

УДК 37.022

СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ КУРСА ФИЗИКИ И ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН НА ОСНОВЕ СИСТЕМНЫХ ЗНАНИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Половникова Л.Б.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Филиал Тюм ГНГУ в г. Тобольске, г. Тобольск, e-mail: ludmila-polov@mail.ru

В статье предложены возможности реализации преемственности дисциплины «Теплотехника» и раздела физики «Начала термодинамики» в процессе формирования общекультурных и профессиональных компетенций у студентов технических вузов. Преемственность курса физики и профессионально ориентированных дисциплин выступает как действенный мотивационный фактор, побуждающий к содержательности усвоения физических теорий и целеустремленности в познавательной деятельности обучающегося. Достоверность и доказательность положений и выводов определяется: глубиной методологического обоснования, его согласованностью с теорией познания, анализом обширного материала, полученного в процессе теоретического и экспериментального исследования, подтверждением основных положений исследования в экспериментальной работе, а также апробацией основных положений исследования в практике преподавания в вузе.

Ключевые слова: преемственность, физическая теория, методы познания, теплотехнические системы.

PITHY CONTINUITY OF THE COURSE OF PHYSICS AND TECHNICAL DISCIPLINES BASED ON THE SYSTEM KNOWLEDGE OF PHYSICAL THEORY

Polovnikova L.B.

Tyumen State Oil and Gas University, branch «Tobolsk Industrial Institute», Tobolsk, e-mail: ludmila-polov@mail.ru

The paper suggests a possibility of continuity realization of the discipline "Heat Technology" and the section of Physics "Laws of Thermodynamics" in the formation of general cultural and professional competencies for students of technical Universities. The continuity of the course of Physics and professionally oriented disciplines acts as an effective motivational factor to provoke meaningfulness of mastering of physical theories and purposefulness of students, cognitive activity. The reliability and validity of the propositions and conclusions are determined: by the depth of the methodological justification, by its co-ordination with the theory of cognition, by the analysis of voluminous material received in the process of theoretical and experimental research, by confirmation of the main points of the research in experimental work, as well as by approbation of the main research propositions in the practice of teaching at University.

Keywords: continuity, physical theory, methods of cognition, heat engineering systems.

Основы качественной профессиональной деятельности будущего инженера закладываются посредством формирования общекультурных и профессиональных компетенций в ходе изучения дисциплин естественнонаучного и профессионального цикла. Физика является не только базовой составляющей этого процесса, но и мировоззренческой дисциплиной, формирующей научное мышление будущего инженера. В ее задачи входят: формирование системных знаний физических теорий; знания содержательной структуры физических теорий; формирование знаний о современной физической картине мира; формирование естественнонаучного мировоззрения и воспитание теоретического мышления. Для их реализации процесс обучения должен строиться в соответствии со структурой научного знания и согласно психолого-педагогическим закономерностям формирования

теоретических обобщений в мышлении.

Актуальность содержательной преемственности курса физики [1] и профессионально ориентированных дисциплин определяется необходимостью научного обоснования и разработки методических подходов к ее организации, как действенного мотивационного фактора, побуждающего к содержательности усвоения физических теорий и целеустремленности в познавательной деятельности обучающегося. Остановимся на преемственности курса теплотехники и раздела физики «Начала термодинамики».

Дисциплина «Теплотехника» относится к общепрофессиональному циклу и имеет своей целью ознакомление студентов с фундаментальными законами, с основными формами распространения теплоты в пространстве, с процессами и оборудованием, используемыми при разработке и эксплуатации сложных теплотехнических систем в нефтегазовой отрасли, их ремонте и модернизации.

В качестве содержания обучения физике (содержания образования) выступают фундаментальные классические и современные физические теории и их дедуктивные следствия, методы научного познания природы и методы учебно-познавательной деятельности с учетом деятельностной природы знания. Усвоить содержание физического понятия – значит овладеть действиями по выделению и распознаванию объектов; овладеть действиями по выявлению связей данного понятия с ранее введенными; выяснить логические связи с другими понятиями; место понятия в структуре теории; знать содержание тех теоретических объектов, которыми оперирует понятие; овладеть действиями по дедуктивному выводу следствий из данного понятия; овладеть действиями по формированию новых объектов, принадлежащих понятию. Способы (приемы) усвоения знаний также следует рассматривать в качестве содержания учебного предмета.

Физическая теория является системой, но не материальной, а концептуальной (система знания).

По В.С. Тюхтину [6], объект является системой, если удовлетворяет следующим свойствам.

1. Объект состоит из *элементов, взаимодействующих* между собой, – между элементами системы существуют системообразующие связи и отношения.

2. Элементы системы могут представлять собой подсистемы, также состоящие из элементов. В свою очередь, рассматриваемая система входит в качестве подсистемы в более крупную систему (*иерархичность*).

3. Объект как система является *целостным* образованием. Система характеризуется интегральными свойствами, которые неаддитивны по отношению к свойствам элементов системы.

4. Система обладает *относительной самостоятельностью*, автономностью.
5. Системе присуща определенная структура.

Физическая теория обладает перечисленными свойствами, т.е. является системой. Вкратце рассмотрим эти свойства применительно к физической теории.

Элементы физической теории и их связи. Элементами (подсистемами) фундаментальной физической теории являются: 1) эмпирическое основание; 2) теоретическое концептуальное ядро; 3) дедуктивные следствия. Взаимодействие между элементами теории выражается логическими связями и отношениями, т.к. теория является не материальной, а концептуальной системой.

Иерархичность. Подсистема (элемент системы), система находятся в отношениях *иерархического соподчинения*. Физическая теория занимает определенное место в иерархии теоретических обобщений. Элементы физической теории являются подсистемами теории, а конкретная физическая теория в качестве подсистемы входит в физическую науку. Физическая наука является подсистемой физической картины мира (ФКМ). ФКМ «...следует понимать как идеальную модель природы, включающую в себя наиболее общие понятия, принципы, гипотезы физики и характеризующую определенный исторический этап ее развития» [3, с.71], которая, в свою очередь, является подсистемой естественнонаучной картины мира.

В естественнонаучную картину в качестве подсистем входят также химическая, биологическая, геологическая картины мира, космология и др. Естественнонаучный аспект совместно с гуманитарным образуют культуру.

Целостность (системность). Целостность системы означает, что свойства и функции системы неаддитивные по отношению к сумме свойств и функций элементов системы. Физическая теория как целостное образование обладает такими гносеологическими функциями, как объяснительной, предсказательной, методологической, эвристической функциями. Эти функции отсутствуют в отдельности в каждом из элементов теории.

Относительная самостоятельность теории. Во всех системах связь между ее элементами является более устойчивой, упорядоченной и внутренне необходимой, чем связь каждого из элементов с окружающей средой. В этом проявляется относительная самостоятельность системы. Конкретная физическая теория изучает конкретный фрагмент действительности. Собственно, разделение природы на фрагменты и возможно только при их относительной автономности. Это и обуславливает относительную самостоятельность конкретной физической теории.

Структура физической теории. Любая система обладает *структурой* – относительно устойчивой системой взаимосвязи элементов, образующих целое. Структура включает в себя

элементы и отношения между этими элементами. *Структура* – это важнейшая сторона системы и не может существовать сама по себе вне системы [2]. Элементы структуры физической теории конкретизируют общую гносеологическую цепочку познания: движение в познании от *чувственно-конкретного* к *эмпирически-абстрактному* (реализуемое в экспериментальном этапе познания), далее переход к *теоретически-абстрактному* (реализуемый фундаментальными содержательными обобщениями) и далее восхождения от теоретически-абстрактного к *теоретически-конкретному* (реализуемое при дедуктивным анализе конкретных физических систем фрагмента физического мира). Каждая из подсистем охватывает группу элементов теории, а в совокупности система элементов (подсистем) определяет общую интерпретацию содержания теории. Теория в своей предметной области и границах применимости исчерпывающе описывает все явления.

Рассмотрим кратко логику построения элементов физической теории. Эмпирическое исследование фрагмента действительности является начальным этапом научного познания. Из индуктивного обобщения результатов экспериментаторов выдвигается *научная эмпирическая гипотеза* о закономерностях наблюдаемого явления, которая выражается эмпирическим законом. Эмпирические законы оперируют оценочными модельными объектами. Таким образом, эмпирическое основание как подсистема физической теории само состоит из двух элементов: 1) экспериментальных данных и 2) эмпирических законов. Примерами таких эмпирических законов термодинамики являются эмпирические газовые законы, эмпирический закон Дюлонга и Пти (Закон постоянства теплоёмкости, согласно которому молярная теплоёмкость твёрдых тел при комнатной температуре близка к $3R$), эмпирические обобщения Ю. Майера, эмпирические обобщения Джоуля и т.п.

Эмпирические законы оперируют эмпирическими оценочными модельными, а не реальными объектами. Например, газовые законы оперируют моделью идеального газа. Под идеальным газом оценочно понимается газ, подчиняющийся газовым законам. Внутреннее содержание этой модели раскрывается молекулярно-кинетической теорией. С позиции молекулярно-кинетической теории под идеальным газом понимается газ, который состоит из не взаимодействующих материальных точек и находящихся в непрерывном хаотическом движении. При этом предполагается, что такой газ, хотя и состоит из материальных точек, но может прийти в равновесное состояние. В термодинамике под идеальным газом понимается газ, внутренняя энергия которого зависит только от температуры. Термодинамический подход и молекулярно-кинетическая интерпретация определения идеального газа коррелированы между собой.

Эмпирическое основание является базой формирования теоретических обобщений, выражаемых основными законами физической теории. Эти основные законы образуют

теоретическое ядро. Именно основные законы раскрывают внутренние причинно-следственные связи, определяющие протекание явления в физической системе. *Ядро формируется концептуальным обобщением эмпирики с использованием не только формальной, но и диалектической логики*. Диалектический метод требует рассмотрения проблемы объективно, всесторонне, в развитии, в единстве системы знания и методов научного познания, единстве исторического и логического, с использованием принципов диалектики. Теоретическое ядро термодинамики содержит четыре фундаментальных начала (закона), описывающие состояние термодинамических систем независимо от конкретной природы объектов и фундаментальную модель реальных объектов – неструктурированное макроскопическое тело без конкретизации природы объекта. Нулевое начало утверждает о существовании макроскопического параметра равновесного состояния термодинамической системы – температуры T . Первое начало – закон сохранения энергии в термодинамических процессах – утверждает о существовании функции состояния термодинамической системы – внутренней энергии U . Второе начало утверждает о существовании в термодинамической системе функции состояния – энтропии S . Третье начало не вводит новой функции состояния, а утверждает, что при стремлении температуры к нулю ($T \rightarrow 0\text{K}$) энтропия всех термодинамических систем стремится к конечному минимальному значению.

Фундаментальным *теоретическим объектом* (теоретической моделью тел), которым оперирует термодинамика, является термодинамическая система как неструктурированный макроскопический объект без указания материальной природы объекта. Такой выбор фундаментального модельного объекта обуславливает высокую степень общности термодинамики и термодинамического метода описания тепловых явлений.

Итак, *теоретическое ядро* как подсистема термодинамики структурно содержит две компоненты: 1) фундаментальные начала (законы) термодинамики; 2) модельный теоретический объект, которым оперируют начала термодинамики. Термодинамика как система научного знания входит уже в качестве элемента в физическую науку. Физическая наука в качестве элемента входит в физическую картину мира. В этом проявляется еще одно свойство систем – иерархичность.

Содержание законов термодинамики следует проиллюстрировать методами статистической физики. По крайней мере, это необходимо осуществлять в рамках курса общей физики.

Из основных законов термодинамики, дедуктивно, с использованием математики, выводятся *теоретические следствия*, описывающие конкретные физические системы. При изложении дедуктивных следствий подчеркивается, что дедуктивный вывод следствий в физике отличается от дедукции в математике: в процессе вывода в физике вводятся

дополнительные (иные) модельные объекты, которые отсутствуют в постулатах (ядре) теории.

Применение основных законов к конкретным физическим системам *формирует дедуктивные теоретические следствия термодинамики*, описывающие термодинамическое состояние конкретных систем. Примером дедуктивного следствия ядра равновесной термодинамики является такая техническая наука, как теплотехника. Заметим, что дедуктивные следствия термодинамики оперируют уже более конкретизированными моделями, чем исходная фундаментальная модель. Эти новые модели, включаемые в структуру теории, учитывают специфику описываемой конкретной термодинамической системы. Разумеется, такая конкретизация осуществляется с опорой на эксперимент. Например, при изучении работы тепловых двигателей конкретизируется свойство рабочего тела: элементарный состав топлива, необходимое количество воздуха (в молях) для создания эффективной топливной смеси, его теплоту сгорания и другие необходимые параметры.

Именно дедуктивные следствия можно проверить в эксперименте. Критерием верности физической теории является многогранная успешная производственная деятельность по применению на практике следствий из физической теории. Физическая теория имеет *гипотетико-дедуктивную организацию знания*.

Итак, в содержательную структуру физической теории как концептуальной системы входят диалектически взаимосвязанные элементы: эмпирическое основание теории; концептуальное теоретическое ядро теории; дедуктивные теоретические следствия.

Физическая теория образует целостную систему знаний о фрагменте природы. Ее элементы гносеологически взаимосвязаны и упорядочены.

Каждая из физических теорий исследует свой фрагмент природы, содержательная структура всех физических теорий одинакова.

В.Н. Мощанский отмечает *гносеологические функции и значение физической теории*: «Физическая теория, во-первых, позволяет единообразно *объяснить* широкий круг фактов и законов, а во-вторых, она позволяет сделать ряд новых *предсказаний* и выводов, и в этом ее функция и значение» [4, с. 18].

Равновесная термодинамика организована как гипотетико-дедуктивная система научного знания, в структуре которой содержится логически связанные (логически взаимодействующие) элементы: эмпирическое основание, теоретическое ядро и дедуктивные следствия. Системные свойства теории определены (детерминированы) системными свойствами термодинамической системы. Следовательно, термодинамика и должна изучаться как системный объект, состоящий из содержательных обобщений, а не как набор

разрозненных утверждений, понятий, законов и эмпирических фактов. Курс молекулярной физики предваряется чтением курса классической механики. Механика является предельно наглядной теорией, при изучении механики достаточно просто выявляется содержательная структура и гипотетико-дедуктивная организация знания в этой физической теории [5]. Данное обстоятельство позволяет при изучении основ термодинамики естественным образом провести аналогии в структурах механики и термодинамики. В отличие от механики равновесная термодинамика является статической теорией (не динамической). В равновесной термодинамике динамических уравнений нет, эта теория описывает равновесное состояние и квазиравновесные процессы. В конечном счете, состояние термодинамической системы и его свойства описывается уравнениями связи между термодинамическими функциями с использованием уравнения состояния и значением теплоемкости вещества.

Преимущество технических дисциплин и курса общей физики можно рассматривать как действенный мотивационный фактор, побуждающий к содержательности усвоения физических теорий и целеустремленности в познавательной деятельности обучающегося. Заметим, дисциплина «Теплотехника» рассматривается как дедуктивное следствие термодинамики.

Курс теплотехники традиционно включает в себя разделы: 1) «Теоретические основы теплотехники» и 2) «Тепловые двигатели, энергетические установки и энергоснабжение». В первом разделе изучаются основы технической термодинамики в приближении почти равновесных процессов и феноменологическая теория теплообмена. Предметом технической термодинамики, как подраздела теплотехники, является разработка теории тепловых двигателей и энергетических установок. На этой основе разрабатываются соответствующие технические методы прямого преобразования внутренней энергии рабочих тел в механическую и электрическую энергии, проводится анализ термодинамических циклов и термодинамические свойства рабочих тел и т.д. Теория теплообмена описывает закономерности процесса обмена внутренней энергией в форме теплоты между элементами термодинамической системы. Таким образом, в разделе «Начала термодинамики» должны быть тщательно рассмотрены содержание начал и такие понятия, как внутренняя энергия, работа, теплота, теплоемкость, термодинамические функции (энтальпия, свободная энергия, потенциал Гиббса). Должны быть разобраны важнейшие уравнения связи между термодинамическими функциями и минимальный набор экспериментальных данных для описания термодинамических свойств вещества. На примере конкретных термодинамических систем следует обсудить различные явления и эффекты (эффект Джоуля – Томсона, скорость звука в газе и т.д.). Заметим, знание физики тех или иных эффектов

весьма значимо в профессиональной деятельности инженера. При этом неважно, является ли инженер разработчиком новой техники или практиком.

Знание основ теплотехники, как дедуктивного следствия термодинамики, является теоретической базой деятельности инженера по разработке и конструированию энергетических установок и их грамотной эксплуатации.

Список литературы

1. Ананьев Б.Г. О преемственности в обучении // Советская педагогика. – 1953. – № 2. – С. 23-25
2. Грушевицкая Т.Г., Садохин А.П. Концепции современного естествознания: учебное пособие. – М.: Педагогика, 2003. – 669с.
3. Мостепаненко М.В. Философия и физическая наука. – Л.: Наука, 1969. – 240с.
4. Мощанский В.Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики. – М.: Просвещение, 1989. – 190с.
5. Половникова Л.Б. Методическая система преемственности курса физики технического вуза (на примере вводного раздела «Механика») // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3; URL: www.science-education.ru/117-13313
6. Тюхтин, В.С. Отражение, системы, кибернетика (теория отражения в свете кибернетики и системного подхода). – М.: Наука, 1972. – 256с.

Рецензенты:

Егорова Г.И., д.п.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет» Филиал ТюмГНГУ в г. Тобольске, кафедра химии и химической технологии, г. Тобольск.

Яркова Т.А., д.п.н., профессор, кафедра педагогики и социального образования, ФГБОУ ВПО «Тобольская государственная социально-педагогическая академия им. Д.И. Менделеева», г. Тобольск.