

УДК 530.1

ЗНАЧЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ГЛАВ ФИЗИКИ В ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

И. Г. Попова, Т. И. Гребенюк, А. Б. Гордеева, С. С. Веретельник

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Обсуждается роль дисциплины «Специальные главы физики» в подготовке бакалавров по направлениям: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем». Представлен системный подход к дидактическим особенностям преподавания данного курса. Приводятся основные принципы преподавания базовых математических и естественнонаучных дисциплин в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами нового поколения.

Ключевые слова: специальные главы физики, системный подход, дидактика, феноменологические и структурные законы, редукционизм и целостность, компетентностный подход, модульная структура рабочих программ.

THE SIGNIFICANCE OF SPECIAL CHAPTERS OF PHYSICS IN ENGINEERING AND TECHNOLOGICAL EDUCATION

I. G. Popova, T. I. Grebenyuk, A. B. Gordeeva, S. S. Veretelnik

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The article discusses the role and importance of the discipline "Special chapters of physics" in the preparation for an expanded range of areas of study in the bachelor's degree in engineering and technology areas: 03.15.02 "Technological machines and equipment", 03.13.02 "Electricity and electrical engineering", 05.10.02 "Information security telecommunication systems". The concretization of the discipline "Special chapters of physics" in the article is carried out only schematically. The emphasis is on a systematic approach to the didactic features of teaching this course, as well as the basic principles of such an approach to teaching in the implementation of the basic part of the cycle of mathematical and natural science disciplines in accordance with the Federal State Educational Standard of the new generation.

Keywords: special chapters in physics, systems approach, didactics, phenomenological and structural laws, reductionism and integrity, competence-based approach, modular structure of work programs.

Введение. В условиях высокотехнологичного производства инженерно-технологическое образование является основой профессиональной подготовки. Оно обеспечивает:

- формирование инженерного мышления;
- профориентацию и осознанный выбор профессиональной траектории.

При этом студенты приобретают навыки работы с высокотехнологичным оборудованием и приобщаются к инновационным проектам с полным технологическим циклом: от идеи — к проекту, модели и выпуску изделия.

Ниже представлены основные принципы реализации такого подхода.

— Системность в инженерном образовании формирует технологическую культуру, основанную на интеграции и учете взаимосвязей процесса.

— Метапредметный характер инженерно-технологического образования способствует росту творческих способностей обучающихся.

— Вовлечение в образовательный процесс широких масс обучающихся обеспечивает подготовку необходимого количества профессионалов.

— Единство обучения, воспитания и развития, т. к. качественная подготовка специалиста определяется не только его знаниями, но и личностными характеристиками.

В представленной работе характеризуются роль и значение специальных глав физики в инженерно-технологическом образовании. При этом авторы исходят из дидактических особенностей физико-математических моделей и системного подхода.

Основная часть. На основании рекомендаций научно-методического совета по физике [1] и руководства Донского государственного технического университета (ДГТУ) в 2015 году программы некоторых инженерно-технологических направлений бакалавриата предусматривали двухуровневую систему преподавания физики. На первом преподается общая физика, а на втором — специальные главы.

Курс общей физики преподается в первом и втором семестрах. В это время изучаются механика, молекулярная физика и термодинамика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая и квантовая оптика, квантовая физика и физика атома, элементы ядерной физики и физики элементарных частиц.

Специальные главы физики преподаются в третьем семестре (первый семестр второго курса). Их содержание конкретизируется в зависимости от направления подготовки. В 2016 году В. В. Илясов и Т. П. Жданова опубликовали учебное пособие по специальным главам физики. Авторы выделяют теорию электромагнитного поля, обеспечивающего приоритет электромагнитного фундаментального взаимодействия в макромире, процессов в плазме и термодинамике [2]. В статье «Особенности системного подхода к преподаванию термодинамики в бакалавриате технического вуза» [3] подчеркивается, что термодинамический и статистический методы дополняют друг друга и играют серьезную роль в изучении макросистем. В специальных главах физики авторы возвращаются к этим методам и дополнительно их используют в таких темах, как химическая термодинамика, термодинамика вязкой жидкости и теплотехники. Прикладной характер специальных глав физики во многом определяется квантовой статистикой, особенно в отношении электропроводности металлов и полупроводников, а также теплоемкости твердых тел.

Б. М. Кедров выделил три группы функций науки: эмпирическую, теоретическую и предметно-практическую. В курсе общей физики особое внимание уделяется эмпирическим функциям на основе эмпирических методов: наблюдение, описание, измерение и эксперимент. Особая роль отводится лабораторным экспериментам. Они верифицируют теорию, то есть устанавливают ее адекватность реальным физическим явлениям. Что касается собственно теории, то абстрагирование, идеализация и формализация подчинены эмпирике. Это обусловлено, с одной стороны, школьной подготовкой абитуриентов по физике (недостаточной для теоретического осмысления физических явлений), а с другой — значительным рассогласованием курсов общей физики и высшей математики [4].

В связи с этим в рамках классической физики авторы данной работы часто используют индуктивный подход и лишь частично (в неклассической физике) — гипотетико-дедуктивный.

П. Л. Капица отмечал: «Только тогда толкование эмпирических факторов мы можем считать научным, когда это толкование становится объективным и получает возможность стать общепризнанным» [5]. Специальные главы физики призваны научить студентов объективно интерпретировать эмпирику с использованием высшей математики. Навык закрепляется при демонстрации предметно-практических функций физико-математических моделей науки, которые

могут быть использованы в компьютерном проектировании традиционных и инновационных технологий.

Следует отметить особую роль диалектического принципа в преподавании физики. Это важно, в частности, для дифференциации преподавания физики разным группам, например пользователям и производителям [6]. В первом случае используется преимущественно феноменологический подход. Это значит, что объект рассматривается как элемент системы, в центре исследования — его поведение, а не внутренние свойства. Такое поведение представляется в виде элементарных законов. В качестве примеров можно, в частности, привести:

— закон Ома для однородного участка цепи $I = \frac{U}{R}$;

— формулу емкости конденсатора $c = \frac{q}{U}$;

— второй закон Ньютона $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a}$;

— закон Гука $F = kx$;

— уравнение динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси $M_z = I_z \frac{d\omega}{dt} = I_z \varepsilon$.

Для производителей в равной мере необходим и феноменологический, и механизмический подход. Первый принято называть также функциональным, макроскопическим, второй — субстанциональным, микроскопическим, фундаментальным. Подход называют механизмическим, если объект изучается как система, учитывается внутреннее устройство, а именно: компонентный состав и связи, соответствующие структурным законам. Яркий пример — законы Кирхгофа. Они выводятся из уравнений Максвелла, однако напрямую неприменимы для анализа электрических цепей.

Фундаментальные принципы физики зачастую становятся базой для формулирования структурных законов. Согласно классификации И. Я. Никифорова, важнейшие из этих принципов связаны с такими факторами, как объяснение, сохранение, симметрия, простота, соответствие, относительность, наименьшее действие, дополнительность, наблюдаемость [7].

Характер решаемых задач определяет выбор подхода. Здесь уместно вспомнить о так называемой квантовой лестнице В. Вайскопфа [6]: «Квантовая лестница позволяет раскрыть структуру Вселенной шаг за шагом. При исследовании явления на уровне энергии атомов нас не должна беспокоить внутренняя структура ядер. Когда же мы изучаем механику газов, для нас не имеет значения внутреннее строение атомов. В первом случае можно рассматривать ядра как идентичные, неизменяемые объекты, т. е. как элементарные частицы, во втором случае так же можно рассматривать каждый атом». Р. Фейнман более лаконично описывал этот подход к проблеме: «Все тела состоят из атомов — маленьких частиц, которые пребывают в бесконечном движении и притягиваются друг к другу, когда их разделяет небольшое расстояние, но отталкиваются, если их прижимают плотнее друг к другу» [8]. Таким образом, оформляются основные функции физической модели как источника информации и модели как средства кумуляции знания. Важно также отметить, что подавляющее большинство физических систем нелинейны, однако при достаточно малых отклонениях от состояния равновесия их поведение становится линейным. Часто между процессами различной физической природы есть формально-математическая связь. Так, например, колебания [9] подчиняются дифференциальным уравнениям, одинаковым по виду, независимо от природы системы. А законы, описывающие изменение переменных, характеризующих состояние системы, со временем будут для различных систем одинаковыми. Эта своеобразная формально-математическая точка отсчета позволяет создавать виртуальные компьютерные физико-математические модели системы. Однако

качественное многообразие колебательных и волновых процессов задает индивидуальные физические параметры и эмпирические группы функций для механических (упругих) и электромагнитных колебаний и волн, несмотря на то, что все они — проявление одного фундаментального электромагнитного взаимодействия. Это еще раз подчеркивает актуальность специальных глав физики. В первую очередь такое обучение должно опираться на натурные эксперименты, а также на виртуальные эксперименты [10] и практические занятия по решению задач.

Стоит отдельно сказать о фундаментальных взаимодействиях с учетом принципа тождественности переносчиков (квантов) взаимодействий. Для них характерно движение от механистического редукционизма к целостному холизму. В этом аспекте актуальна лекция лауреата Нобелевской премии Р. Лафлина «Конец редукционизма», прочитанная в июне 2001 года в Санкт-Петербурге. Ю. Г. Рудой приводит сформулированную Р. Лафлиным точку зрения: «...Я подозреваю, что все выдающиеся проблемы в физике, включая и квантовую гравитацию, по сути связаны с такими коллективными явлениями, которые нельзя вывести из свойств составляющих систему частиц». Рудой придерживается этой точки зрения также в отношении равновесного теплового макросостояния и его термодинамического описания [11]. В началах термодинамики от нулевого до третьего начала (теоремы Нернста) явно просматривается синтез структурных и феноменологических законов, и это придает термодинамике особый фундаментальный характер в естествознании и технологиях. Неравновесная термодинамика играет особую роль в линейных неравновесных явлениях переноса и в неравновесных нелинейных явлениях. В качестве примера можно привести неравновесную термодинамику диссипативных структур И. Пригожина, задавшую постнеклассическое движение от физики «существующего» к физике «возникающего» [12].

Итак, дидактические особенности специальных глав физики требуют конкретной разработки для определенного инженерно-технологического проекта или, по крайней мере, для определенного инженерно-технологического направления бакалавриата, а в идеале — и для магистратуры.

В этом плане представляет интерес предложенная известным специалистом в области философии и методологии Е. А. Мамчур двухпотоковая модель взаимоотношений науки и технологий: «В двухпотоковой модели наука имеет своим источником предшествующую науку, технология — предшествующую технологию. И лишь в особых ситуациях, например при возникновении нового направления в науке, происходит их активное взаимодействие. В процессе этого взаимодействия они взаимно обогащаются, их традиционная причинная связь может переворачиваться: уже не наука питает технологию, а технология ставит перед наукой задачи, и сама выступает источником развития науки. Затем, когда основные проблемы решены, потребность в их взаимодействии уменьшается, и они вновь начинают развиваться относительно независимо» [13].

Эта точка зрения Е. А. Мамчур фактически поддержана генеральным директором Всероссийского института авиационных материалов, академиком РАН Е. Кабловым. В статье «На перекрестке науки, образования и промышленности» [14] он пишет: «Конечно, главная задача вузов — готовить специалистов. Но готовить через научно-практические работы. Проблема сегодняшних вузов — очень низкий уровень практических занятий. Создав у себя корпоративный университет, мы готовим магистров, поменяли соотношение практических и теоретических занятий. Если в университете у студентов больше объем теоретических занятий, то у нас 70 % практических и 30 % теоретических. Студент уже в вузе должен работать на современном оборудовании, потому что он не может стать специалистом, практикуясь на том, что было в

прошлом веке <...> Объединение усилий прикладной науки и университетов важно... во всех случаях. Опираясь на советский опыт, мы должны собственными силами решать все научные и технологические задачи, необходимые для обеспечения выпуска современной техники с использованием отечественных материалов и технологий, не питая иллюзий по поводу снятия санкций и возможности быстрого восстановления инженерно-технологического содружества с западными партнерами».

Итак, «двухпоточная модель взаимодействия науки и технологий» очевидно имеет свои особенности в общенаучном бакалавриате, специалитете и прикладной магистратуре. В общенаучном бакалавриате при преподавании физики по-прежнему актуальна мысль А. Ф. Иоффе: «Физика — резервуар, откуда черпают новые технические идеи, и новая технология. На определенной ступени развития физические исследования перерастают в крупнейшие достижения техники» [15]. В лекционном преподавании он видел основную форму обучения. Придавая особое значение физике и технике, он делал акцент на необходимости адаптации курса и учебников физики к профилю вуза. В общенаучном бакалавриате инженерно-технологических направлений подготовки кафедры «Физика» ДГТУ делает это наиболее экономным способом, опираясь на двухсеместровый курс общей физики (396 часов) и односеместровый курс специальных глав физики (108 часов). Их роль и значение в бакалавриате авторы данной статьи проанализировали в дидактическом и информационно-прикладном технологическом плане. Важно отметить, что прикладной характер специальных глав физики увязан не только с освоенными, но и отчасти с новыми технологиями. Лекционное изложение (16 часов) подкрепляется практическими занятиями (34 часа). Достаточно много времени отводится на самостоятельную работу студентов (СРС, 55,8 часов), 2,2 часа — на контроль самостоятельной работы студентов (КСР). Соотношение этих временных затрат схематично показано на рис. 1.

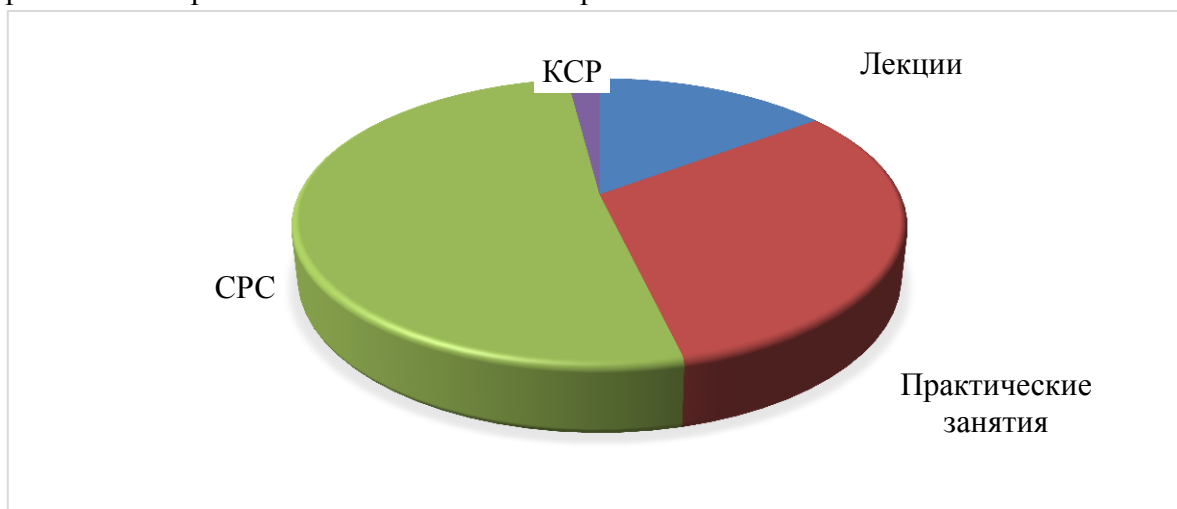


Рис. 1. Распределение часов на все виды работ по специальным главам физики

Особо подчеркивается компетентностный подход к преподаванию специальных глав физики. Отметим наиболее часто используемые компетенции:

- самоорганизация;
- самообразование;
- анализ физических явлений и процессов для формализации и решения задач в профессиональной деятельности;
- достаточные для профессиональной деятельности навыки работы с персональным компьютером.

В рабочих программах дисциплины «Специальные главы физики» конкретизируется ее модульная структура. В табл. 1 указаны только основные модули рабочих программ для трех инженерно-технологических направлений подготовки бакалавров.

Таблица 1

Модульная структура рабочих программ дисциплины «Специальные главы физики»

№ модуля	Название модуля		
	15.03.02 Технологические машины и оборудование ¹	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника ²	10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем ³
1	Механика жидкостей и газов	Электрические колебания и переменные токи	Теория электромагнитных волн
2	Физические свойства жидкостей	Электропроводность металлов и полупроводников	Спектр электромагнитных волн, их источники и характеристики
3	Физические свойства газов	Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны	Распространение радиоволн в тропосфере, ионосфере и в космосе
4	Термодинамика	Распространение электромагнитных волн. Свойства токов высокой частоты	Акустические волны. Распространение звуковых волн в различных средах

Заключение. Ориентируясь на задачу формирования когнитивных дескрипторов: «знать», «уметь», «владеть», авторы представленной работы проанализировали компетентностный подход к преподаванию физики. Специальные главы физики представляются базой для подготовки студентов к инновационному проектированию технологий в профессиональной инженерно-технологической деятельности.

Библиографический список

1. Кожевников, Н. М. Деятельность научно-методического совета по физике в условиях перехода к «урвневой системе» высшего образования / Н. М. Кожевников // Научно-методические ведомости СИБГПУ. Наука и образование. — 2012. — Т. 1 (142). — С. 277–282.
2. Илясов, В. В. Специальные главы физики. Теория электромагнитного поля. Процессы в плазме. Термодинамика / В. В. Илясов, Т. П. Жданова. — Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2016. — 85 с.
3. Особенности системного подхода к преподаванию термодинамики в бакалавриате технического вуза / А. Б. Гордеева, Т. П. Жданова, Ю. М. Наследников, И. Г. Попова // Научно-методические проблемы инновационного педагогического образования : сб. науч. тр. В 2 ч. Ч. 2.1. — Саратов : Изд-во СРОО, 2018. — С. 80–84.
4. Компетентностный подход к взаимодействию физики, естествознания и математики в инженерном образовании / Т. П. Жданова, В. В. Илясов, Г. Ф. Лемешко [и др.] // Физика в системе современного образования (ФССО-2017) : мат-лы XIV междунар. конф. (Дивноморское, 17–22 сентября 2017 г.). — Ростов-на-Дону : Изд-во ДГТУ, 2017. — С. 511–512.

¹ Профиль «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов». Составитель А. Б. Гордеева.

² Профиль «Автоматизированные электрические распределительные цепи». Составитель Н. В. Дорохова.

³ Профиль «Защита информации в системах связи и управления». Составитель Т. И. Гребенюк.

5. Капица, П. Л. Влияние современных научных идей на общество / П. Л. Капица // Эксперимент. Теория. Практика. — Москва : Наука, 1981. — С. 469.
6. Системный подход. Справочник по физике / К. К. Гомоюнов, М. Ф. Кесаманды, Ф. П. Кесаманды, А. И. Сурыгин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : КноРус, 2010. — С. 339–341.
7. Никифоров, И. Я. Творцы физических наук / И. Я. Никифоров. — Ростов-на-Дону : Феникс, 2009. — С. 428–440.
8. Фейман, Р. Дюжина лекций: шесть попроще и шесть посложнее / Р. Фейман. — 3-е изд. — Москва : Бином, 2009. — С. 38.
9. Курс физики. В 2 т. Т. 1 / Под ред. В. Н. Лозовского. — Санкт-Петербург : Лань, 2000. — С. 375.
10. Волков, В. В. Методологическое единство мысленного и виртуального экспериментов в физике и аналитическом естествознании / В. В. Волков, А. П. Кудря, Ю. М. Наследников // Физическое образование в вузах. — 2011. — Т. 17, № 3. — С. 82–85.
11. Рудой, Ю. Г. Методологические ресурсы термодинамики в преподавании физики студентам естественнонаучных специальностей / Физика в системе современного образования (ФССО-2017): мат-лы XIV междунар. конф. (Дивноморское, 17–22 сентября 2017 года). — Ростов-на-Дону : Изд-во ДГТУ, 2017. — 304 с.
12. Пригожин, И. От существующего к возникающему / И. Пригожин. — Москва : Мир, 1985. — 328 с.
13. Мамчур, Е. А. Образы науки в современной культуре / Е. А. Мамчур. — Москва : Канон+, 2008. — 400 с.
14. Каблов, Е. Н. На перекрестке науки, образования и промышленности / Е. Н. Каблов // Эксперт. — 2015. — № 15. — С. 49–53.
15. Иоффе, А. Ф. О физике и физиках. Статьи, выступления, письма / А. Ф. Иоффе. — Ленинград : Наука. — 1985. — 544 с.

Об авторах:

Попова Инна Григорьевна, доцент кафедры «Физика» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат физико-математических наук, innal11109@rambler.ru.

Гребенюк Татьяна Игоревна, доцент кафедры «Физика» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат физико-математических наук, pga26@yandex.ru.

Гордеева Анастасия Борисовна, доцент кафедры «Физика» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, gordeeva_ab@mail.ru.

Веретельник София Сергеевна, студент Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), sofa_ver963@mail.ru.