П. И. Томчик
Тюменский государственный университет, г. Тюмень
УДК 519.63: 37.026.9

ПРОБЛЕМНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В настоящее время активное внедрение цифровых технологий в образовательный процесс математических дисциплин высшей школы приводит к снижению качества образовательных результатов при использовании канонических репродуктивных методов обучения. В статье описывается пример подхода к занятию, основанный на проблемной ситуации поиска численного решения краевой задачи конечно-разностным методом. Сценарий занятия реализован в виде комбинации методик активных и интерактивных форм обучения.

Ключевые слова: проблемное обучение, активные формы обучения, интерактивные методы, математика в высшей школе, проблемная лекция.

Введение. На современном этапе реализации целевых программ правительства РФ в области высшего образования большое значение имеет развитие у обучающихся способностей к критическому мышлению, креативности и умений работать в команде, то есть математической компетенции в совокупности когнитивной, мотивационно-ценностной и рефлексивной сфер [1]. В результате в процессе обучения эффективно сформируются необходимые в современном обществе профессиональные навыки, такие как готовность к профессиональному росту и профессиональной мобильности, что целиком и полностью соответствует национальной доктрине образования Российской Федерации [2]. В совокупности со стремительным развитием цифровых технологий, в том числе и технологий искусственного интеллекта в условиях цифровизации высшего образования, применение традиционных, канонических репродуктивных методов обучения сталкивается с проблемой низкой вовлеченности обучающихся в учебный процесс и, как следствие этого, проблемой достижения заданного образовательного результата. Действительно, современные студенты и выпускники школ, как правило, обладают достаточно высокой цифровой грамотностью и не испытывают затруднений при конфигурировании любых цифровых приложений и сервисов, особенно в области математики. Количество математических приложений и сервисов в открытом доступе позволяет без труда получать решение для большинства сравнительно простых задач высшей математики. В результате этого занятия зачастую трансформируются в процесс индивидуального интернет-серфинга. Безусловно, ни о каком достижении поставленных образовательных целей в данном случае не может идти речи.

Проблема исследования. Итак, в явное противоречие вступают требование цифровизации высшего образования и, в то же время, отказа от существующих общедоступных цифровых средств, в виде упомянутых выше математических сервисов. Как показывает опыт проведения практических занятий в Тюменском государственном университете, проблема не имеет очевидного решения, так как любое ограничение обучающихся в использовании компьютеров, коммуникаторов, интернет ресурсов и так далее, безусловно, негативно сказывается на учебном процессе. Отсутствие легитимности налагает на преподавателя дополнительные полицейские функции и создает дополнительный барьер в интерактивном общении. Иным решением является внедрение в учебный процесс более прогрессивных инновационных комбинационных методик преподавания, сочетающих активные и интерактивные методы с использованием технологии проблемного обучения, в том числе и в рамках деятельностного подхода [3]. Общая эффективность применения концепций проблемного обучения в образовательном процессе, изложенных в работах М.А. Даниловой, В.Т. Кудрявцева, А.М. Матюшкина, И.Я. Лернера и др. [4], регулярно подтверждается многочисленными отечественными и зарубежными исследованиями.

Материалы и методы. В качестве примера технологии проблемного обучения выбрано занятие по теме: «Численные методы, схема «вверх по потоку». Данное занятие проводится в дисциплинах «Вычислительные методы в тепломассообмене» и «Вычислительная гидродинамика» в Школе компьютерных наук Тюменского государственного университета с целью ознакомления обучающихся с модификациями конечно-разностных схем численного решения краевых задач. Во время занятия решаются задачи обновления знаний, выявления ключевой проблемы численного решения и поиска практического подхода к ее разрешению. Как правило, это занятие проводится в аудиторном формате очного обучения, но следует отметить отсутствие каких-либо значимых ограничений к его проведению в дистанционном формате или на платформе коворкинга. Оптимальное количество обучающихся в группе не более 20. Структура занятия с распределением ролей обучающихся приведена в табл. 1.

Таблица 1

Структура проблемного занятия

<table>
<tr><th>Время (мин.)</th><th>Преподаватель</th><th>Студент «Эксперт»</th><th>Студент «Слушатель»</th></tr>
<tr><td>с 0 по 15</td><td>Инициирует начало занятия и утверждает составы команд</td><td>«Эксперты» информируют аудиторию о форме ДУ</td><td>«Слушатели» распределяются на две команды под лидерством «экспертов» в соответствии с личными предпочтениями формы ДУ</td></tr>
<tr><td>с 15 по 20</td><td rowspan="2">Информирует и модерирует</td><td colspan="2">Команды пишут соответствующие уравнения в разностном виде</td></tr>
<tr><td>с 20 по 35</td><td colspan="2">Оценивают преимущества того или иного уравнения в разностном виде</td></tr>
<tr><td>с 35 по 45</td><td>Постановка демонстрационной задачи, модерация во время ее решения</td><td colspan="2">Команды ищут решения демонстрационной задачи выбранного ДУ, в соответствии с результатом оценки его преимуществ</td></tr>
<tr><td>с 45 по 60</td><td colspan="3">Дискуссия: формулируют общее для разностных уравнений противоречие и проблему, ставят проблемную задачу</td></tr>
<tr><td rowspan="2">с 60 по 75</td><td rowspan="2">Модерирует</td><td colspan="2">«Мозговой штурм»:
Записывают модифицированные разностные уравнения в качестве гипотез</td></tr>
<tr><td colspan="2">Оценивают, принимают или отвергают модификации</td></tr>
<tr><td>с 75 по 90</td><td colspan="3">Утверждение результатов занятия</td></tr>
</table>

В ходе занятия рассматривается установившаяся одномерная задача с конвективным и диффузионным членом [5; 69] в дивергентной форме:

$$\frac{d}{dx}(\rho u \Phi) = \frac{d}{dx}\left(\Gamma \frac{d\Phi}{dx}\right), \quad (1)$$

где u — скорость вдоль оси x, Φ — некоторая физическая величина, Γ — соответствующий коэффициент диффузии. Уравнение неразрывности в данном примере имеет следующий вид:

$$\frac{d}{dx}(\rho u) = 0,$$

$\rho u = const$ следовательно, уравнение (1) можно переписать следующим образом:

$$\rho u \frac{d\Phi}{dx} = \frac{d}{dx}\left(\Gamma \frac{d\Phi}{dx}\right). \tag{2}$$

Итак, в начале проблемного занятия преподаватель инициирует мини-дискуссию о преимуществах численного решения того или иного вида дифференциального уравнения, во время которой студенты репродуцируют имеющиеся знания в области построения конечно-разностных схем численного решения краевой задачи. Таким образом, обучающиеся по собственной инициативе распределяются по небольшим рабочим группам, соответствующим наиболее предпочтительной, по их мнению, форме уравнения.

На следующем шаге обучающиеся репродуцируют свои знания в процессе написания уравнений в конечно-разностном виде, соответствующем выбранному ранее уравнению. Аппроксимируя левую и правую часть уравнений (1) и (2) конечно-разностным оператором и приводя подобные, приходим к следующему виду уравнений:

$$\frac{\Gamma_{x+\frac{h}{2}} + \Gamma_{x-\frac{h}{2}}}{h^2}\Phi_x = \left(\frac{\Gamma_{x+\frac{h}{2}}}{h^2} - \frac{(\rho u)_{x+h}}{2h}\right)\Phi_{x+h} + \left(\frac{\Gamma_{x-\frac{h}{2}}}{h^2} + \frac{(\rho u)_{x-h}}{2h}\right)\Phi_{x-h}, \tag{3}$$

где $(\rho u)_{x+h} = (\rho u)_{x-h} = \rho u$ для уравнения (2); h — шаг расчетной сетки.

В продолжение начатой дискуссии очевидно отсутствие принципиальной разницы уравнений (1) и (2) в конечно-разностном виде. Чтобы проиллюстрировать недостаток численной схемы (3) преподаватель предлагает обучающимся решить следующую демонстрационную задачу:

Возьмем в качестве физической величины Ф температуру T, поскольку закон передачи тепла является интуитивно понятным. Введем следующие обозначения:

$$F = \frac{\rho u}{h}, D = \frac{\Gamma}{h^2},$$

тогда:

$$T_x = \frac{\left(D_{x+\frac{h}{2}} - \frac{F_{x+h}}{2}\right)T_{x+h} + \left(D_{x-\frac{h}{2}} + \frac{F_{x-h}}{2}\right)T_{x-h}}{D_{x+\frac{h}{2}} + D_{x-\frac{h}{2}}}. \tag{4}$$

Пусть $D_{x+\frac{h}{2}} = D_{x+\frac{h}{2}} = 1$, а $F_{x-h} = F_{x+h} = 4$. Если темпера $T_{x+h} = 200$, а $T_{x-h} = 100$, то значения температуры между этими точками в соответствии с (4) равняется $T_x = 50$. Противоречие очевидно — с физической точки зрения интуитивно понятно, что температура между точками T_{x+h} и T_{x-h} не может быть меньше, чем температура в этих точках, то есть не может быть равной 50. В решении нарушено так называемое правило коэффициентов: коэффициенты при членах уравнения Φ_x, Φ_{x+h}, Φ_{x-h} не должны принимать отрицательные значения.

Итак, в итоге обучающиеся оценивая результат своих действий во время решения данного демонстрационного примера, определяют проблему численной схемы, тем самым инициируя процесс поиска возможностей разрешения имеющегося противоречия. Преподаватель со своей стороны участвует в дискуссии в роли модератора. Кульминацией всего занятия становится аналогия с речным потоком, в которой запись диффузионного члена в конечно-разностном виде остается прежней, а значение Φ_{x+h} принимается равным значению Φ_x при выполнении неравенства $F_{x+h} > 0$ (аналогично определяется значение Φ_{x-h}). Данная численная схема называется схемой «вверх по потоку» и имеет следующий вид:

$$\left(\frac{\Gamma_{x+\frac{h}{2}} + \Gamma_{x-\frac{h}{2}}}{h^2} + \frac{(\rho u)_{x+h}}{2h}\right)\Phi_x = \frac{\Gamma_{x+\frac{h}{2}}}{h^2}\Phi_{x+h} + \left(\frac{\Gamma_{x-\frac{h}{2}}}{h^2} + \frac{(\rho u)_{x-h}}{2h}\right)\Phi_{x-h}. \tag{5}$$

Очевидно, что в схеме (5) правило коэффициентов, безусловно, выполняется. Обучающиеся самостоятельно записывают модифицированные численные схемы для выбранного в начале практического занятия вида исходного уравнения. Занятие завершается диалогом преподавателя со студентами, оценкой выполненной работы, эмоциональным и интеллектуальным закреплением результата учебной встречи.

Результаты. Как видно из распределения ролей в предлагаемом формате занятия, задача преподавателя от постановки и проверки выполнения учебных заданий расширяется до функций организатора и модератора учебного процесса, наставника и консультанта (при необходимости). Происходит трансформация формата занятия от традиционной, канонической репродуктивной формы к формату интерактивного диалога между обучающимся и наставником. В результате использования описываемого сценария, обучающиеся более охотно и активно включались в процессы формализации поставленной математической проблемы, генерации гипотез для их решения, непосредственно обучаясь практическим навыкам поиска разрешения предложенной проблемной ситуации.

Заключение. Анализ проведенных занятий в группах студентов старших курсов Школы компьютерных наук Тюменского государственного университета показал, что работа с предложенной проблемной ситуацией позволила проявлять обучающимся творческий креативный подход в поиске ее решения, а успех в достижении поставленных целей стимулировал повышение интереса к процессу познания в целом. Следует отметить высокие образовательные результаты обучения у студентов на предложенном примере, что позволяет сделать заключение о положительном влиянии на общую образовательную активность.

В заключении следует отметить специфику требований к проблемной ситуации в силу того, что проблемное содержание безусловно должно соответствовать целям формирования системы знаний в соответствующей предметной области [6]. Успешность и эффективность данной образовательной технологии во многом определяют искусственные интеллектуальные затруднения, требующие от обучающихся применения творческого и креативного подхода к их преодолению во время учебного занятия в предлагаемой симуляции. Соответственно, ключевым моментом для преподавателя является непосредственный выбор постановки математической задачи, как инструмента создания проблемной ситуации [4, 7]. Необходимость создания очевидного противоречия между имеющимися навыками, умениями и знаниями и предъявляемым ситуацией требованиям для обучающихся ограничивает применение существующих дидактических и методических материалов, что создает общепризнанное препятствие для применения технологии проблемного обучения в том числе и в высшей школе [4]. Следует отметить, что снятие данного ограничения невозможно без соответствующих комплексных и специализированных исследований, которые продолжаются на базе Школы компьютерных наук Тюменского государственного университета в процессе реализации ядерных и элективных учебных программ очной формы обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аронов А.М. О понятии математическая компетентность / А.М. Аронов, О.В. Знаменская // Вестник Московского университета. Серия 20: Педагогическое образование. — 2010. — № 4. — С. 31-43. — DOI 10.51314/2073-2635-2010-4-31-43. — EDN NDNWAD.
2. Дятлова Р.И. О применении метода проблемного обучения в преподавании в высшей школе / Р.И. Дятлова // Colloquium-Journal. — 2019. — № 16-3 (40). — С. 16-17. — EDN TVGMTB.
3. Деятельностный подход в образовании / А.М. Агапов, А.М. Аронов, Е.А. Асонова [и др.]; Московский городской педагогический университет. Кн. 2. — Москва: Некоммерческое партнерство содействия научной и творческой интеллигенции в интеграции мировой культуры «Авторский Клуб», 2019. — 304 с. — ISBN 978-5-907027-25-1. — EDN LRPUMG.
4. Евдокимов Р.М. Проблемное обучение в высшей школе / Р.М. Евдокимов, П.А. Атоян, Е.Ю. Полковникова // Вопросы педагогики. — 2019. — № 4-2. — С. 93-101. — EDN ZEUNKP.
5. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. — М.: Энергоатомиздат, 1984.
6. Поладова Б.Б. Проблемное обучение как фактор оптимизации математической подготовки в высшей школе / Б.Б. Поладова // Вестник Университета Российской академии образования. — 2020. — № 1. — С. 43-59. — DOI 10.24411/2072-5833-2020-10005. — EDN UZDIEW.
7. Истамов Ф.Х. Правильный выбор решения проблемного обучения в высшей школе / Ф.Х. Истамов, З.П. Ахмедова, А.И. Дустов // Новые технологии в учебном процессе и производстве: Материалы XIX Международной научно-технической конференции, Рязань, 14-16 апреля 2021 года. — Рязань: Индивидуальный предприниматель Жуков Виталий Юрьевич, 2021. — С. 245-250. — EDN SPVAGY.