

УДК 378.53

Оценка уровня подготовленности по физике в техническом вузе

Ан А.Ф.^{1,*}, Соколов В. М.²

[*anafl@yandex.ru](mailto:anafl@yandex.ru)

¹Муромский институт Владимирского государственного
университета, Муром, Россия

²Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

В статье отражены результаты исследования, посвященного решению задачи максимально однозначного описания уровневой дифференциации целей учебной дисциплины «Физика», ориентированной на модель профессиональной компетентности выпускника технического вуза, и разработке сопряженных с этим описанием оценочных процедур, средств диагностики. Предложена и апробирована таксономия диагностируемых требований к усвоению содержания обучения физике, элементы которой студент, выпускник должен уметь использовать при выполнении оценочных заданий, опираясь только на собственную память. При проектировании диагностических средств учтены экспертные оценки значимости учебных элементов курса физики для фундаментальной, мировоззренческой подготовки и успешного освоения блока профессиональных дисциплин, использовано содержание типовых задач по дисциплинам профессионального цикла основной образовательной программы.

Ключевые слова: физическая компетентность, цели подготовки по физике, таксономия уровней усвоения содержания обучения, оценочные процедуры, средства диагностики

Введение

Определяя предназначение учебного курса «Физика» в современной системе инженерного образования, мы опираемся на системный подход к проектированию, реализации и оцениванию результатов такой деятельности, при которой взаимосогласованные дисциплинарные цели и содержание обучения приоритетно ориентированы на достижение конечной интегративной цели подготовки – профессиональной компетентности выпускника. Исходя из этого, курс физики в техническом вузе должен способствовать формированию таких качеств, компетенций студента, выпускника-бакалавра, как готовность и способность:

– адекватно воспринимать и успешно осваивать профессионально ориентированную часть обучения, понимать физические основы функционирования технических систем и технологических процессов;

- понимать, объяснять, интерпретировать физическую сущность обсуждаемых в обществе, средствах массовой информации явлений и мировоззренческих проблем;
- успешно разрешать проблемные ситуации, возникающие как в профессиональной, так и других сферах деятельности.

В последние годы в большинстве технических вузов сложился трехсеместровый курс общей физики со средним объемом 200 часов аудиторных занятий и менее. В рамках такого бюджета времени освоить содержание классических учебников и учебных пособий по физике (Д.В. Сивухин, А.Н. Матвеев, И.В. Савельев, И.Е. Иродов и др.) даже на минимальном уровне среднему студенту очень сложно. Для сравнения, в 70-е гг. прошлого века минимум объема курса физики для всех технических специальностей жестко устанавливался в количестве 272 часов аудиторных занятий. С переходом на ФГОС тенденция к сокращению объема часов аудиторных занятий по курсу физики сохранилась. Возрастает диспропорция между растущим объемом новой информации в области физики, с которой необходимо знакомить студентов, и сокращением времени на освоение учебного курса. Глубокое изучение современных учебных пособий по физике для технических вузов, учитывающих последние достижения в науке и технике (см., например, [1]), требует значительного увеличения количества выделяемых на дисциплину часов.

В условиях ограниченного времени, выделяемого образовательными стандартами на изучение дисциплин математического и естественнонаучного цикла, и невысокого уровня поддержки фундаментального физического содержания в блоке профессионально ориентированной подготовки достижение целей обучения физике, по нашему мнению, возможно при обоснованной дифференциации рекомендуемого содержания курса физики для технических вузов. Такая дифференциация предполагает отбор из примерной программы дисциплины [2] наиболее значимых для конкретного направления инженерной подготовки элементов содержания, представительность и достаточно высокий уровень усвоения которых позволит сохранить целостность, фундаментальность подготовки и обеспечат формирование отмеченных компетенций студента и выпускника. Естественно, требуемые уровни усвоения выделенного содержания обучения должны быть соответствующим образом описаны и обеспечены комплексом оценочных процедур и заданий, позволяющим максимально однозначно определить степень их достижения.

Цель данной работы – представить описание дифференцированных по уровням усвоения целей учебной дисциплины «Физика», ориентированной на модель профессиональной компетентности выпускника технического вуза, и сопряженные с этим описанием оценочные процедуры, средства, диагностические материалы, задающие и определяющие степень их достижения.

Новизна результатов исследования состоит в том, что впервые предложен и апробирован целостный механизм оценки уровня подготовленности по физике на различных этапах обучения, включающий:

- таксономию уровней усвоения содержания обучения, ориентированную на оперативную оценку степени достижения целей – требований к подготовленности по физике студента и выпускника. Разработана классификация, согласно которой

проявлению репродуктивной деятельности соответствуют уровни узнавания, воспроизведения и репродуктивного применения, а продуктивной деятельности – способность использовать ранее усвоенную информацию, способы действий в новых для субъекта сценариях, ситуациях, условиях. Раскрыто содержание основных признаков усвоения учебного материала по физике на каждом таксономическом уровне;

– комплекс оценочных материалов на основе традиционных (тестоподобные задания, учебные задачи) и компетентностно ориентированных (профессионально направленные и ситуационные задачи, интегративные задания) средств контроля. Предложено при проектировании диагностических средств учитывать результаты анализа экспертных оценок значимости учебных элементов курса физики для фундаментальной, мировоззренческой подготовки и успешного освоения блока профессиональных дисциплин, использовать содержание типовых задач по дисциплинам профессионального цикла основной образовательной программы.

Цели подготовки по физике и оцениваемые результаты обучения

Цели и содержание обучения – важнейшие, тесно связанные между собой составляющие образовательного процесса, реального управления этим процессом. Если конечные цели – требования к уровню подготовленности выпускника – первичны и приоритетны по отношению к содержанию подготовки, то промежуточные (этапные) цели, прежде всего дисциплинарные цели, как правило, конкретизируются и описываются на языке уровней усвоения содержания обучения. Уходя от непосредственного обсуждения сложных, динамично согласуемых отношений между целями и содержанием обучения, их связей с условиями реализации учебного процесса, остановимся на способах описания целей подготовки по физике, предполагающих максимально возможную однозначность и объективность оценки степени их достижения.

Разделяя мнение большинства авторов работ, посвященных проблеме оценочной деятельности [3–6], считаем целесообразным выделить два этапа оценки уровня подготовленности по физике студентов и выпускников – вузовский и послевузовский. Обсуждение последнего этапа не входит в задачу нашей публикации, хотя значимость мнений работодателей и самих выпускников об уровне их базовой подготовленности крайне важна для принятия управленческих решений.

Очевидно, что такая оценка требует четкого, корректного и обоснованного описания как уровневой дифференциации дисциплинарных целей, так и разработки комплементарных этому описанию конкретных средств, инструментария, оценочных процедур, определяющих степень их достижения¹.

Конкретизируя и интегрируя требования ФГОС² к результатам освоения математического и естественнонаучного цикла основных образовательных программ бакалавриата по инженерно-техническим направлениям подготовки, учитывая Критерии аккредитации образовательных программ в области техники и технологий, разработанные Ассоциацией инженерного образования России [7], результаты опроса потенциальных работодателей и представителей профессорско-преподавательского состава [8], в описании конечной цели подготовки (профессиональной компетентности выпускника)

нами выделен базовый компонент, определенный как **«физическая компетентность»** [9]. Его содержанием является целостная совокупность наиболее существенных свойств, компетенций будущего выпускника, студента, завершившего курс физики, характеризующая его готовность и способность:

- успешно осваивать дисциплины профессионального цикла, адекватно воспринимая, понимая смысл использования физических законов, моделей, эффектов, лежащих в их основе;
- применять усвоенное содержание курса физики для определения физических основ технических систем (технологических процессов) и базовой информации, обеспечивающей успешное решение профессионально значимых задач;
- адекватно и целостно воспринимать окружающий мир, ориентироваться в нем, активно адаптироваться к его изменениям, объяснять, обосновывать физический смысл процессов и явлений.

Приведенный перечень компетенций можно и нужно воспринимать как описание конечных целей, определяющих общую направленность базовой подготовки по физике. Описание, хотя и сформулированное на языке государственных образовательных стандартов, но достаточно обобщенное, чтобы претендовать на однозначность, измеримость заявленных свойств студентов.

Проектирование целей подготовки по физике для конкретного направления требует перехода от обобщенной конечной цели – формирования физической компетентности студента, выпускника – к уточнению, четкому описанию промежуточных (этапных) целей – целей изучения дисциплины за учебный семестр, внутрисеместровых целей. Построение такой согласованной последовательности конкретных³ промежуточных целей (с учетом начального уровня подготовленности поступивших в вуз студентов), будет более однозначным, диагностичным, если поставить в соответствие представленным компетенциям совокупность заданий как инструментов оценки степени их достижения и описание самой процедуры оценивания. При этом содержание любых оценочных заданий и уровень их сложности должны быть дифференцированы в зависимости от значимости элементов содержания обучения для достижения интегративных целей.

Не включаясь в обсуждение методов анализа и проектирования содержания курса физики для конкретного направления инженерной подготовки, позволяющих выделить учебные элементы, которые будут «работать» в профессионально ориентированном и мировоззренческом аспектах (см., например, [10–12]), остановимся на механизме оценки уровня подготовленности по физике на различных этапах обучения.

Следуя идеям В.П. Беспалько [13], принимая в качестве основы уровневую таксономию Б. Блума [14], частично переработанную В.М. Соколовым [15], адаптируя ее к задачам нашего исследования, предлагаем формулировать конкретные цели – требования к уровню подготовленности по физике и строить инструментарий диагностики степени ее достижения на двух уровнях деятельности студентов/выпускников – репродуктивном и продуктивном.

При такой дифференциации продуктивный уровень усвоения содержания обучения ориентирован на приоритет системности требований к подготовленности выпускника,

преодоление мозаичности дисциплинарной подготовки, а репродуктивный – на реализацию частных типовых алгоритмов, методов, процедур, являющихся базовыми составными частями системных требований.

К репродуктивной деятельности нами отнесены таксономические уровни узнавания, воспроизведения и репродуктивного применения, а к продуктивной деятельности – способность использовать ранее усвоенную информацию, умения в новых условиях, нетиповой ситуации. Содержание основных признаков уровней усвоения учебного материала по физике приведено в табл. 1.

Таблица 1. Классификация уровней подготовленности по физике студента, выпускника технического вуза

	Таксономический уровень	Основной признак усвоения студентом содержания обучения на данном уровне
Репродуктивный вид деятельности	<i>Узнавание</i>	Распознает воспринимаемый элемент физического содержания (определение, понятие, закон, алгоритм, процедуру), выбирает данный элемент из некоторого множества достаточно близких по содержанию, смыслу (значению) учебных элементов
	<i>Воспроизведение</i>	Дает определение основных понятий, воспроизводит эмпирические факты, базовые физические законы, закономерности, принципы
		Воспроизводит с пониманием логических связей между учебными элементами (понятиями, фактами, принципами, законами, моделями), составляющими некоторую единицу содержания дисциплины
	<i>Применение репродуктивное</i>	Применяет совокупность физических понятий, моделей, законов, принципов в их установленном ранее типовом, традиционном смысле (без обобщения, расширения, переноса их значения, смысла в другие области)
Использует усвоенные типовые процедуры, алгоритмы, методы решения физических задач		
Продуктивный вид деятельности	<i>Использование ранее усвоенной информации, способов действий в новых для субъекта сценариях, ситуациях, условиях</i>	Выделяет физическую сущность явления, технического устройства, технологического процесса, дает ее обоснование
		Обоснованно использует понятия, базовые законы, объясняя физические основы профессионально ориентированной задачи, дает физическую интерпретацию уравнений, отражающих эти законы
		Критически осмысливает и оценивает информацию, дает физическое обоснование конкретных сюжетов, отражающих представления об окружающем мире

В предлагаемой классификации первый блок конкретных целей обучения, выраженных через соответствующие уровни усвоения содержания дисциплины (узнавание, воспроизведение, репродуктивное применение), вместе с методами, технологиями их достижения преимущественно работает на одну обобщенную

компетенцию выпускника – способность целенаправленно, успешно и достаточно эффективно выполнять типовую профессиональную деятельность. Вместе с тем достижение этих промежуточных целей является основой формирования таких обобщенных компетенций выпускника, как способность адаптироваться к меняющимся условиям, разрешать проблемные ситуации, возникающие в профессиональной деятельности, успешно заниматься саморазвитием, самосовершенствованием.

Второй блок целей обучения приоритетно ориентирован на системность, целостность результата подготовки, предполагающей подготовленность студента к выполнению интегративных, синтетических профессионально направленных и мировоззренческих заданий, опирающихся на физическую базу.

При проектировании средств диагностики степени достижения промежуточных и конечных целей базовой подготовки по физике мы исходили из того, что в оценочной процедуре испытуемый может опираться только на базу знаний, хранящуюся в его памяти, без обращения к каким-либо внешним источникам информации. В связи с этим считаем, что объем совокупности элементов содержания, усвоение которого жестко фиксируется при выполнении контрольного задания, должен быть обоснованно ограничен профессионально признанным минимумом, наиболее существенным для фундаментальной и профессиональной подготовки. Реализация данного условия при отборе содержания диагностических средств опирается на результаты анализа экспертных оценок значимости учебных элементов курса физики как для адекватного восприятия, усвоения студентом собственно физики (см., например, приложение А), так и успешного освоения дисциплин профессионального цикла [10, 12].

Так, например, в результате построения матрицы логических связей физики и общей электротехники выделена совокупность учебных элементов курса физики, на усвоенное содержание которых опирается освоение дидактического материала электротехники. К ним, прежде всего, относятся темы «Электрический ток (токи проводимости, законы Ома, Джоуля-Ленца, правила Кирхгофа, мощность тока)», «Электромагнитная индукция (закон Фарадея, правило Ленца, самоиндукция, взаимная индукция, токи Фуко, энергия магнитного тока)», «Электромагнитные колебания (свободные и вынужденные колебания, электрический резонанс, закон Ома для цепи переменного тока, мощность переменного тока)», значения частоты использования которых в курсе «Общая электротехника» составляют соответственно 0,29, 0,47 и 0,65 (среднее значение частотности 0,24). Эти же темы характеризуются наиболее высокими оценками значимости для освоения блока общепрофессиональных и специальных дисциплин, данными экспертами – преподавателями выпускающих кафедр технических вузов. Именно поэтому в содержании вариантов заданий по физике для оперативной оценки подготовленности студентов «на входе» в курс общей электротехники преобладают задачи на отмеченные темы (приложение Б).

Аналогичный подход применялся при отборе содержания заданий, оценивающих подготовленность студентов по физике перед началом изучения курса «Физические основы микроэлектроники» и других дисциплин профессионального цикла.

Результативность выполнения таких контрольных заданий оценивалась величиной относительной успешности решения задачи – суммарным результатом решения конкретной задачи, деленным на количество испытуемых (средняя успешность решения задачи).

Остановимся на обсуждении возможного подхода к созданию фондов профессионально ориентированных заданий, оценочных процедур, определяющих, фиксирующих степень сформированности физической компетентности, реального достижения сформулированных конечных целей – требований к подготовленности по физике студента, выпускника технического вуза.

Анализ содержания учебных пособий, задачников для студентов, в которых приведены профессионально ориентированные задания и алгоритмы их решения [17–19 и др.], позволяет констатировать следующее. Во многих случаях задания по дисциплинам профессионального цикла не предполагают обязательного обсуждения, физического обоснования используемых для их решения типовых методик, алгоритмов, процедур. В то же время, в проводимом нами исследовании получены достаточно высокие экспертные оценки значимости базовых понятий, принципов, законов физики для профессиональной и мировоззренческой подготовки, которые даны ведущими преподавателями профилирующих кафедр технических вузов [12]. Возникающее противоречие между значимостью физических понятий, моделей, законов и практическим отсутствием в специальных курсах физического обоснования типовых методов, алгоритмов решения профессионально ориентированных задач фактически означает, что, высоко оценивая важность базовой совокупности элементов содержания курса физики, эксперты ориентировались на некоторый идеальный образ физической подготовленности будущего выпускника, реально не подкрепляемый содержанием проанализированных нами учебных пособий.

В этой ситуации становится особенно актуальной оценка степени готовности и способности студента, осваивающего дисциплины профессионального цикла, обнаруживать, определять, понимать смысл физических понятий, связей между ними, законов, составляющих основу алгоритмов выполнения профессионально ориентированных заданий.

По нашему мнению, в логике компетентностного подхода такая диагностика не должна быть узконаправленной и сводиться к процедуре оценивания успешности решения чисто учебных физических задач, типичной для традиционных предметно ориентированных моделей педагогических измерительных материалов (например, при промежуточной или итоговой дисциплинарной аттестации студентов, в Федеральном интернет-экзамене в сфере профессионального образования). Полагаем, что студент

(выпускник), успешно освоивший содержание курса физики, при решении квазиреальной или реальной профессиональной задачи должен быть готов:

- продемонстрировать видение физической сущности явления, процесса, лежащего в ее основе;
- показать, обосновать использование понятий, фундаментальных законов, составляющих основу предъявленного задания, узнать и дать физическую интерпретацию уравнений, отражающих эти законы;
- дать физическое обоснование процедуры решения типового (в данной профильной дисциплине) задания.

Возможным вариантом реализации обсуждаемого подхода при проектировании заданий, оценивающих уровень подготовленности по физике студентов и выпускников технического бакалавриата, считаем использование содержания типовых задач по дисциплинам профессионального цикла основной образовательной программы. В качестве иллюстрации рассмотрим задачи, предлагаемые в учебных пособиях по курсам «Электродинамика и распространение радиоволн» и «Радиолокационные системы».

Задача 1. Вибратор с равномерным распределением тока при длине l и токе с амплитудой I_m излучает электромагнитные волны, которые на расстоянии r , отсчитанном в экваториальной плоскости, имеют плотность потока мощности P . Требуется определить частоту тока f в вибраторе и амплитуды напряженности электрического E_m и магнитного H_m полей на этом расстоянии [17, с. 10–11].

Задача 2. Оцените максимальную дальность действия РЛС, если дальность действия РЛС в свободном пространстве $R_{\max 0}$, а длина волны λ . Учитывать поглощение энергии радиоволн дождем интенсивностью Q до высоты H_1 , парами воды и кислородом атмосферы до высоты H_2 . Угол наклона луча РЛС к горизонту β_0 . Кривизной земной поверхности пренебречь [19, с. 63].

Анализ текстов рассматриваемых задач позволяет разработать содержание заданий, подготовить вопросы, дающие возможность оценить умение студента, выпускника выделить, обосновать физическую сущность явления, процесса, совокупность физических понятий, законов, составляющих основу решения профессионально ориентированной задачи. В данном случае задания могут быть сформулированы следующим образом:

1. Укажите физические законы, определяющие возможность излучения и распространения электромагнитных волн.
2. Опишите основные свойства электромагнитных волн. Укажите связь частоты с длиной волны, ее волновым вектором.
3. Опишите или определите понятие «плотность потока энергии электромагнитного поля».
4. Какова связь между энергией и мощностью, между потоком энергии и потоком мощности?
5. Что является физической основой создания направленного излучения за счет композиции излучающих диполей – вибраторов Герца, работающих на одной частоте?

6. Дайте физическое обоснование затухания электромагнитных волн в различных средах в зависимости от длины волны.

7. В каких случаях можно заменить описание рассеяния электромагнитных волн на атомах среды лучами, проходящим и отраженным?

Вопросы, аналогичные приведенным, составляют первый блок интегративного задания для оценки степени подготовленности студента (выпускника) технического вуза по дисциплине «Физика» (вариант задания приведен в приложении В). Во второй блок нами включены ситуационные задачи мировоззренческого характера, проверяющие умение обосновывать физический смысл процессов и явлений окружающего мира. Третий блок, логически сопряженный с заданиями первого и второго блоков, содержит задачи учебного типа в форме вопросов с выбором ответа из предложенных вариантов. Содержание этих задач построено таким образом, чтобы фиксировать узнавание отдельных понятий, связей между ними, физических законов, используемых в заданиях первого и второго блоков. Корреляция успешности выполнения заданий первого и второго блоков с третьим позволяет определить роль узнавания базовых понятий в успешности решения профессионально направленных и мировоззренческих заданий и оценить степень системности подготовленности по физике студентов, выпускников.

Таким образом, разработанная оценочная процедура позволяет, по нашему мнению, оценить уровень сформированности компонентов физической компетентности студента, выпускника технического вуза по блокам 1 (умение выделить физическую сущность технического устройства, технологического процесса, дать ее обоснование) и 2 (умение критически анализировать информацию, давать физическое обоснование конкретных сюжетов, отражающих представления об окружающем мире). Результаты выполнения третьего блока заданий фиксируют степень усвоения элементов содержания, использование которых должно обеспечивать положительные результаты решения задач первого и второго блоков. При этом следует иметь в виду, что даже максимальная успешность выполнения поэлементных заданий третьего блока не гарантирует выполнения заданий блоков 1 и 2, но это будет означать, что интегративный, системный уровень сформированности компонентов физической компетентности в должной степени не достигнут.

В качестве индикаторов, показателей степени сформированности компонентов физической компетентности студентов, выпускников предлагаем использовать величину относительной успешности выполнения заданий в соответствующем блоке и количество парных логических связей между задачами предъявленного задания, фиксация которого позволяет оценить степень целостности, системности усвоения дисциплины.

Разработанный механизм оценки уровня подготовленности по физике на различных этапах обучения апробирован (2009–2014 гг.) в Муромском институте Владимирского государственного университета и на физическом факультете Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского при проведении следующих диагностических процедур: а) входного контроля уровня подготовленности выпускников

общеобразовательных школ к освоению вузовского курса физики; б) текущего (в течение семестра) контроля успеваемости; в) промежуточной аттестации студентов (после окончания семестра, «на входе» профессионально ориентированных дисциплин); г) итогового контроля (на четвертом курсе технического бакалавриата).

Заключение

Одним из условий повышения качества подготовленности будущих профессионалов в области техники и технологий является проектирование, реализация и оценивание результатов такой деятельности, при которой взаимосогласованные дисциплинарные цели и содержание обучения приоритетно ориентированы на достижение конечной интегративной цели подготовки – формирование профессиональной компетентности выпускника.

Актуальной задачей, требующей решения при проектировании и обновлении основных образовательных программ высшего профессионального образования, является разработка объективированных процедур оценки уровня сформированности умений, компетенций студентов и выпускников, ориентированных на эффективное достижение конечных целей подготовки. Действующие ФГОС указывают учебным заведениям на необходимость самостоятельной разработки фонда оценочных средств, определяющих степень соответствия достигнутых результатов обучения требованиям федерального образовательного стандарта. По нашему мнению, для повышения качества разрабатываемых компетентностно ориентированных образовательных программ вузам требуются подходы и способы более обоснованного и прозрачного проектирования средств диагностики степени достижения промежуточных и конечных целей подготовки.

Предлагаемые в работе подходы и полученные результаты могут служить основой совершенствования курса физики в техническом вузе, ориентированного на модель профессиональной компетентности выпускника, в части проектирования содержания, целей обучения и способов оценки степени их достижения.

Примечания

1. По нашему мнению, используемые в ФГОС ВПО и значительной части публикаций описания целей – требований к подготовленности в терминах знаний, владения, способностей, наличия опыта не могут претендовать на однозначность, измеримость этих свойств, по крайней мере, без четкого определения этих понятий.

2. Высшее учебное заведение, принимая федеральные цели – требования к уровню подготовленности выпускника и обязуясь тем самым обеспечить нормативное качество его подготовки, может дополнять, расширять, «подстраивать» их под свою ситуацию, местную специфику, конкурентные условия рынка труда. В логике компетентностного подхода это означает уточнение, адаптацию компетентностной модели выпускника под конкретные запросы работодателя, на которого в основном ориентирован вуз.

3. Под конкретной целью нами понимается максимально четкое и однозначное описание предполагаемого результата, сопряженное с соответствующей процедурой объективированной оценки степени реального достижения этого результата [16].

Список литературы

1. Глаголев К.В., Горелик В.С., Литвинов О.С., Мартинсон Л.К., Морозов А.Н. и др. Физика в техническом университете: серия учебных пособий. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006–2013.
2. Примерная программа дисциплины «Физика» для ФГОС 3-го поколения // Бюллетень Научно-методического совета по физике. № 4 / сост. Н.М. Кожевников. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2012. С. 27-59.
3. Александров И.В., Строкина В.Р., Афанасьева А.М., Тучков С.В. Курс физики: опыт реализации компетентностного подхода // Высшее образование в России. 2010. № 2. С. 114-119.
4. Татур Ю.Г. Как повысить объективность измерения и оценки результатов образования // Высшее образование в России. 2010. № 5. С. 22–31.
5. Гитман М.Б., Данилов А.Н., Столбов В.Ю. Об одном подходе к контролю уровня сформированности базовых компетенций выпускников вуза // Высшее образование в России. 2012. № 4. С.13-18.
6. Якимова З.В., Николаева В.Н. Оценка компетенций: профессиональная среда и вуз // Высшее образование в России. 2012. № 12. С. 13–22.
7. Критерии и процедура аккредитации образовательных программ подготовки специалистов с высшим профессиональным образованием в области техники и технологий // Аккредитационный центр Ассоциации инженерного образования России: сайт. Режим доступа: <http://www.ac-raee.ru/kriterii.php> (дата обращения 07.06.2012).
8. Ан А.Ф., Соколов В.М. О проектировании содержания подготовки по физике будущего инженера технического профиля // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Инновации в образовании. 2010. № 2 (1). С. 26-33.
9. Ан А.Ф. Совершенствование курса физики в техническом вузе в условиях компетентностного подхода // Высшее образование сегодня. 2014. № 7. С. 19–23.
10. Ан А.Ф., Соколов В.М. Теория и результаты анализа содержания курса физики в компетентностной модели выпускника технического вуза // Инновации в образовании. 2011. № 7. С. 4–16.
11. Ан А.Ф., Соколов В.М. Согласование курсов общей физики и математики в высшем техническом образовании // Инновации в образовании. 2012. № 7. С. 4–18.
12. Ан А.Ф., Соколов В.М. О фундаментальной составляющей содержания курса физики в техническом вузе // Инновации в образовании. 2013. № 4. С. 20–35.

13. Беспалько В.П. О критериях качества подготовки специалистов // *Alma Mater* (Вестник высшей школы). 1988. № 1. С. 3–8.
14. Bloom B.S. *Taxonomy of Educational Objectives*. New York, 1956.
15. Соколов В.М. Основы проектирования образовательных стандартов (методология, теория, практический опыт). М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1996. 86 с.
16. Соколов В.М. Профессиональная компетентность: иерархия описания уровней целей обучения по степени обобщенности, конкретности // *Вестник Волжского государственного инженерно-педагогического университета*. 2008. № 5 (6). С. 50–62.
17. Белоцерковский Г.Б., Красюк В.Н. Задачи и расчеты по курсу «Устройства СВЧ и антенны»: учеб. пособие / под ред. проф. А.П. Голубкова. СПб.: СПбГУАП, 2002. 178 с.
18. Баскаков С.И., Карташов В.Г., Лобов Г.Д. и др. Сборник задач по курсу «Электродинамика и распространение радиоволн»: учеб. пособие / под ред. С.И. Баскакова. М.: Высшая школа, 1981. 208 с.
19. Сборник задач по курсу «Радиолокационные системы»: учеб. пособие для вузов / под ред. П.А. Бакулева и А.А. Сосновского. М.: Радиотехника, 2007. 208 с.

Вариант оценочного задания по физике для текущего контроля
уровня усвоения содержания темы «Постоянное электрическое поле»

ЧАСТЬ 1

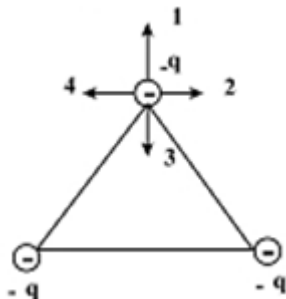
1. На двух одинаковых металлических шариках находятся положительный заряд $+Q$ и отрицательный заряд $-5Q$. При соприкосновении шариков заряд на каждом из них станет равен:

1. $-4Q$ 2. $+6Q$ 3. $-2Q$ 4. $+3Q$

2. Напряженность электростатического поля у поверхности проводника равна $E = \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon S}$. С какой по величине силой проводник действует на заряд q_0 , находящийся на расстоянии r от него?

1. $\frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$ 2. $\frac{qq_0}{\epsilon_0\epsilon S}$ 3. $\frac{qq_0r}{4\pi\epsilon_0\epsilon}$ 4. $\frac{qq_0}{\epsilon_0\epsilon Sr}$

3. В вершинах равностороннего треугольника находятся одинаковые по модулю заряды. Направление силы, действующей на верхний заряд, и направление напряженности электрического поля в месте нахождения этого заряда обозначены векторами:



1. Сила – вектор 4, напряженность – вектор 2
2. Сила – вектор 1, напряженность – вектор 3
3. Сила – вектор 1, напряженность – вектор 1
4. Сила – вектор 3, напряженность – вектор 3

4. В двух противоположных вершинах А и С квадрата ABCD со стороной 6 см находятся точечные заряды $q_A = -1,2$ нКл и $q_C = 1,6$ нКл. Потенциал электрического поля этих зарядов в вершине В равен:

1. 300 В 2. 1000 В 3. 60 В 4. 90 В

5. Напряженность электростатического поля как функция координат имеет вид $\vec{E} = a\vec{i} + b\vec{j} + c\vec{k}$, где a, b, c – постоянные величины соответствующей размерности, $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные векторы координатных осей. Потенциал этого поля (с точностью до постоянной) равен:

1. $ax^2 + by^2 + cz^2$ 2. $ax + by + cz$ 3. $-(ax + by + cz)$ 4. $-(ax^2 + by^2 + cz^2)$

6. Если заряд на обкладках конденсатора увеличить в три раза, то его емкость:

1. Увеличится в три раза
2. Уменьшится в три раза
3. Не изменится
4. Уменьшится в девять раз

7. Чему станет равна емкость батареи конденсаторов (рисунок) после замыкания ключа K ?



1. $2C$ 2. C 3. $C/2$ 4. $C/3$

ЧАСТЬ II

8. Точечные заряды $q_1 = 1$ мкКл и $q_2 = 0,1$ мкКл находятся в вакууме на расстоянии 10 см друг от друга. Определить, какую работу совершат силы электрического поля при удалении второго заряда от первого на расстояние 10 м?

9. Небольшое тело массой 70 г и зарядом $q_1 = 5$ мкКл соскальзывает без начальной скорости с вершины гладкой наклонной плоскости высотой 50 см и углом 60° при основании. В вершине прямого угла, образованного высотой и основанием наклонной плоскости, закреплен точечный заряд $q_2 = (2/3) q_1$. Определить скорость тела у основания наклонной плоскости, приняв $g=10$ м/с².

10. Электрон влетает в однородное электрическое поле напряженностью $E = 120$ В/м и движется по направлению силовых линий. Какое расстояние он пролетит до полной остановки, если его начальная скорость равна 10^6 м/с? Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Вариант задания по физике для оценки уровня подготовленности студентов
технического вуза к освоению курса «Общая электротехника»

ЧАСТЬ 1

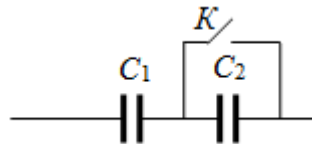
1. В поле точечного заряда $q_1 = 3$ мкКл в вакууме на расстоянии $r_1 = 1,5$ м от него находится точечный заряд $q_2 = 0,02$ мкКл. Какую работу надо совершить, чтобы сблизить заряды до расстояния $r_2 = 1$ м?

1. 360 мкДж 2. -360 мкДж 3. 180 мкДж 4. -180 мкДж

2. Если разность потенциалов между обкладками конденсатора увеличить в три раза, то его емкость:

1. Увеличится в три раза
2. Уменьшится в три раза
3. Не изменится
4. Уменьшится в девять раз

3. Чему станет равна емкость батареи конденсаторов (рисунок) после замыкания ключа K ?

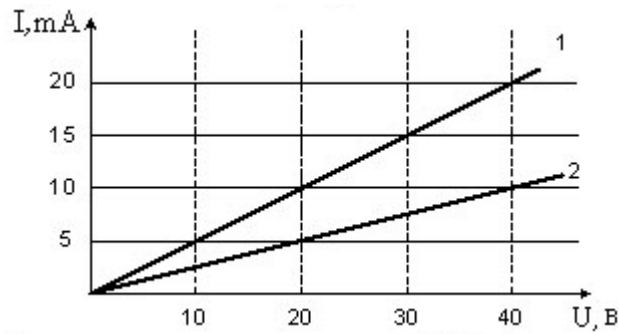


1. C_1 2. C_2 3. Нулю 4. Останется прежней

4. Физической основой первого правила Кирхгофа является:

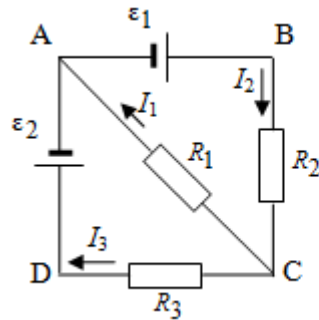
1. Закон сохранения энергии
2. Закон сохранения электрического заряда
3. Закон Ома для участка цепи
4. Закон Кулона

5. Вольтамперные характеристики резисторов 1 и 2 в электрической цепи постоянного тока представлены на рисунке. Отношение сопротивлений R_1/R_2 этих резисторов равно:



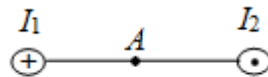
1. 4 2. 1/4 3. 1/2 4. 2

6. На рисунке представлена схема электрической цепи, включающая два идеальных источника тока с ЭДС ε_1 и ε_2 и три резистора сопротивлениями R_1 , R_2 и R_3 . Направления токов в ветвях показаны стрелками. Направление обхода контуров – по часовой стрелке. Для контура ABCDA уравнение по второму правилу Кирхгофа имеет вид:



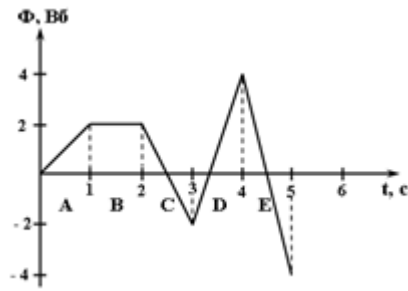
1. $\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3$
2. $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3$
3. $\varepsilon_2 - \varepsilon_1 = I_2 R_2 + I_3 R_3$
4. $\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I_2 R_2 - I_3 R_3$

7. На рисунке изображены сечения двух прямолинейных длинных параллельных проводников с противоположно направленными токами. Каковы величина и направление напряженности \vec{H} магнитного поля в точке A, если $I_1 = I_2$?



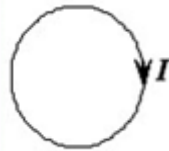
1. $H_1 + H_2$, вверх 2. $H_1 - H_2$, вверх 3. 0 4. $H_1 + H_2$, вниз

8. На рисунке представлена зависимость магнитного потока, пронизывающего некоторый замкнутый контур, от времени. ЭДС индукции в контуре не возникает на интервале:



1. В 2. А и D 3. С 4. Е

9. Сила тока в проводящем круговом контуре индуктивностью 0,1 Гн изменяется с течением времени по закону $I = 2 + 0,3t$, А. Определите абсолютную величину ЭДС самоиндукции и направление индукционного тока.



1. 0,2 В; индукционный ток направлен по часовой стрелке
2. 0,03 В; индукционный ток направлен по часовой стрелке
3. 0,03 В; индукционный ток направлен против часовой стрелки
4. 0,2 В; индукционный ток направлен против часовой стрелки

10. Свободные затухающие колебания заряда конденсатора в колебательном контуре описываются уравнением:

$$\begin{aligned}
 &1. \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0 \quad 2. \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC}q = \frac{U_0}{L} \cos \omega t \quad 3. \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC}q = 0 \\
 &4. \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = \frac{U_0}{L} \cos \omega t
 \end{aligned}$$

ЧАСТЬ 2

11. К зажимам цепи переменного тока приложено напряжение $u = 141 \sin \omega t$, В. Полное сопротивление цепи $Z = 20$ Ом. Чему равно действующее значение силы тока?

12. К источнику тока с ЭДС 4 В и внутренним сопротивлением $r = 5$ Ом подсоединили нагрузочное сопротивление. Чему оно должно быть равно, чтобы КПД источника был равен 50 %?

Вариант интегративного задания для оценки степени подготовленности
по физике студента (выпускника) по направлению «Радиотехника»

ЧАСТЬ I

1.1. Назовите физические законы, определяющие возможность излучения и распространения электромагнитных волн.

1.2. Укажите основные характеристики монохроматической волны. Как они связаны между собой?

1.3. Какие физические процессы лежат в основе затухания электромагнитной волны, в том числе в пространстве, заполненном диэлектриком?

1.4. Что является физической основой создания направленного излучения за счет композиции вибраторов Герца, работающих на одной частоте?

ЧАСТЬ II

2.1. Почему, пытаясь уменьшить потери тепла, трубы горячей воды покрывают слоем алюминиевой пленки?

2.2. Ядро атома гелия состоит из двух протонов и двух нейтронов. Оцените нижнюю границу величины сильного взаимодействия, считая, что размер ядра приблизительно 10^{-12} см.

2.3. Энергосберегающая лампа обеспечивает ту же освещенность, что и обычная лампа накаливания, расходуя меньше энергии. Почему?

2.4. Астрономический прибор фиксирует постоянно возникающие вспышки рентгеновского излучения ($\lambda \approx 10^{-8}$ см) в кольцах Сатурна. Астрофизики объясняют их наличие столкновением микрометеоритов с телами, образующими кольца. Оцените скорость частиц при столкновении, вызывающем рентгеновскую вспышку.

ЧАСТЬ III

В заданиях 3.1 – 3.7 выберите один ответ из предложенных вариантов:

3.1. Кинетическая энергия материальной точки определяется выражением:

1. mv 2. ma 3. $p^2/(2m)$ 4. mv^2

3.2. Модуль силы взаимодействия двух точечных электрических зарядов, находящихся на расстоянии r друг от друга, равен F . Расстояние между зарядами увеличили в два раза. Чтобы сила взаимодействия не изменилась, нужно:

1. Один из зарядов уменьшить по модулю в 2 раза

2. Каждый заряд увеличить по модулю в $\sqrt{2}$ раз
3. Каждый заряд увеличить по модулю в 2 раза
4. Каждый заряд уменьшить по модулю в 2 раза

3.3. Смысл закона электромагнитной индукции состоит в том, что:

1. Поток заряженных частиц создает магнитное поле.
2. Два линейных проводника, по которым в одном направлении течет ток, отталкиваются.
3. Изменение величины магнитного потока приводит к возникновению вихревого электрического поля.
4. Электрический заряд индуцирует на поверхности металла заряд обратного знака.

3.4. В каком из нижеприведенных уравнений Максвелла для электромагнитного поля содержится закон электромагнитной индукции?

$$1. \oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = \int_{(V)} \rho dV \quad 2. \oint_{(S)} \vec{B} d\vec{S} = 0 \quad 3. \oint_{(L)} \vec{E} d\vec{l} = - \int_{(S)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S} \quad 4.$$

$$\oint_{(L)} \vec{H} d\vec{l} = \int_{(S)} \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S}$$

3.5. Радиостанция вещает на частоте ν . Чему равна длина волны λ при ее распространении в среде с показателем преломления n (c – скорость света в вакууме)?

$$1. \frac{cn}{\nu} \quad 2. \frac{c}{n\nu} \quad 3. cn\nu \quad 4. \frac{c\nu}{n}$$

3.6. Определите энергию фотонов с длиной волны λ . Постоянная Планка \hbar .

$$1. \frac{2\pi\hbar c}{\lambda} \quad 2. \frac{\hbar}{\lambda} \quad 3. 2\pi\hbar\lambda \quad 4. \hbar\lambda$$

3.7. Плоскую монохроматическую волну можно представить в виде $\psi(x, t) = A \cos(\omega t - kx)$, где $\omega = 2\pi/T$ – циклическая частота, $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число, λ – длина волны. Чему равна фазовая скорость волны?

$$1. \omega k \quad 2. \frac{\omega}{k} \quad 3. \omega\lambda \quad 4. \frac{\omega}{\lambda}$$

Physics Competence Assessment in Engineering Higher Education Institution

A.F. An^{1,*}, V.M. Sokolov²

* anafl@yandex.ru

¹Murom Institute (branch) Federal state budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs", Murom, Russia

²Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod, Russia

Keywords: physical competence, the objectives of training in physics, taxonomy of levels of mastering learning content, assessment procedures, diagnostic means

In designing the undergraduate programmes, a development of objectified procedures to assess students and graduates' level of skills and learning outcomes aimed at achieving the ultimate goals of training is an important task for Higher Education Institutions (HEI).

The purpose of this work is to develop a description of the physics course objectives differentiated according to levels of learning achievements for engineering HEI, as well as the assessment procedures and diagnostic means associated with this description to specify and define the degree of their achievement.

The taxonomy of levels to master learning content is proposed and tested. Its aim is to assess rapidly a degree of achieved objectives i.e. meeting requirements for student and graduate's competences in physics. Classification is given according to which the reproductive activity is a manifestation of the levels of recognition, reproduction and reproductive use of knowledge while the productive activity is an ability to use previously learned information, methods of action for the new scenarios, situations, conditions. The paper presents content of the main features of learning the study materials in physics at each taxonomic level. It offers a developed package of assessment materials based on traditional (tests, training tasks) and competence-oriented control methods (professionally oriented and case studies, integrative assignments). The paper proves that when designing the diagnostic means it is expedient to take into consideration the analysis results of the expert assessments that the physics course curricular elements are of significance for fundamental and ideological studies and successful learning of the module of professional disciplines. It also shows that there is a need to use the content of typical tasks in disciplines of professional cycle of the undergraduate programme.

The proposed approaches and results can serve as a basis for teaching improvement in physics at engineering HEI when developing the content, disciplinary learning objectives, and methods to assess a degree of their achievement.

References

1. Glagolev K.V., Gorelik V.S., Litvinov O.S., Martinson L.K., Morozov A.N., et al. *Fizika v tekhnicheskoy universitete: seriya uchebnykh posobiy* [Physics at a technical university: The series of textbooks]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2006–2013. (in Russian).
2. Kozhevnikov N.M., ed. Model program of discipline “Physics” for GEF 3-rd generation. *Byulleten' Nauchno-metodicheskogo soveta po fizike* [Bulletin of the Scientific-methodical Council on physics]. No. 4. St. Petersburg, SPbSPU Publ., 2012, pp. 27-59. (in Russian).
3. Aleksandrov I.V., Strokina V.R., Afanas'eva A.M., Tuchkov S.V. Competence-based approach in teaching physics. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*, 2010, no. 2, pp. 114-119. (in Russian).
4. Tatur Yu.G. How to increase the objectivity of the measurement and evaluation of education. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*, 2010, no. 5, pp. 22–31. (in Russian).
5. Gitman M.B., Danilov A.N., Stolbov V.Yu. On a special approach to control the formation level of university student's basic competences. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*, 2012, no. 4, pp. 13-18. (in Russian).
6. Yakimova Z.V., Nikolaeva V.N. Assessment of competences: professional and university environment. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*, 2012, no. 12, pp. 13–22. (in Russian).
7. Kriterii i protsedura akkreditatsii obrazovatel'nykh programm podgotovki spetsialistov s vysshim professional'nym obrazovaniem v oblasti tekhniki i tekhnologii [Criteria and procedure of accreditation of educational programs of training of specialists with higher professional education in engineering and technology]. Accreditation Center: department of the Association for Engineering Education of Russia (AEER): website. Available at: <http://www.ac-raee.ru/kriterii.php>, accessed 07.06.2012). (in Russian).
8. An A.F., Sokolov V.M. On the design of the content of training in physics future engineer technical profile. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Ser. Innovatsii v obrazovanii = Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. Ser. Innovations in Education*, 2010, no. 2 (1), pp. 26-33. (in Russian).
9. An A.F. Improvement of the physics course in a technical university under the conditions of competency building approach. *Vysshee obrazovanie segodnya = Higher Education Today*, 2014, no. 7, pp. 19–23. (in Russian).
10. An A.F., Sokolov V.M. A theory and results of the analysis of contents of a course of physics in a competence model of a technical university graduate. *Innovatsii v obrazovanii = Innovation in Education*, 2011, no. 7, pp. 4–16. (in Russian).
11. An A.F., Sokolov V.M. Combination of courses of general physics and mathematics in higher technical education. *Innovatsii v obrazovanii = Innovation in Education*, 2012, no. 7, pp. 4–18. (in Russian).

12. An A.F., Sokolov V.M. A fundamental component of contents of a course of physics in a technical university. *Innovatsii v obrazovanii = Innovation in Education*, 2013, no. 4, pp. 20–35. (in Russian).
13. Bepal'ko V.P. O kriteriyakh kachestva podgotovki spetsialistov. *Alma Mater (Vestnik Vysshey Shkoly) = High School Herald*, 1988, no. 1, pp. 3–8. (in Russian).
14. Bloom B.S. *Taxonomy of Educational Objectives*. New York, 1956.
15. Sokolov V.M. *Osnovy proektirovaniya obrazovatel'nykh standartov (metodologiya, teoriya, prakticheskii opyt)* [Basics of designing educational standards (methodology, theory, practical experience)]. Moscow, Research Center challenges the quality of training, 1996. 86 p. (in Russian).
16. Sokolov V.M. Professional competence: hierarchy level descriptions of learning objectives in the degree of generality, specificity. *Vestnik Volzhskogo gosudarstvennogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta = Bulletin of the Volga State Engineering and Pedagogical University*, 2008, no. 5 (6), pp. 50–62. (in Russian).
17. Belotserkovskii G.B., Krasnyuk V.N. *Zadachi i raschety po kursu "Ustroistva SVCh i anteny"* [Tasks and calculations for the course "Devices of microwave and antennas"]. St. Petersburg, Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation Publ., 2002. 178 p. (in Russian).
18. Baskakov S.I., Kartashov V.G., Lobov G.D., et al. *Sbornik zadach po kursu "Elektrodinamika i rasprostranenie radiovoln"* [A collection of problems on the course "Electrodynamics and propagation"]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1981. 208 p. (in Russian).
19. Bakulev P.A., Sosnovskii A.A. *Sbornik zadach po kursu "Radiolokatsionnye sistemy"* [A collection of problems on the course "Radar Systems"]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2007. 208 p. (in Russian).