мышления учащихся в 10–11 классах с помощью критериально-ориентированного теста осуществлялась с использованием статистических методов ранговой корреляции Спирмена. В качестве эталонного теста выступал школьный тест умственного развития (ШТУР).

Для выявления типа, стадии и уровня сформированности естественнонаучного мышления после изучения учебного предмета «Биофизика» ученикам 10 и 11 классов предлагались тесты ТЕМ — 10 и ТЕМ — 11. Тестирование учащихся естественнонаучного профиля проводилось в конце 10 и 11 классов после изучения биофизики. Временной интервал составлял один год (таблица 1).

Таблица 1 — Результаты распределения учащихся по стадиям и типу сформированности естественнонаучного мышления (ЕНМ)

Table 1 — Results of student distribution by stages and type of natural science thinking

Таблица 1

| Класс | Стадия развития мышления | | | | Тип мышления | |
|------------|--------------------------|------------------|-------------------------------|---------------|--------------|---------------|
| | Эмпирико-бытовая | Эмпирико-научная | Дифференциально-синтетическая | Синтетическая | Эмпирический | Теоретический |
| 10 (22 ч.) | 4,5 | 36,0 | 40,5 | 19,0 | 40,5 | 59,5 |
| 11 (21 ч.) | – | 18,8 | 37,6 | 43,6 | 18,8 | 82,2 |

Для подтверждения или опровержения высказанного предположения о влиянии учебного предмета на формирование естественнонаучного мышления была определена нулевая гипотеза: преподавание учебного предмета «Биофизика» не оказывает влияния на уровни сформированности естественнонаучного мышления школьников. При проверке гипотезы использован показатель динамических рядов, при этом определялся хи-квадрат критерий на уровне значимости 0,95 и числа степеней свободы 3. Таким образом, для $\alpha = 0,95$ и числа степеней свободы $\nu = (4-1) (2-1) = 3$ критическое значение $T_{\text{табл}} = 7,81$, а полученное в эксперименте – $T_{\text{экс}} = 16,9$, то есть выполняется неравенство $T_{\text{экс}} > T_{\text{табл}}$ ($7,81 > 16,9$). Полученные данные дают достаточное основание для отклонения нулевой гипотезы. По этой причине в соответствии с правилом принятия решения нулевая гипотеза отклоняется, и с достоверностью 95 % можно говорить о влиянии изучения учебного предмета «Биофизика» на формирование теоретического естественнонаучного мышления школьников. Эксперимент по эффективности преподавания биофизики показал:

1. Предложенная диагностика сформированности естественнонаучного мышления школьников может осуществляться с помощью тестов ТЕМ — 10 и ТЕМ — 11.

2. Учебный предмет «Биофизика» беспроблемно воспринимается учащимися профильных классов общеобразовательного учреждения.

3. Изучение биофизических теорий в рамках соединения физики и биологии в 10 и 11 классах обеспечивает высокий уровень сформированности научно-теоретического мышления учащихся (рисунок 1).



Рисунок 1 — Процент распределения учащихся по стадиям и типу сформированности естественнонаучного мышления учащихся в 10-х и 11-х классах

Figure 1 — Percentage of student distribution by stages and type of formation natural science thinking of students in grades 10 and 11

4 Обсуждение (Discussion)

В практике естественнонаучного образования общеобразовательных учреждений имеется большой потенциал формирования научно-теоретического мышления обучаемых. Предпринимаемые попытки формирования и развития естественнонаучного мышления, в основном, используют эмпирические методы активизации мыслительной деятельности (проведение наблюдений, постановка опытов, осуществление эксперимента, измерений, формирование понятий и т. п.). Многообразие научных работ по формированию предметного

мышления свидетельствует об актуальности и необходимости определения дидактического подхода к формированию целостности содержания естественнонаучного образования. Таким подходом к формированию теоретического естественнонаучного мышления учащихся является интегративный подход. Эффективное представление в учебном процессе интегративного взаимодействия учебных предметов имеет большой потенциал для развития научно-теоретического мышления в профильной школе. Интеграция физики и биологии способствует формированию эмпирического и теоретического мышления [5]. Однако продуктивность образовательного процесса имеет более высокие результаты, если использовать межнаучный синтез интегративного взаимодействия физики и биологии на основе биофизических теорий.

Авторами статьи проведено теоретическое обоснование интегративного взаимодействия физики и биологии, призванного решать проблемы формирования и развития эмпирического и теоретического мышления школьников. Раскрыты методологические основы интеграции физики и биологии на основе биофизических теорий и учений, позволяющих раскрыть логику представления биофизических процессов, явлений, теорий в школьном учебном предмете. Определена модель преподавания учебного предмета «Биофизика» в старших классах профильной школы, реализованы идеи адаптации биофизических теорий при построении целостного учебного предмета.

5 Заключение (Conclusion)

В рамках учебного предмета «Биофизика» систематизированы биофизические теории и разработана соответствующая технология формирования научно-теоретического мышления старшеклассников. Для профильных классов представлен образовательный комплекс преподавания учебного предмета «Биофизика», обеспечивающий формирование естественнонаучного мышления, который включает:

1. Образовательную программу предмета «Биофизика» для 10-х и 11-х классов, составленную в соответствии с требованиями, предъявляемыми к вариативному образованию при профильном обучении.

2. Учебные пособия «Биофизика 10» и «Биофизика 11», изданные типографским способом и раскрывающие содержание смоделированных биофизических теорий.

3. Методику преподавания биофизики в среднем общеобразовательном учреждении, включающую рассмотрение вопросов содержания, планирования, моделирования занятий, проведение лекционных и практических занятий и контроль знаний школьников в рамках образовательной программы по биофизике.

4. Сборник биофизических задач, представляющий качественные, количественные, экспериментальные и исследовательские биофизические задачи по всем разделам учебного предмета «Биофизика».

5. Биофизический лабораторный практикум, обеспечивающий формирование учебно-исследовательской деятельности школьника, адекватно отражающей деятельность естествоиспытателя.

6. Сборник критериально-ориентированных тестов оценки сформированности типа, стадии и уровня естественнонаучного мышления старшеклассников.

6 Благодарности (Acknowledgments)

Статья выполнена в рамках научного проекта «Теоретические основы разработки методов и способов реализации образовательных программ в условиях внедрения образовательных стандартов и опережающей подготовки педагогических кадров для модернизации непрерывного образования (дошкольного, общего, профессионального и дополнительного)» Комплексной программы и плана научно-исследовательской, проектной и научно-организационной деятельности Научного Центра Российской Академии Образования на базе Южно-Уральского государственного гуманитарно педагогического

университета на 2018–2020 годы. Авторы выражают признательность коллегам за помощь.

Библиографический список

1. Берулава Г. Н. Тенденции развития личности в системе образования: прогностический аспект // Гуманизация образования. 2018. № 4. С. 6–17.
2. Большакова З. М., Тулькибаева Н. Н., Голошумова Г. С. Развитие педагогической теории // Проблемы современного образования. 2018. № 6. С. 65–79.
3. Дубицкая Л. В. Возможности развития естественнонаучного мышления студентов в аспекте комплексного подхода // Физика в школе. 2017. № 53. С. 12–17.
4. Шамина С. В. Дидактическое моделирование диагностики естественнонаучного мышления обучающихся вуза // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 1. С. 36.
5. Гайнулина Е. В., Старченко С. А. Становление естественнонаучного мышления обучающихся педагогического колледжа : монография. Троицк : Изд-во ФГБОУ ВПО «УГАВМ», 2015. – 202 с.

N. N. Tulkibaeva¹, S. A. Starchenko²

¹ORCID № 0000-0003-2661-7503

Full Professor, Doctor of pedagogical sciences, Professor of the Department of Pedagogy and Psychology, South-Ural State Humanities-Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia.

E-mail: tulkibaevann@mail.ru

²ORCID № 0000-0002-7123-4715

Full Professor, Doctor of pedagogic sciences, Teacher of Physics of municipal budgetary educational institution “Lyceum No.13”, Troitsk, Chelyabinsk region, Russia.

E-mail: sa.star59@mail.ru

THE FORMATION OF NATURAL-SCIENCE THINKING SENIOR STUDENTS IN THE CONDITIONS OF INTEGRATION OF PHYSICS AND BIOLOGY

Abstract

Introduction. The article deals with the formation of theoretical natural-science thinking of students in the integration of physics and biology on the basis of biophysical theories, which determines the relevance of this work. The author presents the main stages of the formation of the integrity of the content of physics and biology and reveals the didactic synthesis of physics and biology through the subject «Biophysics». The pur-

pose of the article is to substantiate the effectiveness of the integration of physics and biology in the formation of scientific and theoretical thinking of students.

Materials and methods. The study used the following methods: educational pedagogical experiment, criteria-based testing, and analysis, statistical methods for assessing the reliability of the results, comparison and generalization.

Results. The main directions of integration interaction between physics and biology, providing the use of biophysical theories in the subject "Biophysics» are revealed. Technology of teaching the subject "Biophysics" — is didactic synthesis, which reveals the mechanism of representation of biophysical theories, the formation of theoretical natural science thinking of students. The results of the pedagogical experiment, which tested criterion-based tests to assess the stage, type and level of formation of scientific thinking of the students in the study of Biophysics, are presented. Using criteria-based testing, it is proved that the teaching of the subject "Biophysics" provides the formation of theoretical natural science thinking of students in specialized classes.

Discussion. The practical significance of the research lies in the introduction of the subject «Biophysics» aimed at the formation of theoretical natural science thinking into the educational process of secondary educational institution. The novelty of the research lies in the development of technology of teaching a synthesized subject at school, providing the formation of theoretical knowledge, personality orientation, scientific and theoretical thinking.

Conclusion. The further development of the material presented in the article is seen in the direction of studying the influence of the integration of physics and biology on the processes of development and formation of natural science thinking, the search for ways of integrative interaction of physics and biology in terms of additional education of students, the study of the influence of methods of educational and research activities on the development of natural science thinking.

Keywords: natural-science thinking, integration of physics and biology, educational subject “Biophysics”, biophysical theories, pedagogical experiment, criterion-oriented testing.

Highlights:

Methodological bases of teaching the subject "Biophysics" in secondary educational institution are considered;

The technology of didactic synthesis of physics and biology at the level of biophysical theories in the educational process is shown;

The influence of didactic synthesis of physics and biology on the development of scientific and theoretical thinking of students is investigated.

References

1. Berulava G.N. (2018) *Tendencii razvitiya lichnosti v sisteme obrazovaniya: prognosticheskij aspekt* [Tendencies of personality development in the education system: prognostic aspect]. *Humanization of education*. 4, 6–17. (In Russian).
2. Bolshakova Z.M., Tulkibaeva N.N., Goloshumova G.S. (2018) *Razvitie pedagogicheskoy teorii* [The Development of pedagogical theory]. *Problems of modern education*. 6, 65–79. (In Russian).
3. Dubitskaya L.V. (2017) *Vozmozhnosti razvitiya estestvennonauchnogo myshleniya studentov v aspekte kompleksnogo podhoda* [Opportunities for the development of natural science thinking of students in the aspect of an integrated approach]. *Physics at school*. 53, 12–17. (In Russian).
4. Shamina S.V. (2018) *Didakticheskoe modelirovanie diagnostiki estestvennonauchnogo myshleniya obuchayushchihsya vuza* [Didactic modeling of diagnostics of natural-scientific thinking of University students]. *Modern problems of science and education*. 1, 36. (In Russian).
5. Gainulina E.V., Starchenko S.A. (2015) *Stanovlenie estestvennonauchnogo myshleniya obuchayushchihsya pedagogicheskogo kolledzha: monografiya*. [Formation of natural science thinking of students of pedagogical College: monograph]. *Monografiya, Izdatel'stvo Ural'skoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny*, Troitsk, 202 p. (In Russian).

