

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И НЕЙРОСЕТИ

Дахин Александр Николаевич,

доктор педагогических наук, профессор ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск

Семёнов Николай Геннадьевич,

начальник отделения службы войск и безопасности военной службы штаба 41-й общевойсковой армии Центрального военного округа ВС РФ, подполковник, г. Новосибирск

Ярославцева Наталья Васильевна,

кандидат педагогических наук, директор Новосибирского института мониторинга и развития образования, г. Новосибирск

Ермолаев Сергей Юрьевич,

доцент кафедры технической подготовки факультета (технического обеспечения) Пермского военного института войск национальной гвардии Российской Федерации, г. Пермь

В СТАТЬЕ РАССМОТРЕНЫ ЧЕТЫРЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПА, КОТОРЫЕ ЛЕЖАТ В ОСНОВЕ АДАПТИВНО-РЕВЕРСИОННОГО ОБУЧЕНИЯ, ОБОСНОВЫВАЮТ ВАЖНОСТЬ АДАПТАЦИИ СТАНДАРТИЗИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА И ФОРМИРОВАНИЯ РЕГУЛЯРНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ (РЕВЕРСА).

• нейронные сети мозга • дефолт-система • нейрофизиологические принципы • адаптивно-реверсионное обучение

В классической педагогике разработаны принципы природосообразности [1], которые помогают преподавателю проектировать учебную деятельность, ориентируя учащегося на максимальную вовлечённость в этот педагогический процесс [2]. Принципы природосообразности формулировались задолго до того, как появились научные дисциплины, изучающие работу мозга, а сконструированные на этих принципах технологии достаточно прочно утвердились в практике обучения благодаря убедительным результатам. За последние 15 лет нейрофизиология наглядно продемонстрировала свою результативность при объяснении таких феноменов, как сознание и мышление человека. Исследуя процессы образования полноценного восприятия мира, К.В. Анохин ввёл понятие когнитона, описывающего сетевую и гиперсетевую структуру организации нервных тканей [3]. Авторская модель связывает химические процессы организма человека с психологическими феноменами в контексте субъектных переживаний индивида. В основе такой модели находится когнитон, включающий в себя матери-

альный носитель информации, т.е. собственно головной мозг, и сеть как организацию нейронов. Получается, что человек — это его когнитон. Здесь уместно перефразировать самого Рене Декарта, утверждавшего, что я мыслю, следовательно, я существую. В XXI веке эта метафора может быть сформулирована так: «Я существую, потому что у меня есть когнитоны».

Наблюдаемая в ФМРТ (функциональная магнитно-резонансная томография) работа мозга позволила определить физиологические основы когнитивных процессов и выделить так называемую дефолт-систему, определяющую характер мыслительной деятельности. В силу этих и некоторых других открытых процессов и явлений видится вполне обоснованным включение теоретических представлений из области нейрофизиологии в педагогическое проектирование, тем более что эти концепции не противоречат, а только расширяют и углубляют педагогическую практику, давая новые интерпретации и открывая дополнительные возможности для совершенствования преподавательской деятельности.

В данной статье приведены четыре принципа работы нейронных сетей мозга, на основании которых строится адаптивно-реверсионное обучение (АРО), предложенное нами для обсуждения и уже получившее частичную апробацию в научно-педагогической литературе [4].

Первый принцип открыт и обоснован А.А. Ухтомским ещё в начале прошлого века и определяется как принцип доминанты [5]. Суть доминанты заключается в том, что мозг направляет деятельность организма в зависимости от того, какая нейронная сеть является наиболее нагруженной в данный момент. Загруженность нейронной сети зависит от количества нейронных связей, образуемых вокруг очага возбуждения. Демонстрация этого принципа довольно очевидна при переключении внимания с одного объекта на другой и наблюдается повсеместно. Понимая этот механизм, можно искусственно поддерживать внимание и соответственно мотивацию на заданном интеллектуальном объекте, которым может выступать как отдельный объект, так и учебный предмет, и целая область знаний. Процесс образования нейронных связей происходит постоянно, и если целенаправленно фокусировать внимание на заданном объекте, то последний со временем образует ядро нейросети, которая при активации будет выполнять роль доминанты и обеспечивать достаточный уровень мотивации.

Как же организовать этот процесс концентрации внимания? В человеческой культуре традиционно присутствует такой формат накопления знаний, как история или миф. Этот формат образует гибкую смысловую структуру, которую можно выразить такой последовательностью: экспозиция (завязка) — развитие — кульминация — развязка. Такая последовательность наиболее естественна для фиксирования знаний и подтверждена педагогической практикой нарративных традиций. В настоящее время эта структура также используется для написания художественных текстов, вызывая повышенный интерес читателя к различным историям в противовес сухому изложению научных теорий и концепций. Поэтому для мотивации учащегося в качестве перманентного формирования дополнительных нейронных связей вокруг значимого центра образовательного предмета предлагается организовать обратную связь на базе сле-

дующего набора вопросов, направляющих, укрепляющих и развивающих мотивационную сферу школьника. По сути, ответы на эти вопросы будут содержать «промежуточные переменные», из которых в дальнейшем учитель спроектирует педагогически адаптированные цели, средства, значения и мотивы познания учащегося. Здесь прослеживается полная аналогия с когнитивным необихевиоризмом Э.Ч. Толмена.

1. Каковы изначальные условия задачи, и нет ли противоречия в исходных данных?
2. На какой результат можно рассчитывать учащемуся?
3. Какими методами школьнику следует пользоваться?
4. Кто или что поможет ученику в решении задачи?
5. Какие внешние ресурсы потребуются для разрешения противоречий?
6. Какова плата за эти ресурсы и что учащемуся следует предпринимать для получения доступа к этим ресурсам?
7. Каково вознаграждение за решённую задачу?
8. Каково общественное значение этой познавательной задачи?
9. Что школьник может обнаружить в себе, решив такую задачу?
10. Как изменится ученик, разрешивший данную проблему?
11. Какова ценность освоенных способов решения лично для учащегося?
12. Что можно рассказать своим близким, друзьям об освоенных методах решения задачи?

Каждая тройка вопросов соответствует элементам структуры истории решения конкретной задачи. Читатель может самостоятельно выбрать для себя любую задачу или предмет исследования и постараться ответить на поставленные вопросы. Сама по себе такая постановка вопросов провоцирует мозг на активацию мыслительной деятельности — мозг «не любит» неопределённостей и стремится к разрешению напряжения и заполнению смысловой пустоты. В результате таких упражнений рождается уникальная дидактическая история, которая отражает и открывает доступ к пониманию особенностей учащегося; при регулярном повторении позволяет актуализировать задачу обучения, провоцируя образование новых нейронных связей, поддерживая высокий

мотивационный уровень, что согласуется с принципом доминанты А.А. Ухтомского.

Однако для поддержания уровня мотивации одного только принципа доминанты недостаточно. Учащийся должен быть включён в дидактическую историю с актуальным для него контекстом, имеющим личностно значимое наполнение. Поэтому в процесс адаптивно-реверсивного обучения вводятся «персонажи» как промежуточные переменные (в терминологии Э.Ч. Толмена). Такое название соответствует нейрофизиологическим принципам, определяющим работу дефолт системы головного мозга.

Ниже представим образцы заданий, для выполнения которых уместно использовать первый принцип.

1. Литература. Объясните, почему фигура М.И. Кутузова в романе Льва Толстого «Война и мир», представленная автором как-то совсем не героически, показывает величие и мудрость этого русского полководца.

2. Математика. Покажите значение пропорции в математике, установите её роль в архитектуре и живописи.

3. Физика. На купюре \$100 изображён первый американец, ставший иностранным членом Императорской академии наук и художеств России, впоследствии Российской академии наук, Бенджамин Франклин. Расскажите о его вкладе в естествоиспытание и о той терминологии, которую используют все школьники мира при изучении электричества.

Второй принцип отражает работу дефолт системы мозга: интеллектуальные объекты должны быть выражены через взаимосвязи друг с другом. Только такая система обеспечивает прочное усвоение учебного материала. Выпадение термина, понятия или принципа из этой сети влечёт пробелы в структуре компетентности, характеризующей результат обучения. Поэтому необходима педагогическая адаптация материала к имеющимся у субъекта образования связям. В нейрофизиологическом контексте термин «интеллектуальный объект» означает нейронную сеть, в которой каждый элемент соответствует определённым характеристикам объекта. Если читатель вы-

зовет в своём воображении любой предмет, например «стол», то мозг при этом начнёт конструировать образ из столешницы, ножек, цвета, высоты, длины и ширины. Так рождается новый интеллектуальный объект. Он именно рождается из уже имеющихся элементов, хранящихся в памяти. Если уже знакомый нам «стол» вступает во взаимодействие с другими интеллектуальными объектами, то есть образует связи (например, на столе появляется ваза с цветами, на которую падают лучи рассветного солнца), то его значимость для мозга возрастает. В этом и есть проявление принципа доминанты. Если эти связи не устанавливаются, то объект «саморазрушается», а точнее теряется на фоне других интеллектуальных объектов, которые вступают во взаимодействие. Этот принцип во многом объясняет феномен памяти: есть моментальная память, объекты которой «исчезают» через 2–4 минуты; а есть долговременная память, в которой объекты прочно связаны друг с другом на протяжении всей жизни индивида. Попробуйте запомнить 20 произвольных существительных, которые соответствуют предметам, выделив на запоминание 2 минуты. А теперь попробуйте их воспроизвести. Без специальных мнемотехник при нормальной памяти вы вспомните 7–11 предметов. Но если в процессе запоминания вы будете связывать один предмет с другим, выстраивая их в невероятную фантастическую цепь оригинальных ассоциаций, то число воспроизведённых по памяти предметов вырастет в полтора раза.

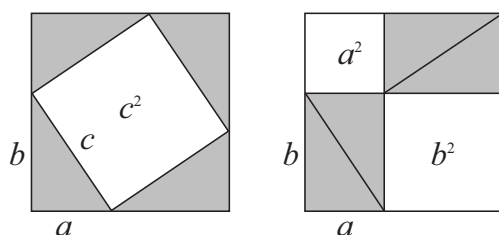
Возможно, читатель уже догадался, как можно использовать данный принцип в обучении. Посмотрите на математические формулы: каждый знак может быть привязан к определённым ассоциативным объектам внутреннего мира учащегося. Не ограничивайте себя в фантазиях: пусть скобки в алгебраических выражениях предстанут лепестками тюльпана или щитами воинов-спартанцев; квадратный корень нарисует в воображении вышку для прыжков или остриё копья; интеграл начнёт извиваться змейей, а дробная черта обозначит линию фронта сражающихся армий. Мозг каждого человека содержит огромное множество интеллектуальных объектов, которые играют существенную, а иногда доминирующую роль во внутреннем мире

индивида. Поэтому, связав новое понятие с уже имеющимся образом-ролью, мы сформируем так называемый персонаж. Эти персонажи уже не абстрактные слова и знаки, а вполне «живые» существа, обитающие во внутреннем мире школьника. И эти существа помогут написать уникальную и захватывающую историю, за которой скрывается поиск ответа к решаемой задаче.

Упражнение по выстраиванию историй на базе персонажей и математической задачи помогает актуализировать необходимость поиска ответа, раскрывая при этом внутренний мир учащегося. Само по себе построение такой истории является нетривиальной и энергозатратной для мозга процедурой. Поэтому совершенно не обязательно, что каждую задачу учащийся должен решать таким образом: со временем рациональный мозг будет напрямую оперировать абстрактными понятиями, когда они приобретут обоснованную значимость (доминанту). Тем не менее, обладая навыком сочинения историй, учащийся может самостоятельно вызывать интерес к любой изучаемой проблеме, а преподаватель, зная особенности мышления ученика, мягким природосообразным способом стимулировать учебную деятельность.

Ниже представим образцы заданий, для выполнения которых уместно использовать второй принцип.

1. Математика. Внимательно посмотрев на эти рисунки, догадайтесь, как из них следует теорема Пифагора.



2. Физика. Сформулируйте закон Ома. Приведите аналогии с социальными явлениями, установив соответствие между напряжением, сопротивлением, силой тока и какими-то социальными феноменами-персонажами.

3. История. Крымскую войну 1854 года иногда называют «Нулевой мировой войной». Объясните, какие исторические уроки

не выучила Российская империя, потерпев поражение в этой войне.

Третий принцип основан на «обратной афферентации». Его предложил Пётр Кузьмич Анохин (однофамилец уже упомянутого нами К. В. Анохина) в работе «Теория функциональных систем» для обозначения нейрофизиологических механизмов доставки информации о параметрах достигнутых полезных результатов в целенаправленной деятельности организма в центральную нервную систему. После получения отклика от внешней среды запускаются рекуррентные цепочки и обратная связь по его обработке внутри мозга. Именно так происходит научение через многократное повторение по Б.Ф. Скиннеру, которое необходимо для формирования устойчивых нейронных связей. Дело в том, что механизмов образования связей не очень много, и основным из них является механизм рекуррентной (обратной) связи.

Что этот принцип вносит в теорию адаптивно-реверсионного обучения? Во-первых, учащийся должен обязательно получить внешний отклик на свои действия. В нашем случае — на свою историю, а также на историю персонажей, которые помогли ему найти ответ к задаче. И этот отклик не следует ограничивать оценкой-числом с сухими комментариями. Учащийся должен получить возможность представить в эмоциональном контексте свою историю и обсудить её в определённой интеллектуальной среде. Как организовать такую среду? На этот вопрос пока нет однозначного ответа, и поиск решения отдаётся на откуп практикующим педагогам.

Стоит отметить, что реализация принципа многократного повторения происходит не только за счёт разбора нескольких подобных примеров и задач. Ученик, представляя свой рассказ, будет стремиться к построению определённых логических связей, а его история при этом не будет выглядеть эклектично. Мысленно школьник формирует предложения и получает ответы от воображаемых собеседников. Этот процесс внутреннего диалога обеспечивает многократную повторяемость и работу рекуррентных цепочек. Потому, что «нет никакой разницы в процессах, обеспечивающих в мозгу реальные события, их последствия, или воспоминания о них»

(И.М. Сеченов). Важно осознание учащимся совершаемых им действий и последствий изменения реальности.

Ниже представим образцы заданий, для выполнения которых уместно использовать третий принцип.

1. Математика. Определить, при каких значениях параметра a уравнение $ax^2 + 3x + 2a^2 - 3 = 0$ имеет только целые корни. Попробуйте решить задачу через прямое нахождение корней. Проанализируйте трудности, которые при этом возникают. Призовите на помощь теорему Виета, заметив мимоходом, что если корни уравнения целые, то целыми будет и их сумма, а также произведение. Это уже радует, т.к. резко ограничивает сферу поиска корней.

2. Физика. Мальчик, который может плавать со скоростью, в 2 раза меньшей скорости течения реки, хочет её переплыть так, чтобы его снесло вниз по течению как можно меньше. Под каким углом к берегу он должен плыть? На какое расстояние его снесёт, если ширина реки 200 м?

3. Литература. Роман А.С. Пушкина «Евгений Онегин» называют «Энциклопедией русской жизни». Назовите энциклопедические сведения, которые можно узнать из этого произведения.

Четвёртый принцип также связан с работой дефолт системы мозга, которая выстраивается по иерархическому принципу с определением социально значимых ролей. Обучение в социальных группах происходит тем успешнее, чем более высокую ступень в социальной иерархии занимает индивид, обладающий необходимым навыком. В АРО этот принцип также находит своё отображение в особенностях организации персонажей истории. Преподаватель обращает внимание на то, какое значение учащийся придаёт своим персонажам. Если персонажи для него играют второстепенную роль, то эти истории будут носить формальный характер. Поэтому важно отмечать, как ученик описывает роли и их взаимодействие, кто находится в главном или подчинённом положении, какие правила установлены для достижения успеха, победы. Задавая наводящие вопросы и отмечая низкую значимость

персонажей, преподаватель вызывает дополнительный интерес, изменяя первоначально равнодушное отношение к предмету и истории. Удовлетворительным можно считать положение, когда у учащегося появляются главные герои, жизнь которых описывается предысториями и красочными эпизодами.

Одновременно с внутренним раскрытием данного принципа, когда акцентируется значимость персонажей, существенную роль играет и его внешнее проявление. Учащийся не должен рассматриваться изолированно от социальной среды как некий абстрактный самодостаточный индивид. В его окружении обязательно присутствует референтная группа, представители которой воспринимаются им как авторитеты, именно они формируют мнение об успехах школьника или отсутствии таковых. Если такого человека нет, то, как правило, выбирается реальный герой из прошлого или вымышленный персонаж художественного произведения. В любом случае важно, чтобы у учащегося был значимый реципиент, принимающий результаты его учебной деятельности, тот, кто может дать положительную оценку, приободрить, чьё мнение вдохновляет. Этот феномен, известный как положительное подкрепление (оперантное обусловливание в бихевиоризме), обусловлен инстинктивной наследственностью, сформировавшей мозг человека в процессе эволюции социальных животных. От педагога зависит построение связи мотивированной учебной деятельности и объекта внешнего мира, который обуславливает положительное подкрепление. Без такого объекта обучение будет затруднительным, а поэтому нерезультативным.

Ниже представим образцы заданий, для выполнения которых уместно использовать четвёртый принцип.

1. Междисциплинарная проблема на стыке физики и химии. Все видели, как сбегает молоко. Дайте варианты объяснения этому явлению. Объясните сильные и слабые стороны своих аргументов.

2. Математика. Объясните практическую необходимость во введении в математический аппарат рациональных, действительных и комплексных чисел.

3. История. Сопоставьте менталитет каких-то народностей с особенностями их национального костюма.

По итогам представления четырёх нейрофизиологических принципов организации мыслительной деятельности мы приходим к таким выводам.

1. Учебная деятельность в АРО невозможна без обозначения значимой актуальной цели, тесно связанной с ситуативным контекстом. Для предмета изучения обозначается цель, которая на протяжении всего образовательного процесса играет роль мотивирующей доминанты. Актуализация цели производится благодаря опроснику, ответы на вопросы которого позволяют сформировать представление об особенностях мышления учащегося. Результат обучения представляется в виде личностной истории.

2. Учащийся должен чётко и ясно представлять, чему и как он обучается на любом этапе учебной деятельности. Состояние ясности достигается благодаря конструированию персонажей личностной истории через семантическое связывание характерных ролей и понятий конкретного содержания образования. Материал учебного предмета адаптируется в соответствии с личностными особенностями мышления школьника.

3. Формирование прочных нейронных связей невозможно без включения рекуррентных цепочек — механизмов получения мозгом результатов осознанной деятельности. Многократное представление того, как полученные знания влияют на реальность, обеспечивается за счёт организации обратной связи или реверса.

4. Учащийся должен иметь своего значимого реципиента, готового принять результаты учебной деятельности, а значимость персонажей его личностных историй должна быть на высоком социально-ценностном уровне.

Таким образом, на основании нейрофизиологических представлений о деятельности мозга формируются условия, необходимые для адаптивно-реверсивного обучения. Простое желание учиться не сможет сподвигнуть всю нейронную сеть к реализации достаточно энергозатратного механизма образования новых нейронных связей. Для

этого нужны определённые условия, которые представлены выше.

В заключение можно сказать, что данная модель наиболее применима для индивидуального обучения, но возможно применение указанных подходов и в классно-урочном формате образования. Это интересная педагогическая задача, в которой может быть множество новых нетривиальных решений. □

Литература

1. *Дистервег Ф.А.* О природосообразности и культуросообразности обучения / Ф.А. Дистервег // Народное образование. — 1998. — № 7. — С 10-31.
2. *Коменский Я.А.* Избранные педагогические сочинения. В 2-х томах. Т. 1. — М: Педагогика, 1982. — 656 с.
3. *Анохин К.В.* Когнитивная индексация нейронов: Cre-управляемое генетическое маркирование и изучение клеток, участвующих в обучении и памяти / К.В. Анохин, О.И. Ивашкина и др. // *Acta Naturae*. — 2018. — Т. 10, № 2. — С. 40–51.
4. *Дахин А.Н.* Когнитивная гармония математики / А.Н. Дахин // Народное образование. — 2017. — № 6–7 (1463). — С. 81–88.
5. *Ухтомский А.А.* Доминанта. Статьи разных лет. 1887–1939 / А.А. Ухтомский. — СПб.: Питер, 2002. — 448 с.

Literatura

1. *Disterveg F.A.* O prirodosobraznosti i kul'turosobraznosti obucheniya / F.A. Disterveg // Narodnoe obrazovanie. — 1998. — № 7. — S 10-31.
2. *Komenskij Ya.A.* Izbrannye pedagogicheskie sochineniya. V 2-h tomah. T. 1. — M: Pedagogika, 1982. — 656 s.
3. *Anohin K.V.* Kognitivnaya indeksaciya neuronov: Cre-upravlyaemoe geneticheskoe markirovanie i izuchenie kletok, uchastvuyushchih v obuchenii i pamyati / K.V. Anohin, O.I. Ivashkina i dr. // *Acta Naturae*. — 2018. — T. 10, № 2. — S. 40–51.
4. *Dahin A.N.* Kognitivnaya garmoniya matematiki / A.N. Dahin // Narodnoe obrazovanie. — 2017. — № 6–7 (1463). — S. 81–88.
5. *Uhtomskij A.A.* Dominanta. Stat'i raznyh let. 1887–1939 / A.A. Uhtomskij. — SPb.: Piter, 2002. — 448 s.