МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН

Я. Г. Кирк

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ В ВУЗЕ

Приводится обоснование метода организации самостоятельной работы студентов в курсе общей физики в вузе с использованием комплексного подхода к решению и оформлению задач. Суть комплексного подхода заключается в том, что студенты в процессе решения задачи должны продемонстрировать понимание физической сущности этой задачи: рассматривая модели тел и взаимодействий и определяя модель физических явлений, записать в общем виде физические законы; определяя известные и искомые физические величины, характеризующие тела и взаимодействия, физические соотношения между ними, вывести набор необходимых для решения данной задачи уравнений. Решение задач и оформление отчетов по выполненному решению производится студентами по заданному плану и с использованием опорных тематических схем.

Ключевые слова: методика преподавания физики, решение задач, самостоятельная работа.

Ja. Kirk

AN INTEGRATED APPROACH TO PROBLEM SOLUTIONS IN PHYSICCS AT HIGHER SCHOOLS

The article provides the rationale for the organization of self-study of higher school students in the course of General Physics through an integrated approach to the solutions and their descriptions. The essence of the approach is that the students in the process of problem solving should demonstrate an understanding of the physical nature of this task: reviewing the model bodies and interactions and identifying model physical phenomena in general physical laws; identifying known and desired physical quantities that characterize the body and interactions, physical relationship between them, display a set of equations to help you solve this problem.

Keywords: methods of teaching physics, problem solution, self-education.

Решение задач является важнейшим этапом обучения физике в вузе. Основная цель, которая ставится в процессе обучения — развивать физическое мышление учащихся, в частности, способности анализировать физические явления, обобщать сведения о них, нахо-

дить черты сходства и различия. Практика показывает, что физический смысл различных определений, правил, законов становится действительно понятным учащимся лишь после неоднократного обращения к конкретным задачам. Но в связи с переходом высшего образования на уровневую систему обучения произошло сокращение количества аудиторных часов, отведенных на практические занятия по решению задач. Следовательно, необходимым шагом стал перенос большей части работы студентов по решению задач на самостоятельную работу.

Самостоятельная работа — это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа способствует:

– углублению и расширению знаний;
– формированию интереса к познавательной деятельности;
– овладению приемами процесса познания;
– развитию познавательных способностей.

Именно поэтому она становится главным резервом повышения эффективности подготовки специалистов. Самостоятельная работа выполняется с использованием опорных дидактических материалов, призванных корректировать работу студентов и совершенствовать ее качество.

Решение задач выступает и как цель, и как метод обучения. Поэтому традиционно в процессе решения задач реализуются и обучающая, и контролирующая функции (для выяснения уровня овладения знаниями, умениями и навыками по физике). Однако совмещение этих функций на современном этапе обучения, при переходе на бакалавриат (когда число аудиторных часов, отведенных на практику решения задач, сокращено), не дает необходимого результата. Более эффективным является разделение обучающей и контролирующей функции. Обучающая деятельность в основном должна быть перенесена на самостоятельную работу студентов (количество часов на которую превосходит в несколько раз объем часов на аудиторные практические занятия).

Для создания более эффективных условий реализации обучающей функции при решении задач необходима соответствующая система учебных действий учащихся, в процессе которых у них будут формироваться не только практические умения и навыки по решению задач, но и единая система физических знаний. Поэтому, на наш взгляд, необходимо особое внимание сосредоточить на качестве выполнения самих учебных заданий, чтобы студенты в ходе такой обучающей деятельности проводили ряд необходимых рассуждений, в полной мере отражающих физическую сущность тех явлений и объектов, которые лежат в основе данной задачи, а затем осознанно и вполне обоснованно могли бы применить систему необходимых общих законов и частных формул к решению данной конкретной задачи. Такую деятельность по решению задач можно организовать, только предъявляя к самому процессу решения задачи студентами дополнительные требования.

Для решения любых физических задач, как отмечает большинство авторов, необходимо «вникнуть в физическую сущность задачи». Для этого прежде всего следует понять, к каким физическим моделям можно отнести рассматриваемые тела или объекты. Выбор модели объекта должен быть сделан в первую очередь, так как от этого будет зависеть вид физических законов, используемых при решении данной задачи.

Например, задача: «Тонкий стержень длиной $l = 15$ см, поставленный вертикально и имеющий в нижнем своем конце шарнирную опору, падает на стол. Какую линейную скорость v будет иметь в конце падения верхний конец стержня?» [4, 10]. Большинство студентов в процессе решения не уделяют должного внимания выбору модели представлен-

ных в задаче тел, и поэтому по привычке (вместо твердого тела) в качестве модели рассматривают материальную точку, соответствующую верхнему концу стержня, сосредоточивая там всю массу тела (что, очевидно, противоречит условию задачи). Затем они, предполагая, что трения нет, применяют закон сохранения энергии (для движения материальной точки) и получают неправильный ответ. При этом, разумеется, математических ошибок нет, но физический ход решения совершенно не верный.

Выбор моделей определяет выбор законов, описывающих данное явление. «Очень часто успех в решении той или иной физической задачи или проблемы зависит от того, насколько удачно выбрана эта модель» [1].

Таким образом, в зависимости от существенных свойств физической системы и условий, в которых происходят рассматриваемые процессы с данной физической системой, можно выделить, как правило, небольшой набор общих физических закономерностей, в соответствии с которыми протекают эти процессы, то есть на основании моделей тел и взаимодействий четко очертить круг физических законов, которые следует применять. Далее, из условия задачи необходимо определить, какие физические величины (из характеризующих данную модель) заданы в этой задаче и какие необходимо найти, и записать связывающие их физические соотношения. Затем, выбрав соответствующую систему отсчета, используя формулировки общих законов и частных соотношений физических величин, необходимо составить систему математических уравнений, позволяющих вычислить искомые в данной задаче величины, используя заданные параметры. На этом физический этап решения задачи заканчивается. Далее систему полученных уравнений рассматривают соответствующими методами (от простейших математических преобразований до дифференцирования и интегрирования этих уравнений).

Необходимо, чтобы учащийся в процессе решения осуществлял всю эту последовательность действий и рассуждений. Таким образом, творческий поиск соответствующего решения должен опираться на систему логически связанных, последовательных утверждений, приводящих к физически правильному решению. Такую необходимую последовательность рассуждений можно изобразить в виде универсальной схемы, которая может быть использована для большинства задач, решаемых в курсе общей физики в техническом вузе.

Ниже приведена общая схема решения задачи, которая в определенной мере служит алгоритмическим предписанием о порядке действий. Вместе с тем алгоритмы не охватывают всего процесса решения задачи — алгоритмизируются лишь этапы применения физических моделей, законов и математических действий; это не мешает творческому подходу к другим этапам — выбору плана решения (когда учащийся выдвигает предположения, гипотезы, применяет аналогии), поиску иных вариантов решения [2]. При сокращении аудиторных часов, отведенных на практические занятия, не остается возможности для проверки с помощью традиционных методов способности каждого студента рассуждать логически и правильно (с точки зрения физики).

Одним из возможных выходов из сложившейся проблемы может стать организация самостоятельной работы студентов по решению задач с использованием метода комплексных решений. В этом случае перед студентами ставится задача комплексного подхода к решению и оформлению задач, полученных ими для самостоятельной работы. Студенты должны продемонстрировать понимание физической сущности задачи, то есть, выбирая необходимые модели тел и взаимодействий, соответствующих данной задаче, и определяя модели физических явлений, записать в общем виде соответствующие этим явлениям физические законы; определяя известные и искомые физические величины, характеризующие

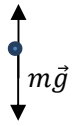
тела и взаимодействия, рассмотреть физические соотношения, которыми связаны или определяются эти физические величины, и затем на основании этих рассуждений и записей вывести набор необходимых для решения данной задачи уравнений. Таким образом, подробно прорабатывается физический этап решения полученной студентом задачи. После этого можно переходить к математическому этапу действий и преобразований, который заканчивается получением ответа в числовом или буквенном виде.

Учитывая перечисленные требования и условия, для оформления соответствующих этапов решения полученной студентами задачи можно использовать следующую таблицу:

Задача (текст)		
Модели тел или объектов	Физическое явление	Модели взаимодействия
Физические величины	Рисунок или схема	Физические величины
Определения физических величин и соотношения между ними	Физические законы в общем виде	Определения физических величин и соотношения между ними
Система отсчета (или условия процесса)		
Математические уравнения		
Решение и ответ		

Данная таблица имеет нестандартный вид, так как ее заполнение должно происходить не в обычном порядке (слева направо), а от краев к центру и сверху вниз. Такая последовательность заполнения таблицы полностью соответствует приведенной выше схеме рассуждений, предлагаемой студентам. Все эти действия и рассуждения являются, с одной стороны, следствием ключевого момента выбора моделей тел и взаимодействий, а с другой стороны, одинаково ведут к выводу уравнений, необходимых для решения данной задачи, поэтому такой способ записи таблицы является наиболее оправданным.

Например, оформление решения задачи на динамику материальной точки должно иметь следующий вид:

«Парашютист массой 100 кг делает затяжной прыжок с нулевой начальной скоростью. Найти закон изменения его скорости до раскрытия парашюта, если сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости движения парашютиста: $\vec{F_c} = -k\vec{v}$, где k = 20 кг/с» [8].		
Материальная точка	Механическое движение материальной точки в результате ее взаимодействия с внешними телами (Земля и воздух)	Сила тяжести и сила сопротивления
m = 100 кг $v_0 = 0$ $v(t)$ –?	$\vec{F_c}$  $m\vec{g}$	k = 20 кг/с
$\vec{p} = m\vec{v}$	$\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_i \vec{F}_i$	$\vec{F_c} = -k\vec{v}$
Инерциальная система отсчета помещена в начальную точку траектории		
$m\frac{dv}{dt} = mg - kv$		
$\frac{dv}{kv-mg} = -m \cdot dt$, и т. д.		

В данном примере ход решения и ответ (заполняемые студентами) опущены для краткости. Представленная в виде таблицы форма записи решения задачи носит комплексный, составной, характер, то есть студент должен при ее заполнении (решая задачу) отразить все физические аспекты решаемой задачи, а также продемонстрировать умения и навыки выводов, преобразований и упрощений формул.

На сегодняшний момент существует огромное множество различных методических пособий и сборников задач по физике, которые содержат разнообразные советы и рекомендации по решению задач. Но, к сожалению, на практике эти правильные замечания и рассуждения не всегда являются эффективными. Например, в наиболее широко используемом сборнике задач В. С. Волькенштейн методические указания в основном посвящены требованию решать все задачи в системе СИ и анализу численного ответа. При этом к физическому подходу при решении задач относится лишь одна фраза: «…При решении задач необходимо прежде всего устанавливать, какие физические закономерности лежат в основе данной задачи. Затем из формул, выражающих эти закономерности, нужно найти решение задачи в буквенном виде. После этого можно перейти к подстановке числовых данных…» [4]. Далее перечисляются различные формулы, причем не всегда в общем виде — вперемешку и общие законы, и частные выводы, и соотношения.

Студенту такие рекомендации дают лишь возможность выбора подходящей (по набору входящих в нее величин) формулы и получения числового ответа. Такой процесс решения задачи может в лучшем случае лишь способствовать неосмысленному запоминанию различных формул и соотношений, но никак не пониманию физических основ и закономерностей, которые используются при объяснении рассматриваемых природных явлений.

В «Сборнике вопросов и задач по общей физике» И. В. Савельева во введении содержится обращение к студентам: «Решение задач приносит наибольшую пользу только в том случае, если учащийся решает задачи самостоятельно. Решить задачу без помощи, без подсказки часто бывает нелегко и не всегда удается». Однако далее вместо конкретных рекомендаций студенту предлагается: «не стоит смущаться…», «стадия инкубации…»,

«скрытая работа мысли…», «внезапное озарение…», «не стоит откладывать на последний вечер…» и «нужно хорошо вникнуть в условие задачи…» [8].

В работе [5] в начале каждого раздела дается сводка основных формул по соответствующему материалу. И снова советы по решению задач наполнены общими фразами: «хорошо вникнуть в ее смысл и постановку вопросов…», «задачу решать, как правило, в общем виде…» и т. д. В сборниках задач [9] и [10], кроме предисловия и сводок основных формул, собранных по разделам, не дается никаких рекомендаций по методике решения задач.

Помимо сборников задач, не имеющих в качестве своей основной цели научить студентов самостоятельно решать задачи, существуют и другие виды методической литературы. В большинстве случаев в них, после небольшого вступления, объяснение строится на разборе решения отдельных, наиболее распространенных задач. Таков, например, сборник [6], в предисловии которого даются полезные рекомендации по описанию этапов решения задач: «Практически любая задача по физике содержит описание одного или нескольких процессов (либо описание равновесного состояния некоторой системы). Поэтому анализ задачи следует, как правило, начинать с выяснения того, что является объектом изучения. Далее необходимо выяснить, какие тела или системы охватывают исследуемый процесс, какие величины его определяют, каково направление процесса и т. д. Только после этого можно установить, каким физическим законам подчиняются описанные явления. Такой анализ, в конечном счете, позволяет выбрать оптимальный метод решения поставленной задачи». Однако для современного студента, который, как правило, не имеет навыков самостоятельного решения задач по физике и упорядоченных знаний общих законов, частных формул и соотношений, такие рекомендации, скорее всего, останутся невостребованными.

Решение любой физической задачи состоит из двух этапов — физического и математического. Оба они являются достаточно важными, и ни один из них нельзя сократить или опустить при решении задачи. Так, в сборнике Б. С. Беликова «Решение задач по физике. Общие методы» очень четко проведена граница между физическим и математическим этапами решения задачи. Параллельно проведена классификация задач, создана система общечастных методов, необходимых для решения практически любой поставленной задачи. Но акцент в данной книге все-таки несколько смещен в сторону математического этапа, физический этап здесь является не основным, а как бы вспомогательным и предваряющим математический этап, влияющим на выбор того или иного математического метода.

При выполнении физического этапа предлагается: «После прочтения задачи полезно записать ее условие, пытаясь осмыслить данные и искомые величины, а также связь между ними... Надо уже конкретно провести анализ физических явлений… во-первых, выбирают физическую систему (какие физические объекты включаются в систему), во-вторых, определяются качественные характеристики этих объектов (каким идеализированным объектом является каждое тело: материальная точка, твердое тело и т. д.), в-третьих, рассматривают, в каких физических процессах участвуют объекты системы. Затем устанавливаются количественные связи и соотношения между различными физическими величинами, характеризующими данное явление. …Количественные связи различных физических величин отражаются в физических законах. Поэтому, применяя соответствующие физические законы, получают замкнутую систему уравнений. После составления замкнутой системы уравнений задача считается физически решенной. Таким образом, метод анализа физической ситуации задачи отвечает на вопросы: с чего начинать, что и как надо делать при решении любой поставленной физической задачи. Легко видеть, что этот метод применяется лишь на физическом этапе решения задачи» [1].

Эти правильные рассуждения должны бы привести к обоснованному выбору необходимых физических законов и частных формул. Но для этого учащийся должен был бы очень хорошо представлять, к каким именно физическим моделям и почему он может свести рассматриваемые объекты в задаче; какие именно общие физические законы применимы к данным физическим моделям. Таким образом, приступая к решению, учащийся уже должен был бы иметь необходимые навыки выбора и применения тех или иных физических законов. Однако предполагается, что именно при решении задач учащийся должен получить такие навыки. Следовательно, складывается противоречивая ситуация, когда для решения задач необходимы соответствующие знания и навыки, которые можно сформировать только при решении физических задач.

Для разрешения этого противоречия необходимо создание методических пособий, имеющих своей целью наглядно и кратко представить необходимый учебный материал, используемый при решении задач. В восьмидесятые годы прошлого столетия не было преподавателя, который не знал бы о методике «опорных конспектов» В. Ф. Шаталова. Педагоги единодушно утверждали: «В. Ф. Шаталов изобрел потрясающий метод обучения детей с помощью опорных сигналов, учит всех без отбора, и его ученики достигают высоких результатов за короткое время». Однако опорный конспект — не учебник, не догма, а только база для дальнейшей творческой работы учащегося и преподавателя.

Методическое пособие может представлять собой именно тот необходимый фундамент, используемый для решения задач в виде некоторой алгоритмической конструкции, соответствующей приведенной выше универсальной схеме этапов решения задач. Наглядная конструкция — это любой специально отредактированный или вновь созданный текст, которому придается определенная структура для более быстрого и эффективного восприятия информации. Массив такого текста намеренно разделяется на отдельные части, располагающиеся так, чтобы бросалось в глаза самое важное, просматривались связи между фрагментами, то есть создается *структурная конструкция* [7]. Таким образом, эта развернутая наглядная конструкция темы содержит расположенные определенным образом формулы и определения, что позволяет учащемуся быстро найти необходимую информацию для решениия задач, понять суть вопроса, опираясь на теорию, изложенную в краткой и доступной форме.

В основе физики лежит ряд фундаментальных законов (таких, как закон динамики материальной точки, закон сохранения энергии, уравнение Шредингера и т. д.). Их число невелико, остальные соотношения можно получить из этих базовых законов. В справочной литературе для удобства часто приводятся уже выведенные следствия этих законов, применимые только к определенному кругу задач. Однако при этом нужно соблюдать разумный баланс, чтобы решение задач по физике не превратилось в подстановку чисел в готовую формулу. Таким образом, в качестве следствий из базовых законов следует приводить только те формулы, вывод которых требует слишком больших затрат с точки зрения математики и которые в то же время можно применять к достаточно широкому кругу задач, например, теорема Штейнера — Гюйгенса, уравнение адиабаты, правила Кирхгофа и т. д.

В предлагаемой опорной схеме по механике сделана попытка соблюсти этот баланс, так как она должна стать основой для самостоятельной работы студентов по решению задач, при этом преподаватель должен требовать вывода всех промежуточных формул, необходимых для решения конкретной задачи. Это требование выполняется студентами при использовании вышеизложенного метода комплексных решений.

Примером опорной схемы для отдельного раздела физики является приведенная ниже опорная схема по механике (данная схема является частью единой опорной схемы курса общей физики, включающей все разделы).

Условие задачи

Твердое тело	Материальная точка или система материальных точек	Физическое явление (процесс)	Гравитационное поле	Сила реакции	Силы трения	Сила упругости	Сила тяги
J — момент инерции, φ — угол поворота (полярный угол), $\vec{\omega}$ — угловая скорость, $\vec{\varepsilon}$ — угловое ускорение, $\vec{L}$ — момент импульса, E_k — кинетическая энергия	m — масса, $\vec{r}$ — радиус-вектор, $\vec{v}$ — скорость, $\vec{a}$ — ускорение, $\vec{p}$ — импульс, E_k — кинетическая энергия $\vec{R}_{\text{цм}}$ — радиус-вектор центра масс	Рисунок (схема)	$\vec{F}_{\text{грав}}$ — сила гравитационного взаимодействия, $\vec{F}_{\text{тяж}}$ — сила тяжести, E_p — потенциальная энергия поля сил тяготения	$\vec{N}$ — сила реакции опоры, $\vec{T}$ — сила натяжения нити	$\vec{F}_{\text{тр}}$ — сила трения, $\vec{F}_{\text{сопр}}$ — сила сопротивления	$\vec{F}_{\text{упр}}$ — сила упругости, E_p — потенциальная энергия упругой деформации тела	$\vec{F}_{\text{тяги}}$ — внешняя сила
$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$ $\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$ $\vec{L} = J\vec{\omega}$ $E_k = \frac{J\omega^2}{2}$ $J = \sum_i m_i r_i^2$ $J = J_0 + mx^2$	$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ $\vec{p} = m\vec{v}$ $E_k = \frac{mv^2}{2}$ $\vec{R}_{\text{цм}} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{\sum_i m_i}$ $E_k = E_k^{(\text{ц. м.})} + E_k^{(\text{отн. ц. м.})}$	$\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_i \vec{F}_i$ $\frac{d\vec{L}}{dt} = \sum_i \vec{M}_i$ $W = E_k + E_p$ $W_{\text{кон}} - W_{\text{нач}} = A_{\text{неконсерв.}}$	$\lvert\vec{F}_{\text{грав}}\rvert = G\frac{m_i m_k}{r_{ik}^2}$ $E_p^{(\text{грав})} = -G\frac{m_i m_k}{r_{ik}}$ $\vec{F}_{\text{тяж}} = m\vec{g}$ $E_p^{(\text{тяж})} = mgh$		$\lvert\vec{F}_{\text{тр}}\rvert = \mu\lvert\vec{N}\rvert$ $\vec{F}_{\text{сопр}} = -r\vec{v}$	$\vec{F}_{\text{упр}} = -k \cdot \overrightarrow{\Delta x}$ $E_p = \frac{k(\Delta x)^2}{2}$	
$\vec{v} = [\vec{\omega} * \vec{r}]$ $\quad \lvert\vec{a}_n\rvert = \frac{v^2}{r}$ $\vec{a}_\tau = [\vec{\varepsilon} * \vec{r}]$ $\quad \lvert\vec{a}_\tau\rvert = \frac{d\lvert\vec{v}\rvert}{dt}$ $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$ $T = \frac{2\pi}{\omega}$			$\vec{M} = [\vec{r} * \vec{F}]$ $dA = (\vec{F} \cdot d\vec{r})$ $\quad dA = (\vec{M} \cdot d\vec{\varphi})$ $N = \frac{dA}{dt}$ $\vec{F}^{(\text{пот})} = -grad\, E_p = -\nabla E_p$				

Система отсчета и условие протекания процесса

Уравнения, необходимые для решения задачи

Опорная схема по механике

В механике в качестве моделей тел рассматривают материальную точку (или систему материальных точек) и абсолютно твердое тело (идеальные и неидеальные жидкости выходят за рамки курса общей физики втуза), для этих моделей приведены основные характеристики и их определения. Кроме того, ниже записаны основные соотношения между ними.

В правой части схемы рассмотрены основные модели взаимодействий в курсе механики. При этом на аудиторных занятиях должно быть четко указано, при каких допущениях справедливы формулы для этих сил (малая высота над Землей, бесконечно малая деформация, малая скорость движения и т. д.). Студенты должны четко понимать эту идеализацию и тем самым представлять границу и взаимосвязь между общей физикой и специальными дисциплинами. Кроме того, даны определения работы и мощности, связь силы и потенциальной энергии (то есть определение потенциальной энергии), а также момент силы для вращательного движения.

На основании выбранных моделей тел и взаимодействий студент должен сформулировать физическое явление или процесс, соответствующий условию данной задачи, например: вращение абсолютно твердого тела под действием сил трения. Именно установление студентами этой взаимосвязи и применение основных законов, справедливых для этих процессов, является одной из основных целей решения физических задач — научное объяснение окружающего мира. Далее, собирая воедино необходимые законы и соотношения, студент переходит к математической части решения задачи, по окончании которой он должен убедиться, что полученный численный ответ согласуется с выбранной моделью, то есть полученное решение является непротиворечивым.

С учетом повсеместного внедрения в учебный процесс информационных технологий данный учебно-методический комплекс (состоящий из опорной схемы и плана-отчета по решению задач) можно использовать в электронном виде (например, разместив на сайте кафедры данного вуза), следовательно, он может использоваться в дистанционном обучении.

В заключение можно сделать следующие выводы:

♦ рассмотренный подход направлен на формирование системы связанных между собой знаний по общей физике, умений и навыков обращения с формулировками общих законов и понятий, а также на использование и применение этих знаний при решении конкретных задач;

♦ построение изучаемого материала в виде логических схем в процессе обучения будущих инженеров и бакалавров в техническом вузе на первых курсах является хорошей предпосылкой для их дальнейшего обучения специальным дисциплинам на старших курсах, так как приучает к логическому построению своих рассуждений и структурному видению изучаемого материала;

♦ представление изучаемого материала в виде каких-либо логически связанных понятий приводит к укрупнению изучаемых дидактических единиц и поэтому облегчает учащимся процесс освоения и закрепления изучаемого материала.

За внесенные замечания и дополнения в ходе работы над статьей автор выражает благодарность заведующему кафедрой методики преподавания физики РГПУ им. А. И. Герцена профессору А. В. Ляпцеву.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беликов Б. С.* Решение задач по физике. Общие методы: Учебное пособие для студентов вузов. М.: Высшая шк., 1986. 256 с.

2. *Бугаев А. И.* Методика преподавания физики в средней школе: Теорет. основы: Учебное пособие для студентов пед. ин-тов по физ.-мат. спец. М.: Просвещение, 1981. 288 с.

3. *Буланова-Топоркова М. В.* Педагогика и психология высшей школы: Учебное пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2002. 544 с.

4. *Волькенштейн В. С.* Сборник задач по общему курсу физики: Учебное пособие. 11-е изд., перераб. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. 384 с.

5. *Иродов И. Е.* Задачи по общей физике. 3-е изд., перераб. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 2002. 446 с.

6. *Новодворская Е. М., Дмитриев Э. М.* Сборник задач по физике для втузов. М.: ОНИКС 21 век, 2005. 186 с.

7. Особенности опорных конспектов. www.superinf.ru

8. *Савельев И. В.* Сборник вопросов и задач по общей физике: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 288 с.

9. *Трофимова Т. И.* Сборник задач по курсу физики: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1996. 303 с.

10. *Чертов А. Г., Воробьев А. А.* Задачник по физике. 7-е изд., перераб. и доп. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 2001. 640 с.

REFERENCES

1. *Belikov B. S.* Reshenie zadach po fizike. Obwie metody: Uchebnoe posobie dlja studentov vuzov. M.: Vysshaja shk., 1986. 256 s.

2. *Bugaev A. I.* Metodika prepodavanija fiziki v srednej shkole: Teoret. osnovy: Uchebnoe posobie dlja studentov ped. in-tov po fiz.-mat. spec. M.: Prosvewenie, 1981. 288 s.

3. *Bulanova-Toporkova M. V.* Pedagogika i psihologija vysshej shkoly: Uchebnoe posobie. Rostov n/D: Feniks, 2002. 544 s.

4. *Vol'kenshtejn V. S.* Sbornik zadach po obwemu kursu fiziki: Uchebnoe posobie. 11-e izd., pererab. M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1985. 384 s.

5. *Irodov I. E.* Zadachi po obwej fizike. 3-e izd., pererab. M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 2002. 446 s.

6. *Novodvorskaja E. M., Dmitriev Je. M.* Sbornik zadach po fizike dlja vtuzov. M.: ONIKS 21 vek, 2005. 186 s.

7. Osobennosti opornyh konspektov. www.superinf.ru

8. *Savel'ev I. V.* Sbornik voprosov i zadach po obwej fizike: Uchebnoe posobie. 2-e izd., pererab. M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1988. 288 s.

9. *Trofimova T. I.* Sbornik zadach po kursu fiziki: Uchebnoe posobie. M.: Vysshaja shkola, 1996. 303 s.

10. *Chertov A. G., Vorob'ev A. A.* Zadachnik po fizike. 7-e izd., pererab. i dop. M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 2001. 640 s.

В. Н. Марков

ПРОБЛЕМА РАЗРАБОТКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНО-СОДЕРЖАТЕЛЬНОГО ЯДРА КВАНТОВО-РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ФИЗИКИ НА ПРОДВИНУТОМ УРОВНЕ ИЗУЧЕНИЯ В ПРОФИЛЬНОЙ ШКОЛЕ

Методологической основой современного образования является его фундаментальность. В статье представлена дидактическая модель содержательного ядра современной квантово-релятивистской физики, реализующая этот принцип образования на продвинутом уровне изучения в профильной школе. Основание такого построения составляет концепция физического вакуума, позволяющая онтологически объединить изучение квантово-