

Логика построения курса общей физики в педагогическом вузе

Рассмотрены методологические принципы, определяющие логику построения курса общей физики: наукообразности, социокультурной сообразности и профессиональной направленности курса. В соответствии с современным наполнением этих принципов и изменяющимися функциями учителя предлагается в качестве единицы построения курса общей физики рассматривать научную концепцию и выстраивать курс согласно методологической линии «концепция — раздел — теория — тема». Подробно анализируется, как на выдвинутых теоретических принципах можно построить раздел «Молекулярная физика и термодинамика». Приводятся результаты экспериментального преподавания этого раздела курса в педагогическом вузе.

Проблема логики построения учебных курсов физики является одной из ведущих в методике профессионального физического образования. В основе предлагаемой модели лежит представление о курсе общей физики как о высокоструктурированной системе¹. На пути создания модели развития курса первой встает проблема выделения структурной единицы его построения. В соответствии с закономерностями развития сложных систем, выбор единицы построения, разработка структуры и отбор содержания курса общей физики определяются ограниченным числом основополагающих параметров-принципов.

Структура и содержание курса общей физики регулируются принципами наукообразности, социокультурной сообразности². Как показывает анализ наиболее часто используемых учебных пособий по курсу общей физики, процесс включения в учебные курсы новых научных результатов обычно осуществляется в несколько этапов: отдельные примеры, элементы теории, отдельные дополнительные главы.

Возможности и объективные условия для переноса и органичного встраивания новых научных концепций и последующего их становления в качестве базовых элементов учебного курса общей физики создаются по мере осознания роли и мес-

та новых результатов в системе научных представлений, удовлетворительного объяснения на их основе значительного круга природных процессов и явлений. В периоды изменения научных парадигм, представлений о месте, роли, значении, целях и задачах физики именно *принцип наукосообразности* приобретает решающее значение при обосновании структуры и содержания курса общей физики и определяет характер его развития.

В периоды социальных революций и значительных изменений социокультурной ситуации в обществе образование становится востребованным в качестве мощного рычага изменения или поддержания общественных настроений. Переход к такому пониманию функции образования предполагает не только изменение методики и технологии преподавания учебных дисциплин, в том числе курса общей физики, но и изменение базовых идей курсов, их содержания и структуры, ведущим в этом процессе становится *принцип социокультурной сообразности*.

При построении курса общей физики педагогического вуза важную роль играют и цели профессиональной подготовки студентов. Современный характер социальной и общественной жизни, колоссально возросшая роль неустойчивых состояний привели к изменению востребованных и ценимых обществом качеств личности. Так, все более значимыми для общества и необходимыми для отдельного человека становятся умение ориентироваться и адаптироваться к изменяющимся условиям деятельности, умение самостоятельно принимать решения и брать на себя ответственность за них. В характере и скорости протекания процессов в обществе особая роль принадлежит учителю.

Происходящие трансформации влекут за собой потребность корректировки целей высшего педагогического образования и поиска механизмов их достижения. Чтобы выделить эти цели, необходимо определить характер изменений профес-

сиональной педагогической деятельности и, соответственно, требований к учителю.

Так, работа с учащимися всегда проходила в изменяющихся условиях, в ситуации неопределенности. В современной школе учебные ситуации характеризуются все меньшей предсказуемостью. В связи со значительным упрощением доступа учеников школ к информации от учителя требуется постоянно совершенствовать знания по предмету, быть в курсе современного развития ситуации в соответствующей науке, уметь ориентироваться в потоке научной и псевдонаучной информации, оценивать мировоззренческое значение новых результатов и возможную степень их воздействия на представления учеников о мире.

Современному учителю необходимо разбираться в вопросах составления программ, так как изменения в содержании образования происходят постоянно, а школам предоставлена определенная самостоятельность при выборе образовательных и учебных программ. Кроме того, сегодня учитель должен не только владеть своим предметом, но и увязывать его с общей программой образовательного учреждения, уметь обосновывать предполагаемые нововведения и изменения перед учащимися, родителями, администрацией школы. Таким образом, возрастает роль субъективных представлений каждого учителя о структуре и содержании его учебного предмета, о целях его преподавания, повышается личная ответственность педагога за результаты обучения школьников.

Как изменяются в связи с этим цели педагогического образования? Новые функции учителя требуют целенаправленного формирования педагогического мышления не только в рамках психолого-педагогического и методического циклов дисциплин, но и в процессе преподавания базовых дисциплин при подготовке специалистов в педагогическом вузе. Таким образом, методология курса общей физики должна обеспечить реализацию целого

ряда показателей, которые, как правило, не представлены в физике, но должны присутствовать в методологических и методических решениях при построении учебного курса этой науки.

В течение длительного периода времени имело место ценностно-нейтральное отношение науки к личности человека, к его жизненно важным проблемам и выведение всякого элемента субъективности за пределы научного знания. Это привело к наблюдающемуся и сейчас стремлению к максимальной объективности предъявляемого студентам физического знания, к полному исключению из него субъективных личностных аспектов. Тем самым игнорировалось существование личностных смыслов (А. Н. Леонтьев) — индивидуализированного отражения действительного отношения личности к тем объектам, ради которых разворачивается ее деятельность, — осознаваемое как «значение для меня» усваиваемых знаний о мире.

Значение достижений физики для отдельного человека прослеживается в учебных вузовских курсах физики, за редким исключением, лишь через их прикладной аспект. Эпизодически рассматривается только роль физики как базы для развития технических наук, которые преобразили мир, сделали общество индустриальным и постиндустриальным. Тем самым продолжает воспроизводиться и поддерживаться мировоззренческая позиция господства человека над природой, являющейся объектом управления.

Развитие собственной субъективности студентов и представлений о ее ценности — одна из задач, решение которой может приблизить к достижению поставленной выше цели. Поддержка субъективности студентов может быть реализована положительной оценкой их стремления к отысканию и нахождению собственного пути решения учебной физической задачи, собственной логики рассмотрения того или иного вопроса, то есть через методику проведения занятий. Но в курсе общей физики это не единственно возможный

путь, огромными резервами в этом направлении обладает содержание курса.

Современный подход к содержанию вузовских курсов заключается в том, что материал становится не только источником информации для подтверждения или опровержения теоретических положений и построений. Курс представляет собой уникальное содержание науки, состоящее из открытий конкретных ученых, сделанных в конкретное время, содержание со своей историей и культурой. Мало того, новый этап развития физики, характеризующийся исследованием нестационарных нелинейных процессов, позволяет не сводить субъективный компонент содержания курса общей физики только к введению элементов историзма и к раскрытию содержания науки в связи с историей и культурой соответствующего периода.

Так, особое значение для человечества в сложившихся условиях приобретает осознание каждым целостности мира, наличия неразрывных сложных связей между всеми его элементами. В решение этой проблемы изучение физики будущими учителями физики способно внести свой вклад путем формирования у студентов целостной физической картины мира и отражающей ее системы физических закономерностей. Этого невозможно достичь только путем решения многочисленных задач-головоломок в рамках «нормального» изложения учебного материала, без изучения путей выбора существующих теорий и моделей в качестве предпочтительных.

«...Человек, читающий учебник, может, не имея на то ни малейших оснований, легко принять применения теории за ее доказательство, за основание, в силу которого ей следует доверять». «Ученые исходят в своей работе из моделей, усвоенных в процессе обучения и из последующего изложения их в учебной литературе, часто не зная и не испытывая никакой потребности знать, какие характеристики придали этим моделям статус научных парадигм»³

Традиционно в курсе общей физики излагаются победившие парадигмы, без их побежденных теорий-соперниц, что мало способствует развитию у студентов убеждения в непрерывности и сложности процесса развития системы физического знания. Изменить это положение может отражение в курсе идеи незавершенности физического знания, прослеживание характера влияния научных открытий на представления о механизмах протекания одного и того же явления и последующих качественных преобразований системы физического знания в целом.

Не менее важно, что последовательное проведение таких идей через курс направлено и на формирование представлений о соотношении содержания научных результатов и содержания учебных курсов. Методы представления научных результатов специально рассматриваются в курсе методики преподавания физики, но, изучая курс общей физики, будущие учителя получают примеры создания и использования этих методов, примеры логики составления и структурирования учебных программ. И, самое значительное, создается собственная система представлений будущих педагогов о структуре физики и методах ее представления.

Итак, новые социокультурные условия, тенденции развития физики и меняющиеся функции учителя требуют изменения «идеологических» оснований, структуры и содержания курса общей физики, разработки его нового методологического основания, включающего в качестве элементов идеи развития и целостности мира.

При выделении структурной единицы и построении модели современного курса общей физики необходимо обеспечить его рассмотрение как одного из элементов более широкого целого. Это становится возможным, если структурной единицей модели является «научная концепция», воспроизводящая структуру и генезис науки как целостности.

В большинстве существующих учебных пособий по курсу общей физики в качестве единицы построения используется научная теория. Теория как «некоторое упорядоченное (обычно аксиоматически) множество предположений (языковых высказываний), обладающее качеством замкнутости относительно дедуктивных методов (теорем)»⁴, не соответствует в качестве единицы построения курса сегодняшнему наполнению принципов наукообразности и социокультурной сообразности, а также рассмотренным выше целям и задачам педагогического физического образования. С одной стороны, сейчас теория перестает быть вершинным элементом разработки в науке, а с другой, такой выбор не предполагает выхода на целостное восприятие системы физических закономерностей. Таким образом, научная теория в качестве единицы построения курса не может адекватно отразить современные тенденции ни в развитии физики, ни в развитии социума.

Выбор единицы построения курса общей физики задает и схему его построения. Выстраивание методологической линии «концепция — раздел — теория — тема» позволяет рассматривать как отдельную теорию, так и весь курс в качестве целостного образования, в отличие от его представления в виде набора изучаемых явлений и закономерностей.

В качестве стержневых концепций современного курса общей физики необходимо рассматривать две группы концепций, выделенных по разным основаниям. Одна группа: концепция классической физики и концепция квантовой физики. Другая — классификация по степени удаленности состояния изучаемых систем от равновесного. Согласно этому основанию, можно выделить концепции равновесной, линейной неравновесной и нелинейной физики.

Традиционно в курсах общей физики особое внимание уделяется закономерностям поведения систем в равновесных

состояниях и закономерностям смены этих состояний. Новая методологическая линия построения курса не столько диктует введение значительного объема нового материала, сколько изменяет систему физических представлений, место традиционно изучаемого, целесообразность его изучения в курсе как основы понимания новых концепций (закономерностей поведения систем более высокого уровня сложности).

Когда современные идеи и концепции не просто выделяются в отдельные главы, а рассматриваются на протяжении всего курса, изменяется взгляд даже на традиционно изучаемые в общей физике закономерности. Это, в свою очередь, часто позволяет глубже и полнее раскрыть суть рассматриваемых процессов, более точно и обоснованно определить их место в курсе, целесообразность их изучения. На основе новых содержательных идей курса создается его более целостная основа и проявляется единство внутренней структуры, становятся яснее связи между физическими законами, а границы их применимости — отчетливее. Целостность содержания формирует представления о целостности системы физических закономерностей и мировоззрение, включающее понимание взаимосвязанности природных систем и сложных неразрывных взаимодействий между ними.

Для проверки гипотезы о востребованности такой логики построения курса общей физики проводилось анкетирование студентов выпускных курсов с целью выяснения характера и степени влияния на их мировоззрение курса «Современные достижения физики». В этом курсе рассматривались элементы динамики неустойчивых состояний, закономерности динамического хаоса, элементы теории катастроф, поведение термодинамических систем, далеких от равновесия, проблема информационных процессов в природе и обществе, проблема необратимости.

Большинство студентов (84,3%) отметили изменение своих представлений о

мире и месте человека в нем. Некоторые посчитали нужным пояснить характер этих изменений. Например: «оказывается, мир не так прост, как кажется...»; «открылись новые представления, о которых раньше не задумывались» и т. п.

Ответ выпускников педвуза на вопрос: «Можно ли построить курс общей физики на идеологии курса "Современные достижения физики"?» можно считать фактически экспертной оценкой возможности и целесообразности изменения методологии курса общей физики. 56,3% респондентов считают, что имеются и возможность, и необходимость таких изменений, еще 13,8%, отмечая существование возможности, затруднились оценить целесообразность такого шага.

С другой стороны, ответы на эти вопросы можно рассматривать как оценку востребованности подобного рода изменений курса общей физики в среде выпускников. В качестве обоснования необходимости изменений основополагающих идей курса студенты указывали, например, следующие аргументы: «должна складываться целостная картина мира, чтобы все разделы объединились»; это показало бы, что физика живая и развивающаяся наука»; «чтобы способствовать развитию мышления и помочь найти ответы на многие вопросы»; «формировать научность миропонимания выпускника вуза»; «так как большая часть процессов в мире подчиняется вероятностным закономерностям и имеет множество путей развития»; «нельзя готовить детей к однозначным результатам, они должны понимать, что существуют неустойчивости, которые приводят к неоднозначным результатам».

Эти ответы говорят о заинтересованности студентов в новом содержании курса. Приведенные результаты свидетельствуют в пользу гипотезы, что курс общей физики, построенный с учетом последовательного отражения в его логике основных идей физики неустойчивых состояний и неравновесных процессов,

будет способствовать формированию личностных знаний студентов и их структурированию. Концептуальные основания⁵ и конкретное воплощение⁶ построения такого курса были разработаны.

Рассмотрим возможное построение на изложенных принципах раздела «Молекулярная физика и термодинамика» курса общей физики и покажем, что построенный таким образом курс позволяет достичь указанных целей, отвечающих современному состоянию физической науки, социокультурной ситуации и современным требованиям к учителю физики.

Применительно к разделу «Молекулярная физика и термодинамика» первая из названных групп концепций не представлена в полном объеме, так как изучаются такие системы и происходящие в них процессы, что их адекватное объяснение может быть дано в рамках классических представлений. Однако и здесь имеется возможность готовить студентов к пониманию главной идеи квантовой физики — идеи дискретности (в данном разделе — дискретности вещества). Кроме того, некоторые рассматриваемые в разделе закономерности невозможно объяснить, используя только классические представления. Например, температурную зависимость теплоемкости газов, парадокс Гиббса при диффузии газов и третье начало термодинамики.

Концепции второй группы четко прослеживаются. В случае рассматриваемого раздела соответствующими теориями являются: равновесная термодинамика и равновесная статистическая физика; линейная неравновесная термодинамика; нелинейная термодинамика.

Изучение равновесной статистической физики проводится через рассмотрение закономерностей равновесных состояний системы, к которой может применяться модель идеального газа. Ключевым понятием равновесной статистической физики и термодинамики является понятие «термодинамическое равновесие». Именно на его основе устанавливаются пути опреде-

ления различий в подходах к анализу равновесных и неравновесных термодинамических процессов и границ применимости соответствующих теорий. По мере развертывания курса выявляются характерные признаки состояния термодинамического равновесия.

Представления о каких из этих признаков и когда можно сформировать у студентов? В начале курса традиционно рассматриваются газовые законы, но их рассмотрению предшествует введение понятия «параметры состояния». Причем обычно не указывается «частный» характер этого определения, так как только в состоянии термодинамического равновесия параметры состояния не зависят от координат и от времени. Именно это позволяет проводить измерения температуры в любой точке системы, находящейся в состоянии термодинамического равновесия, и утверждать, что полученное значение величины и есть температура системы. Это позволяет также измерять давление, оказываемое газом на поверхность любого размера, выбранную в любой области внутри или на границе такой системы, и считать, что такое же давление газ оказывает на любую другую часть этой поверхности.

Уравнение Менделеева—Клапейрона можно получить как обобщение экспериментальных газовых законов Бойля—Мариотта, Гей-Люссака, Шарля и Авогадро. Вместе с тем оно представляет собой следствие основного уравнения МКТ идеального газа и молекулярно-кинетического определения температуры. Совпадение этих результатов говорит об эквивалентности двух определений модели идеального газа: с одной стороны, — из термодинамических соображений, как газа, подчиняющегося экспериментальным газовым законам, с другой стороны, как системы классических частиц, которые можно считать материальными точками, взаимодействующими только при столкновениях, причем упругих. Таким образом, с самого начала изучения разде-

ла можно избежать изучения теорий как единиц построения курса и показать различие и единство подходов и методов изучения целостного объекта — газа.

При рассмотрении основного уравнения МКТ идеального газа необходимо исключить допущения, которые затем будут опровергнуты при строгих расчетах, основанных на использовании функций распределения Максвелла. Представляется, что в начале курса следует придерживаться подхода, предложенного Телесниным⁷, внося уточнения о характере используемых при этом усреднений. Кроме того, очевидно, что при таком подходе практически не допускаются ошибки, формируется представление о свойствах равновесного состояния в термодинамических системах; устанавливается, что в равновесном состоянии нет необходимости учитывать столкновения молекул друг с другом, так как молекулы только обмениваются между собой импульсами и во всех частях сосуда устанавливается одинаковое распределение молекул по импульсам, т. е. столкновения не оказывают влияния на давление, производимое газом. Таким образом, видно, что особенности равновесного состояния проявляются как на макро-, так и на микроуровнях.

Состояние термодинамического равновесия — условие, которое явно используется при получении распределения молекул по проекциям скорости. Рассмотрение распределения молекул газа по координатам позволяет выявить еще один признак равновесного состояния — механического равновесия любого элемента объема системы. Здесь начинается подготовка к пониманию понятия «локальное равновесие» через определение физически бесконечно малого объема. Принцип детального равновесия для элементов фазового объема, занятого системой, предстает, в таком случае, обобщением всех признаков равновесного состояния на микроскопическом уровне.

Рассмотрение распределения молекул газа по длинам свободного пробега обусловлено необходимостью строгого анализа процессов переноса в газах на основе методов статистической физики, где требуется знать среднее расстояние вдоль выбранной оси, проходимое молекулой между двумя последовательными столкновениями. Важно также подчеркнуть роль столкновений между молекулами в процессе установления теплового равновесия и подвести студентов к пониманию необходимости уточнения модели идеального газа. Столкновения невозможны между материальными точками, а потому в ситуациях, когда столкновения играют некоторую роль, молекулы принимают за упругие шарики размером порядка 10^{-10} м.

В значительном числе случаев для определения значений параметров состояния удобно использовать термодинамический подход. В связи с этим дальнейшее рассмотрение закономерностей смены равновесных состояний проводится при рассмотрении равновесной термодинамики. Первой вводимой моделью становится «квазиравновесный процесс». Важно сразу установить временные границы, в которых процесс можно рассматривать как квазиравновесный, и границы применимости равновесной термодинамики в целом. Однако уже в этой части курса важно показать отличия квазиравновесных и неравновесных процессов, например, анализируя процесс расширения газа в пустоту. Проблема объяснения температурной зависимости теплоемкости газа позволяет начать формировать представление об отличиях поведения классических и квантовых частиц.

Представление о границах применимости системы начал равновесной термодинамики продолжает формироваться при изучении второго начала термодинамики. Построение термодинамической шкалы температур позволяет вновь вернуться к вопросу о термодинамическом равновесии и установить связь термодинамиче-

ской и идеально-газовой температурных шкал.

Термодинамическое определение энтропии следует дать также вместе с установлением границ его применимости, которые будут в дальнейшем сравниваться с областью возможного использования формулы Больцмана. Изучение второго начала термодинамики дает возможность установить направление протекания процессов в изолированных термодинамических системах, установить соотношение между степенью неупорядоченности систем и удаленностью от равновесия. Анализировать второе начало равновесной термодинамики необходимо так, чтобы подготовить студентов к пониманию незначительности класса природных процессов, для которых выполняется рассматриваемый критерий эволюции, дать представление о характере изменения энтропии при усложнении систем.

Как пример использования результата за границами его применимости стоит рассматривать концепцию тепловой смерти Вселенной и предложенный Больцманом выход из этого мировоззренческого тупика. При его обсуждении можно еще раз подчеркнуть роль флуктуаций и их относительную величину в системах многих частиц. Обсуждение мировоззренческих вопросов происхождения структур будет продолжено при изучении неравновесных процессов.

В неравновесной термодинамике понятие параметров состояния получает более общее толкование, их больше невозможно считать не зависящими от координат и времени. Но определение параметров состояния не может быть проведено без введения принципа локального равновесия, согласно которому объем, занятый системой, разбивается на элементы, каждый из которых находится в квазиравновесном состоянии. Размеры каждого такого элемента много меньше размера всей системы, но много больше размеров молекул, что позволяет производить усреднение по частицам в преде-

лах объема и приписывать каждому такому элементу свои значения параметров состояния. Поэтому при индуктивном построении раздела равновесная термодинамика и равновесная статистическая физика становятся не частным случаем (каковыми их вполне можно считать с точки зрения структуры физики), но необходимым условием установления закономерностей поведения систем более высокого уровня сложности.

В рамках линейной неравновесной термодинамики проводится в основном изучение стационарных процессов. Однако и в этом случае термодинамический подход — не единственный инструмент анализа таких процессов. Их изучение начинается с явлений переноса в идеальном газе и вакууме, причем рассмотрение проводится на основе статистической физики. Таким образом, опять подчеркивается единство процессов в природе и роль теорий как средства их описания и объяснения. Принцип локального равновесия позволяет использовать равновесные функции распределения в пределах физически бесконечно малых объемов, находящихся в состоянии термодинамического равновесия.

Особенно важным для прослеживания концепций равновесной и линейной неравновесной физики является четкое разграничение равновесных и стационарных процессов. Например, при анализе протекания эффузии, которая в некотором временном интервале является стационарным процессом, в дальнейшем система переходит в равновесное состояние.

Качество классификации фазовых переходов, проведенной в данном разделе, определит степень легкости понимания студентами закономерностей фазовых переходов, рассматриваемых в разделе «Электричество и магнетизм». Здесь необходимо выделить основные признаки фазовых переходов. Следует особо подчеркнуть, что изучаемые фазовые переходы первого рода являются равновесными. В ходе рассмотрения закономерностей

фазовых переходов первого рода устанавливается необходимость механического, теплового и динамического равновесия.

Существование неустойчивых неравновесных — метастабильных — состояний предсказывается из анализа изотерм газа Ван-дер-Ваальса. Рассмотрение метастабильных состояний и гистерезиса очень важно при установлении роли флуктуаций в скачкообразном изменении состояний системы и признаков фазового перехода первого рода.

Кроме фундаментальных теоретических выводов, характер рассмотрения в курсе общей физики элементов физики конденсированного состояния позволяет подробно остановиться на объяснении широкого круга природных явлений на основе изучаемых закономерностей. Для объяснения экспериментальных законов Генри, Рауля, Вант-Гоффа, описывающих поведение слабых растворов (стоит рассматривать не только жидкие растворы, но и растворение газов в твердых телах и жидкостях) вновь используется модель идеального газа и представления о равновесном состоянии.

Даже не анализируя подробно явления переноса в жидкостях и твердых телах, возможно дать представление о границах применимости экспериментальных законов, описывающих эти процессы, роли дефектов структуры в механизмах переноса. Вопрос классификации дефектов невозможен без представления о термодинамической устойчивости точечных дефектов и использования распределения Больцмана. Что касается структуры кристаллов, то рассмотрение кинетической природы прочности позволяет установить роль дислокаций в механизме упругости и прочности и обусловленный их движением вероятностный характер разрушения образцов.

Явления переноса в газах, рассмотренные в середине курса, и еще более широкий круг процессов, исходя из подхода статистической физики, можно описать на основе линейной неравновесной тер-

модинамики. Здесь продолжает формироваться введенное ранее понятие локального равновесия. Физическая величина «плотность потока» рассматривается как характеристика для описания неравновесных процессов различной природы. Локальные формулировки первого и второго начал термодинамики невозможно рассматривать без введения плотности потока энергии и соответственно плотности потока энтропии. Закономерности переноса в газах тоже записываются для плотностей потоков переносимых величин.

Локальную формулировку второго начала можно получить при анализе процесса переноса тепла (теплопроводности), тем самым еще раз подчеркнув единство процесса и различие в подходах к его описанию. На основе локальной формулировки второго начала в рамках линейной термодинамики устанавливается критерий эволюции, направление протекания процессов в системах, не слишком далеких от равновесия. И стационарный процесс рассматривается как состояние, к которому стремятся такие системы.

Здесь затронут еще один аспект проблемы построения раздела «Молекулярная физика и термодинамика», связь выделенных концепций и уровня сложности систем. По мере развертывания курса анализируется проблема усложнения систем, устанавливается, что изолированные системы стремятся к равновесному состоянию, а линейные термодинамические системы при неизменных внешних условиях — к стационарному. Класс систем, в которых могут протекать процессы самоорганизации, определится в рамках качественного рассмотрения вопросов нелинейной неравновесной термодинамики на примерах конвекции Бенара и турбулентного течения жидкости. Рассмотрение процессов самоорганизации направлено на формирование мировоззренческой позиции о возможности естественного возникновения жизни.

Таким образом, в представлениях студентов целенаправленно формируется

структура раздела и, что еще более важно, создается основа для встраивания новых знаний при изучении следующих разделов курса общей физики.

В одной статье невозможно подробно проследить механизм достижения всех целей, стоящих перед содержанием курса общей физики в педагогическом вузе. Так, тесно связана с рассмотренными выше вопросами проблема формирования модельных представлений студентов. Еще одной целью курса является формирование представлений о методах физического познания, о логике физических исследований и их представления в учебных курсах физики. Ясно, что в курсе физики крайне редко какие-либо результаты рассматриваются именно теми путями, какими он были получены. Однако проследить цепочку (чаще — ее часть): эксперимент — гипотеза — эксперимент — теория; провести идею ценности новых знаний и моделей для развития физики и для изложения курса возможно и не следуя историческими путями развития физики. Студенты как будущие педагоги должны отличать сами научные знания и методы их представления, поэтому следует подчеркивать, что исторически получение рассматриваемых результатов было принципиально иным, обязательно упоминать о принципах их получения, о причинах существования неудачной терминологии.

Степень достижения поставленных выше целей формирования личностных знаний студентов, их собственной системы физических представлений, педагогической направленности этих знаний невозможно определить по результатам написания контрольных работ и сдачи экзаменов. Наблюдения преподавателей за процессом и результатами учебной и внеучебной деятельности студентов носят опосредованный и субъективный характер и являются дополнительным источником информации о характере знаний студентов. Метод экспертных оценок в данном случае также имеет лишь вспомогательное значение.

Достоверные результаты при ответе на вопрос о характере приобретенных студентами в вузе физических знаний могут дать долгосрочные наблюдения и комплексные социологические исследования групп студентов, при подготовке которых ставились различные цели, выбирались различная структура и содержание курса, использовались различные методы и формы организации обучения. Возможно, что такие исследования не проводятся в связи с тем, что при огромных временных и прочих затратах лишь через несколько лет после окончания студентами вузов будут получены данные для обоснования корректировки целей, содержания, структуры курса общей физики и методов его преподавания. Однако изменение требований к образованию происходит значительно быстрее, нужны более «мобильные» методы.

Можно предложить путь, учитывающий, что осознание базовых положений того или иного курса влияет на содержание познавательного опыта студентов, который не только учитывается, но и приобретает, изменяется в процессе обучения в вузе. Таким образом, по тому, в какой степени отражаются основные идеи курса в познавательном опыте, влияют ли они на его изменение, становится ли опыт вследствие этого менее противоречивым, можно судить о том, становятся ли знания, приобретаемые в процессе изучения курса, личностными.

Для анализа влияния курса на жизненный познавательный опыт студентов необходимо исследовать их отношение к методологическим принципам и базовым идеям, положенным в основу того или иного курса, к его внутренней структуре. С этой целью было проведено анкетирование студентов второго курса по окончании изучения раздела «Молекулярная физика и термодинамика». Кроме того, в начале изучения раздела студенты получили задание составить структурную схему раздела. С выполнением этого задания все студенты справились успешно. Схемы

отличались друг от друга. Это позволяет предположить, что у каждого студента сложилась или складывается собственная система физических представлений. Можно отметить, что в различных вариантах линия *равновесные — неравновесные процессы (состояния, теории)* прослеживается в 92% представленных схем.

Одна из групп вопросов анкеты выявляла представления студентов педвуза о структуре своих знаний по физике и структуре курсов общей физики. Интересно сопоставление результатов, полученных при анкетировании студентов пятого курса, изучавших курс общей физики, построенный по традиционной схеме, и второго курса. Необходимость структуры в знаниях физики отметили все студенты обеих рассматриваемых групп. Наличие же такой структуры в своих знаниях констатировали 53,3% — пятый курс и 60% — второй курс, существование нечеткой структуры — 20% и 40% соответственно. Неожиданным является тот факт, что 6,7% пятикурсников отмечают отсутствие структуры в своих знаниях, и еще столько же студентов говорят о частичном наличии такой структуры, что фактически равносильно ее отсутствию. Относительно наличия в курсе общей физики сквозных идей получены следующие результаты. «Сквозные идеи существуют» — отвечают 73,3% студентов пятого курса и 84% студентов второго курса. Остальные студенты затрудняются с ответом, причем для выпускников проблематична постановка вопроса, а у второкурсников сложности вызваны невозможностью точного определения сквозных идей.

Что касается представлений студентов о завершенности физического знания, то 100% опрошенных студентов выпускного курса (против 92% второкурсников) считают, что нерешенные вопросы в физике существуют. Однако лишь 66,7% пятикурсников уверены, что существуют решенные в науке, но не рассмотренные в курсе общей физики принципиальные

вопросы, 26,6% считают, что таковых нет. На аналогичный вопрос о существовании решенных, но не рассмотренных в курсе вопросов утвердительно ответили 80% студентов, изучавших курс, построенный по предложенной нами схеме, остальные 20% затруднились дать однозначный ответ.

Студенты, изучавшие раздел «Молекулярная физика и термодинамика» курса общей физики, построенный на основе изложенных нами принципов, отмечают изменения своих представлений о преподавании физики (76%). Причем эти изменения касаются содержания курсов физики (36,8% ответили утвердительно), структуры курсов (42,1%) и методики проведения занятий (68,4%). Следует отметить, что вопросы анкеты, предложенной студентам, были открытыми.

Интересен тот факт, что все эти студенты определяют часть (большую или меньшую) своих знаний как личностно-значимую, при этом у 64% из них это чувство появилось в вузе, у 20% — в школе, 16% ответили, что не помнят, когда это было впервые.

У студентов, изучавших курс общей физики в изложенной выше логике, существенно изменилась структура мотивации изучения физики: произошло смещение ведущих мотивов от внешних к внутренним. Только у 17% изменений не наблюдалось (у 25% из них ведущими и при поступлении в вуз были внутренние мотивы). Рост относительного вклада внутренних мотивов произошел у 4% студентов (ведущими остались внешние мотивы). Смена ведущих мотивов с внешних на внутренние по окончании третьего семестра наблюдалась у 79% студентов.

Результаты проведенного на факультете физики РГПУ им. А. И. Герцена эксперимента свидетельствуют о востребованности студентами курса общей физики, построенного в изложенной логике, о наличии у них личностных знаний и об их структурировании, о начале формирования у будущих учителей педагогического мышления.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Трофимова С. Ю. Высшая школа как объект постнеклассической науки // Высшее образование в России. 2000. № 4. С. 34–37.

² Трофимова С. Ю. Курс общей физики: методологические основания // Высшее образование в России. 2002. № 1. С. 88–91.

³ Кун Т. Структура научных революций. М., 1977. С. 72.

⁴ Пископтель А. Научая концепция: структура, генезис. М., 1999. С. 23.

⁵ Грабов В. М. Путь совершения вузовского курса общей физики // Вестник РУДН. Фундаментальное естественнонаучное образование. 1998. № 3. С. 198–202; Грабов В. М., Трофимова С. Ю. Совершенствование вузовского курса общей физики на основе новых научных достижений // Съезд российских физиков-преподавателей «Физическое образование в XXI»: Тезисы докл. М., 2000. С. 142; Трофимова С. Ю. Методологические основания построения курса общей физики в педагогическом вузе // Съезд российских физиков-преподавателей «Физическое образование в XXI»: Тезисы докл. М., 2000. С. 380.

⁶ Грабов В. М., Трофимова С. Ю. Неустойчивые состояния в физике и их отражение в преподавании // Физика в школе и вузе. СПб., 1998. С. 145–146; Грабов В. М., Трофимова С. Ю. Модернизация раздела «Механика» вузовского курса общей физики // Физика в системе современного образования (ФССО-99): Тезисы докл. пятой междунар. конф. Т. 1. СПб., 1999. С. 156–157; Грабов В. М., Трофимова С. Ю. Концептуальные связи механики и молекулярной физики // Методика обучения физике в школе и вузе. СПб., 1999. С. 131–134; Грабов В. М., Трофимова С. Ю., Яковлева Т. А. Совершенствование раздела «Электричество и магнетизм» вузовского курса общей физики // Методика обучения физике в школе и вузе. СПб., 2000. С. 168–171; Грабов В. М., Трофимова С. Ю. «Оптика» как раздел вузовского курса общей физики // Теория и практика обучения физике. СПб., 2000. С. 182–185.

⁷ Телеснин Р. В. Молекулярная физика. М., 1965.

S. Trofimova

THE LOGIC OF DESIGNING A COURSE OF THE GENERAL PHYSICS AT A PEDAGOGICAL HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENT

The methodological principles determining logic of construction of a course of the general physics are considered: the conformity of the current science state and social culture and professional orientation of the course. According to the modern accomplishment of these principles and changing teacher's functions it is suggested considering the scientific conception as a unit of designing a course of General Physics and constructing it according to the methodological line «conception — section — theory — theme». The possibility of constructing the unit «Molecular Physics and Thermodynamics» on the suggested theoretical principles is analyzed in detail. The results of experimental teaching of this unit at Pedagogical Higher Educational Establishment are presented.