

УДК 378.662.147:53

ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА ФИЗИКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Лидер А.М., Склярова Е.А., Сёмкина Л.И.

*ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
Томск, e-mail: skea@tpu.ru*

В статье рассматриваются вопросы разработки рабочей программы при изложении фундаментального курса физики с использованием междисциплинарных связей этого курса с общетехническими (инженерными) дисциплинами (используя, например, материал практических физических приложений, при этом не урезая, а дополняя содержание дисциплины). Авторами предлагается выделять некоторые фундаментальные темы, которые не будут иметь продолжения в дисциплинах профессионального цикла и специальных дисциплинах, но являются необходимым элементом базового фундаментального образования будущих инженеров и должны рассматриваться в курсе физики в завершённом виде. Авторы выделяют также темы (основы механики, термодинамики и т.п.), объем изложения которых можно сократить, из-за их включения в курс теоретической механики или, например, в последующие специальные курсы термодинамики, гидравлики и т.д. В связи с этим очень важным при разработке рабочей программы дисциплины «Физика» является оптимальная реализация межпредметных связей (начиная с введения согласованных обозначений физических величин, определения границ изложения пересекающихся тем и их взаимосвязи и взаимопроникновения). Отмечаются методические сложности и возможные варианты разработки программ изложения отдельных разделов физики (например, элементов физики твердого тела) и использования соответствующего математического аппарата.

Ключевые слова: рабочая программа, физика, структурирование курса, межпредметные связи

ISSUES OF TEACHING PHYSICS AT A TECHNICAL UNIVERSITY

Lider A.M., Sklyarova E.A., Semkina L.I.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: skea@tpu.ru

The paper examines the issues of developing the syllabus in the teaching of a fundamental physics course using interdisciplinary links of the course with technical (engineering) disciplines (for example, using the material of practical physical applications, not cutting, but adding to the contents of the discipline). It is suggested that some fundamental sections are specified that will not be further studied in professional and special courses, but are a necessary part of basic fundamental education of future engineers and should be completely included in the course of physics. There are also sections (basic mechanics, thermodynamics, etc.) the volume of which can be reduced due to their inclusion in the course of theoretical mechanics or in special courses studied afterwards, e.g. thermodynamics, hydraulics, etc. Thus, a highly important issue in the development of the syllabus of the course of Physics is the optimum implementation of interdisciplinary links (starting from the introduction of coordinated symbols of physical quantities, defining the amount of material also present in other courses and their interrelation and interpenetration). Methodological problems are noted as well as alternative ways of organizing the teaching of some branches of physics (e.g. elements of solid state physics) and the use of appropriate mathematical tools.

Keywords: syllabus, physics, course structure, interdisciplinary links

Физика, как развивающаяся фундаментальная наука, отражающая основные наиболее общие закономерности в природе, всегда востребована в любой сфере инженерной деятельности. Это инициирует и поддерживает потребность в разностороннем образовании инженера, которое необходимо и достаточно в качестве базового для знаний и умений в области узкой специализации [5, 9].

При формировании рабочей программы изучения дисциплины кафедра физики стремится к тому, чтобы физика изучалась как единственный и последовательный курс, но при этом учитывались требования основной образовательной программы для данного направления (профиля) [7, 10]. Сложность задачи разработки рабочей программы и методики практической реализации этой программы заключается в изложении фун-

даментального курса физики с использованием междисциплинарных связей этого курса с общетехническими, общинженерными и инженерными дисциплинами таким образом, чтобы поддерживать постоянный «неискусственный» интерес студентов к вопросам физики.

Определим некоторые результаты наших размышлений и практической деятельности по формированию и структурированию курса физики, предлагаемого студентам в техническом университете.

По нашему мнению, курс физики, вне зависимости от специализации для всех общетехнических направлений (ООП института природных ресурсов, института разрушающего контроля, института физики высоких технологий) должен строиться как последовательный и единый курс естественнонаучной дисциплины, отражающей

основные наиболее общие закономерности в природе [4]. При этом для построения рабочей программы по курсу физики нужно выделить отдельные фундаментальные темы, которые не будут иметь продолжения в дисциплинах профессионального цикла и специальных дисциплинах. Такие разделы, как основы общей и специальной теории относительности, некоторые вопросы волновой и квантовой оптики, элементы квантовой механики не имеют развития в дальнейшем обучении студентов на старших курсах, но являются необходимым элементом базового фундаментального образования будущих инженеров [1, 2].

Эти фундаментальные темы должны рассматриваться в курсе физики в завершённом виде, т.е. студенты, пройдя обучение на кафедре общей физики, должны получить глубокие подробные знания физической сущности явления, основных законов и границ их применимости (в объёме, представленном в рекомендованных учебниках), которые не обеспечиваются никакими другими кафедрами.

Отметим, совершенно противоположную ситуацию при изложении основ механики, термодинамики и т.п., объём которого можно сократить, из-за запланированного рассмотрения, например, кинематических и динамических характеристик движения в курсе теоретической механики, или, например, циклических процессов в газах, закономерностей течения жидкости в последующих специальных курсах термодинамики, гидравлики и т.д.

В связи с этим очень важным при разработке рабочей программы дисциплины «Физика» является оптимальная реализация межпредметных связей (начиная с введения согласованных обозначений физических величин, определения границ изложения пересекающихся тем и их взаимосвязи и взаимопроникновения).

Красной нитью всего представления содержания курса физики является стремление поддерживать постоянный активный интерес студентов к вопросам физики, используя, например, материал практических физических приложений (при этом, не урезая, а дополняя содержание дисциплины) [8].

1. При изучении раздела «Молекулярная физика и термодинамика» предпочтительно акцентировать внимание на изучении вопросов, связанных с теплофизическими процессами.

2. В разделе «Электростатика» возможно подробнее рассматривать разнообразные применения действия электрических полей на заряженные объекты в разнообразных технологических процессах.

3. После рассмотрения вопросов раздела «Колебания и волны» естественно уделить внимание отдельным задачам акустики.

4. В теме «Элементы квантовой оптики» необходимо особо обратить внимание на практические применения явления люминесценции в светотехнике.

В целом, необходимо искать возможные варианты изложения материала для современных студентов так, чтобы поддерживать (разжигать) интерес к лекционному материалу, конкурируя, в том числе, с Интернетом и другими источниками [6]. Это не значит, что можно свести всё содержание курса к облегченному, доступному изложению. Да это и не возможно, так как успешное освоение понятий современной физики требует использования элементов теоретической физики и соответствующего математического аппарата.

Тесная связь физики и математики обусловлена их общим развитием. Некоторые математические понятия и теоремы возникли благодаря постановке специальных задач, которые возникали в физике при её развитии. Математика для физики является и её языком, и необходимым аппаратом исследования закономерностей физических явлений.

Необходимо и в процессе обучения физике учитывать то, что курс математики имеет определённую последовательность изложения математического материала. Содержание курса математики следует строго логической последовательности его частей и наиболее важные для курса физики разделы математики, такие как дифференцирование и интегрирование, не могут быть изложены в начале курса математики, а только после изложения теории пределов и непрерывности функций. Отчасти некоторая подготовка к восприятию использования в физике аппарата дифференциального и интегрального исчисления осуществляется теперь в школьном курсе математики. Но можно в курсе физики акцентировать задачу обучения студентов применению математических методов в физике, что поможет в дальнейшем строить хорошие математические модели физических явлений.

Понятие производной хорошо воспринимается студентами при определении кинематических характеристик движения (скорости прямолинейного движения, ускорения и т.д.). Понятие определённого интеграла связано с применением множества физических задач: определение приращения скорости движения частицы при заданном ускорении; определение перемещения частицы при заданном ускорении; определение работы переменной силы и т.п.

Формулировка основных законов физики должна подтверждаться анализом экспериментальных фактов и полностью отражать существо этих законов, а также определять границы их применимости.

Но при этом введение элементов теоретической физики должно облегчать понимание физики, поэтому не следует использовать сложный математический аппарат, закрывающий само существо рассматриваемых физических законов. К тому же можно пересмотреть традиционное изложение курса физики, пронизанное выводами классической механики Ньютона [3].

Законы сохранения – основа раздела механики; здесь даётся понятие об общих динамических закономерностях, о связи законов сохранения с симметрией пространства и времени с использованием специального математического аппарата. Для записи физических законов используются понятия векторного исчисления, такие как поток вектора и циркуляция вектора. И эти понятия удобно ввести при изложении законов электромагнетизма для выражения свойств полей математическими методами. Это позволяет, например, сформулировать закон сохранения заряда в виде уравнения непрерывности (в дифференциальной и интегральной форме) и обосновать представление о токе смещения.

Теорему Остроградского-Гаусса можно сразу не выводить, а представить как обобщение опытных фактов и определить вектор электростатической индукции через поток этого вектора для поля, созданного зарядами.

Можно отказаться от доказательства теоремы о циркуляции вектора напряжённости магнитного поля при описании характеристик магнитного поля. На основании обобщения опытных фактов индукция магнитного поля вводится (по определению) в выражении для силы, действующей на проводник с током, находящийся в магнитном поле. В то же время, обобщая факты появления магнитного поля в пространстве, окружающем проводник с током, можно сформулировать теорему о циркуляции вектора напряжённости H магнитного поля, из которой непосредственно следует определение напряжённости магнитного поля, как количественной характеристики поля.

Для обоснованного изложения раздела «Молекулярная физика» можно рассмотреть темы этого раздела уже после ознакомления студентов с вопросами строения атомов и молекул, с вопросами ядерной физики.

Важной методической задачей является организация в рамках курса общей физики (в соответствующей последовательности

тем и в необходимом и достаточном объёме) изучение элементов физики твёрдого тела, учитывающего специализацию выпускника вуза. Интересы различных технических специальностей требуют подробного рассмотрения вопросов, связанных с характеристикой двух агрегатных состояний вещества («Жидкость», «Твёрдое тело»). Студенты в процессе обучения должны научиться представлять особенности жидкого состояния вещества, понимать природу фазовых переходов, адсорбционных явлений, сил поверхностного натяжения.

Изучение механических свойств твёрдых тел, используемых в различных современных производствах, должно затрагивать вопросы темы: дефекты структуры твёрдых тел (точечные, линейные и двумерные дефекты). Наличие дислокаций (линейных дефектов, нарушающих кристаллическую решётку твёрдого тела) приводит к пластической деформации кристаллов и существенно влияет не только на механические, но и на другие физические свойства кристаллов. Рассмотрение этих вопросов является базой для понимания проблем создания материалов с заданными физическими характеристиками, в том числе сверхпрочных материалов.

Объяснение наблюдаемых свойств и явлений в твёрдых телах и законов взаимодействия частиц, составляющих твёрдые тела, возможно только с привлечением законов квантовой механики. В программе курса физики темы раздела «Физика твёрдого тела» вводятся в последнем (третьем) семестре изучения данной дисциплины.

Предварительно в предшествующий период обучения у студентов должно быть сформировано твёрдое убеждение о недостаточности классической интерпретации для точного анализа свойств твёрдых тел и необходимости использования квантовых представлений.

Но в то же время, применяя теорию Бора (которая не является последовательно классической и не является последовательно квантовой), на примере атома водорода студенты могут сделать заключение о точности соответствия найденных значений энергии электрона для стационарных состояний и результатов многочисленных экспериментов с водородом. Это поможет в дальнейшем с пониманием воспринимать переход к применению квантовой механики для анализа явлений в твёрдых телах.

Применение, например, решения уравнения Шредингера для анализа поведения свободных электронов в металлах чётко объясняет очень малый вклад электронного газа в металл в величину теплоёмкости металлов. Особо можно выделить необхо-

димостью проведения анализа магнитных свойств твёрдых тел с применением квантовой теории металлов, которая требует знания, кроме распределений Максвелла и Больцмана, также основ распределения Ферми-Дирака. Например, природа ферромагнетизма не может быть объяснена только с использованием классической теории магнитных явлений.

Такое структурирование программы изучения курса физики не потребует значительных усилий со стороны студентов, но должно способствовать формированию современных представлений о структуре и свойствах вещества.

Список литературы

1. Ерофеева Г.В., Ларионов В.В., Семкина Л.И., Тюрин Ю.И., Чернов И.П. Концепция подготовки элитных специалистов в системе фундаментального образования // Элитное техническое образование: Труды Международной конференции в рамках симпозиума «Элитное техническое образование». – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – С. 79–81.
2. Крючков Ю.Ю. Фундаментальное образование как основа элитного обучения в техническом вузе / Ю.Ю. Крючков, Г.В. Ерофеева, В.В. Ларионов, Л.И. Семкина, Ю.И. Тюрин, И.П. Чернов // Инженерное образование. – 2004. – № 2. – С. 94–97.
3. Ларионов В.В., Тюрин Ю.И. Физика. Проблемно ориентированная система обучения физике в техническом университете. Методика структурирования содержания задач и формирования идей на уровне проекта. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. – 194 с.
4. Лидер А.М., Л.И. Семкина, Скларова Е.А. Согласование интегрированных компетенций по ООП бакалавриата и специалитета в рамках предметной области «Физика» // Уровневая подготовка специалистов: международная концепция CDIO и Стандарт ООП ТПУ: Сборник трудов научно-методической конференции; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – С. 60–63.
5. Петровская Т.С., Соловьев М.А., Чернов И.П., Семкина Л.И. Фундаментальная подготовка – основа формирования профессиональных компетенций в инженерном образовании // Уровневая подготовка специалистов: государственные и международные стандарты инженерного образования: Сборник трудов научно-методической конференции; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – С. 10–14.
6. Похолков Ю.П. Инновационное инженерное образование: содержание и технологии. / Ю.П. Похолков, А.И. Чукалин, Б.Л. Агранович, М.А. Соловьев // Инновационный университет и инновационное образование: модели, опыт, перспективы: Труды Междунар. симп. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – С. 9–10.
7. Стандарты и руководства по обеспечению качества основных образовательных программ подготовки бакалавров, магистров и специалистов по приоритетным направлениям развития ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (Стандарт ООП ТПУ): Сборник нормативно-производственных материалов / под редакцией А.И. Чукалина, Е.Г. Язикова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 150 с.
8. Шильников А.В. Инновационные технологии преподавания физики в системе профессиональной подготовки инженеров / А.В. Шильников, Н.М. Галиярова, Е.Г. Надолinskая и др. / Физическое образование в вузах. – 2003. – Т. 9, № 4. – С. 43–56.
9. Фабрикант В.А. Новое в инженерном образовании. Физика и её роль. // Современная высшая школа, 1974. – № 1. – 109 с.
10. Федеральный государственный стандарт высшего профессионального образования по уровням подготовки (бакалавр, магистр, специалист). Утв. 22.2.2007 г.

References

1. Erofeeva G.V., Larionov V.V., Sjomkina L.I., Tjurin Ju.I., Chernov I.P. Konceptija podgotovki elitnyh specialistov v sisteme fundamental'nogo obrazovanija // Jelitnoe tehnickoe obrazovanie: Trudy Mezhdunarodnoj konferencii v ramkah simpoziuma «Jelitnoe tehnickoe obrazovanie». Tomsk: Izd-vo TPU, 2003. pp. 79–81.
2. Krjuchkov Ju.Ju. Fundamental'noe obrazovanie kak osnova jelitnogo obuchenija v tehnickom vuze / Ju.Ju. Krjuchkov, G.V. Erofeeva, V.V. Larionov, L.I. Semkina, Ju.I. Tjurin, I.P. Chernov // Inzhenernoe obrazovanie. 2004. no. 2. pp. 94–97.
3. Larionov V.V., Tjurin Ju.I. Fizika. Problemno orientirovannaja sistema obuchenija fizike v tehnickom universitete. Metodika strukturirovanija soderzhanija zadach i formirovanija idej na urovne proekta. Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 2010. 194 p.
4. Lider A.M., L.I. Semkina, Skljarova E.A. Soglasovanie integrirovannyh kompetencij po OOP bakalavriata i specialiteta v ramkah predmetnoj oblasti «Fizika» // Urovnevaja podgotovka specialistov: mezhdunarodnaja koncepcija CDIO i Standart OOP TPU: Sbornik trudov nauchno-metodicheskoy konferencii; Tomskij politehnicheskij universitet. Tomsk: Izd-vo TPU, 2013. pp. 60–63.
5. Petrovskaja T.S., Solov'ev M.A., Chernov I.P., Sjomkina L.I. Fundamental'naja podgotovka osnova formirovanija professional'nyh kompetencij v inzhenernom obrazovanii // Urovnevaja podgotovka specialistov: gosudarstvennye i mezhdunarodnye standarty inzhenernogo obrazovanija: Sbornik trudov nauchno-metodicheskoy konferencii; Tomskij politehnicheskij universitet. Tomsk: Izd-vo TPU, 2011. pp. 10–14.
6. Pohlkov Ju.P. Innovacionnoe inzhenernoe obrazovanie: soderzhanie i tehnologii. / Ju.P. Pohlkov, A.I. Chuchalin, B.L. Agranovich, M.A. Solov'jov // Innovacionnyj universitet i innovacionnoe obrazovanie: modeli, opyt, perspektivy: Trudy Mezhdunar.simp. Tomsk: Izd-vo TPU, 2003. pp. 9–10.
7. Standarty i rukovodstva po obespečeniju kachestva osnovnyh obrazovatel'nyh programm podgotovki bakalavrov, magistrrov i specialistov po prioritetnym napravlenijam razvitija GOU VPO «Nacional'nyj issledovatel'skij Tomskij politehnicheskij universitet» (Standart OOP TPU): Sbornik normativno-proizvodstvennyh materialov / pod redakciej A.I. Chuchalina, E.G. Jazikova. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2010. 150 p.
8. Shil'nikov A.V. Innovacionnye tehnologii prepodavanija fiziki v sisteme professional'noj podgotovki inzhenerov / A.V. Shil'nikov, N.M. Galijarova, E.G. Nadolinskaja i dr. / Fizicheskoe obrazovanie v vuzah. 2003. T. 9, no. 4. pp. 43–56.
9. Fabrikant V.A. Novoe v inzhenernom obrazovanii. Fizika i ejo rol'. // Sovremennaja vysshaja shkola, 1974. no. 1. 109 p.
10. Federal'nyj gosudarstvennyj standart vysshego professional'nogo obrazovanija po urovnjam podgotovki (bakalavr, magistr, specialist). Utv. 22.2.2007 g.

Рецензенты:

Румбешта Е.А., д.п.н., профессор, кафедра физики Томского государственного педагогического университета, г. Томск;

Улеников О.Н., д.ф.-м.н., профессор, кафедра теоретической физики Томского государственного университета, г. Томск.

Работа поступила в редакцию 19.02.2015.