

Подсекция:
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

Сопредседатели
профессор А.М.Салецкий, профессор Б.А.Струков,
профессор Б.С.Ишханов

О РАЗВИТИИ БАЗИСНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

Профессор *Короленко П.В.*, науч.сотр. *Маганова М.С.*,
мл.науч.сотр. *Маркова С.Н.*

Исторически сложились определенные базисные представления физической оптики, составляющих основу для анализа широкого круга оптических явлений. Однако неуклонно развивающийся процесс появления новых физических фактов и теоретических моделей требует расширения концептуальной базы для их интерпретации и обоснования. Естественно, новации в науке делают необходимым внесение изменений в содержание и методику преподавания фундаментальных принципов современной оптики. Очень часто задача модернизации учебных курсов с точки зрения включения в них новых научных результатов решается или путем исключения других вопросов фундаментального характера, или путем введения дополнительных спецкурсов. При этом не всегда прорабатывается возможность привлечения ставших уже классическими и хорошо методически отработанных представлений для описания новых явлений без нарушения общего контекста читаемых лекций. Такой подход представляется особенно ценным в процессе подготовки бакалавров, когда в условиях жестких временных рамок необходимо обеспечить формирование у учащихся достаточно широкого кругозора.

В данном сообщении применительно к курсам по физической оптике анализируется возможность включения в разделы, посвященные дифракции и интерференции света, ряда вопросов, относящихся к новому в оптике направлению – фотонике. При этом особое внимание уделяется методике изложения характеристик фотонных кристаллов и их практического применения.

Анализ свойств фотонных кристаллов целесообразно начать с описания их одномерных модификаций. К последним принято относить аперидические дифракционные решетки и многослойные системы, в основе которых лежит принцип построения квазикристаллов. Открытие в 1984 г. квазикристаллов, в которых отсутствует трансляционная симметрия, привело к пересмотру взглядов на основные принципы построения физических систем и вызвало интенсивное исследование их характеристик.

Положение атомов в одномерных квазикристаллах определяется выражением [1]:

$$x_n = (n + \alpha + \varphi \text{ceil}(\varphi n + \beta))l. \quad (1)$$

Здесь x_n – координата n -го атома; l – масштабный множитель; α , β – произвольные параметры; φ – коэффициент Золотого сечения. График на

рис. 1, построенный с помощью формулы (1), показывает, как меняется величина

$$s_n = (x_{n+1} - x_n)/l, \quad (2)$$

характеризующая относительное расстояние между атомами в квазикристалле. Из рисунка видно, что расстояния между соседними атомами могут равняться либо единице, либо коэффициенту Золотого сечения.

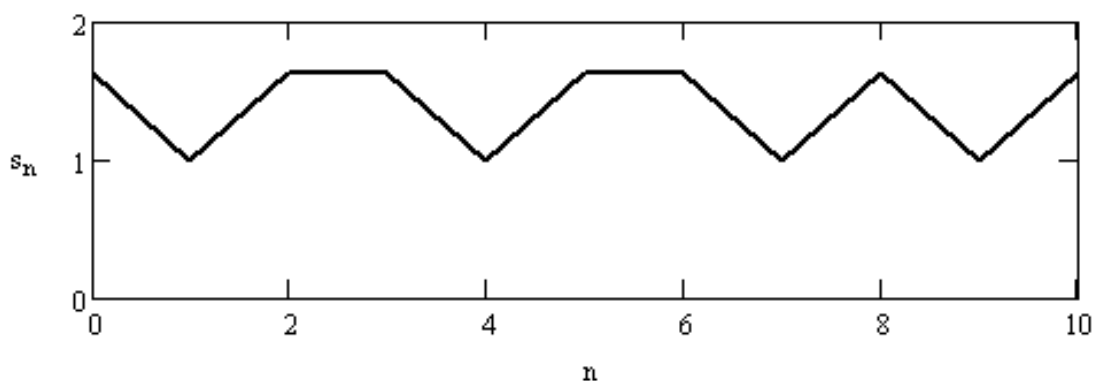


Рис. 1. Изменение расстояний между атомами в квазикристалле

Одномерные аперидические структуры строятся в соответствии с зависимостью s_n . Так, в случае амплитудной дифракционной решетки указанная зависимость описывает изменение размеров щелей (подобная решетка называется решеткой Фибоначчи), а в случае многослойной системы – изменение толщины слоев с различными значениями показателя преломления. Расчет картины дифракции света на решетке Фибоначчи легко осуществляется традиционным методом суммирования пучков, дифрагировавших на отдельных щелях.

Расчет спектров пропускания и отражения многослойных систем в литературе обычно проводится с использованием матриц переноса [2], однако, в учебных курсах вычисление спектров целесообразно проводить на основе метода импедансов [3], что экономит время и требует от студентов тех же знаний, что и при выводе формул Френеля.

Анализ свойств одномерных аперидических систем удобно проводить на основе их сопоставления со свойствами регулярных структур. Это позволяет сразу выявить ряд их существенных особенностей. Одна из них состоит во фрактальном виде их основных характеристик – картин дифракции и спектров пропускания.

Исходя из особенностей спектров пропускания многослойных систем, была сформулирована концепция фотонных кристаллов, впервые изложенная в работе [4]. Эта концепция основывается на сходстве между структурой пропускания многослойной системы и энергетической струк-

турой полупроводника. По аналогии зона, соответствующая нулевому пропусканию периодической системы, называется запрещенной. Появление внутри нее узкополосных зон с высоким пропусканием при переходе к аperiodической системе эквивалентно появлению внутри запрещенной зоны полупроводника дополнительных локальных энергетических уровней. Возникший в силу этой аналогии термин «локализация» света стал широко использоваться для обозначения явления узкополосного распространения света.

Последовательный анализ свойств фотонных кристаллов заставляет пересмотреть некоторые казалось бы незыблемые постулаты физической оптики. Среди них следует отметить открытие объектов с отрицательным показателем преломления. Оптические приборы на основе элементов с отрицательным показателем преломления позволяют разрешать фрагменты изображений за дифракционным пределом. Существующая возможность управлять шириной запрещенной зоны позволяет создать логические элементы, реализующие принцип управления светом при помощи света. На практике найдут применение созданные на базе аperiodических многослойных покрытий зеркала, обладающие высоким коэффициентом отражения при разных углах падения световых пучков. Весьма примечательным является эффект исчезновения спонтанного испускания в запрещенной зоне. Важное практическое значение имеет явление волноводного распространения излучения по искривленным каналам внутри фотонных кристаллов.

Таким образом, при модернизации лекционных курсов по физической оптике следует учитывать методическую возможность, не выходя за рамки основных представлений, описать ряд принципиально новых явлений в рамках концепции фотонных кристаллов. Наряду с новыми физическими фактами такой подход позволяет одновременно рассмотреть и некоторые методологические вопросы, относящиеся к значению фрактальных моделей в оптике, к формам проявления феномена Золотого сечения, к роли физических аналогий, а также к диалектике зарождения и развития новых научных направлений.

Литература

1. Socolar J.E.S., Steinhardt P.J. // Phys.Rev. B34 (1986) 596–616.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М., Наука, 1973, 720 с.
3. Бреховских Л.М.. Волны в слоистых средах. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1957, 503 с.
4. Yablonovitch E. // Phys. Rev. Lett. 1987. V.58. P. 2059–2062.

ПОДСКАЗКА КАК ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ПРИЕМ

Профессор *Николаев В.И.*

Одна из главнейших задач преподавания – помочь учащимся приобрести устойчивые навыки правильной оценки ситуации и принятия решения. Физика – наука о природе, а значит, – и о жизни. Изучая физику как школьный учебный предмет (а не «обучаясь физике», ведь физика – это не ремесло!), учащиеся имеют благоприятную возможность научиться едва ли не самому главному в жизни любого человека: умению соотносить свои мысли и действия с реальной действительностью, извлекать уроки из своих ошибок и заблуждений, убеждаться в пользе учения, приобретать все возрастающую уверенность в себе и в своих силах.

Вопрос о роли подсказки в преподавании редко обсуждается. Многие считают, что подсказка – помеха в преподавании, поскольку она разрушает логику рассуждений. Зачем, говорят, подсказывать, если надо научить рассуждать? В этом есть свой резон. Но между тем любому преподавателю известно, что во время занятия (будь то урок, семинар или консультация) бывают такие моменты, когда практически все ждут подсказки преподавателя. Так почему бы не сделать подсказку своим союзником?

Что полезно знать о подсказке?

1. Подсказка – это разновидность совета. Преподаватель (или учитель на уроке) должен, конечно, понимать, кто, кому, и зачем подсказывает (т.е. дает совет).

2. Подсказка – это еще и педагогический прием. С ее помощью можно не просто (и не только) помочь учащимся в каком-то конкретном случае, но и сформировать у них полезные привычки, столь необходимые в логических рассуждениях.

3. Подсказка учащихся друг другу – помеха в преподавании. С такой подсказкой, если она не запланирована «сценарием» занятия, конечно, надо бороться.

4. Дозированная подсказка учит думать (а значит, она – именно союзник!). Дозировка – значит, выверенными порциями.

5. Как наращивать ее – вот проблема! Один из вариантов: попросить того, кто сделал ошибку в своих рассуждениях повторить эти рассуждения вслух, причем медленно, и остановить его, – может быть, даже и не дослушав фразу до конца, – сказав, что в произнесенных словах ошибка уже «состоялась».

6. Распространенные виды подсказки:

(1) обозначения величин в условии задачи (если эти обозначения – традиционные, то они помогают вспомнить необходимые формулы),

- (2) отсутствие «лишних» данных (все должны войти в ответ!),
- (3) чертеж (избавляет от необходимости представить его «в голове»),
- (4) график (как и чертеж, – подспорье в решении задачи),
- (5) выбранная модель системы или явления (например: материальная точка, абсолютно упругий удар, математический маятник, идеальный газ, изотермический процесс, точечный заряд, простой колебательный контур, тонкая линза и т.д.; получив такие готовые «указания» будешь меньше их ценить),
- (6) ответ к задаче (если, конечно, он доступен).

ДЕМОНСТРАЦИЯ «ЭФФЕКТА БАБОЧКИ» НА ПРИМЕРЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОХОЖДЕНИЯ АСТЕРОИДА №99942 (АПОФИС) ВБЛИЗИ ЗЕМЛИ

Доцент *Рыжиков С.Б.*

Известно, что задача движения трех и более тел может иметь неустойчивое решение – когда малые изменения начальных параметров приводят к существенным изменениям в эволюции системы. Иногда это называют «эффектом бабочки», подразумевая, что даже маленькая бабочка может существенно повлиять на ход событий. В качестве эффектной иллюстрации этого утверждения можно привести пример столкновения Земли с малым небесным телом.

По данным NASA в Солнечной системе обращаются примерно 600 астероидов, которые потенциально могут столкнуться с Землей. Наиболее опасен открытый в 2004 г. астероид Апофис, который по расчетам в 2029 г. пролетит всего в 40 тыс. км от Земли, причем дальнейшее движение астероида неизвестно, поскольку пока невозможно рассчитать отклонение астероида в поле тяжести Земли [1]. Учитывая огромную относительную скорость Земли и астероида, а также весьма ощутимую массу Апофиса – 50 млн. тонн, такое столкновение может привести к глобальной катастрофе. Возникает вопрос, можно ли предотвратить подобное столкновение?

Оказывается, что для предотвращения возможного столкновения достаточно изменить параметры орбиты астероида на весьма малую величину, что можно реализовать путем столкновения астероида с космическим кораблем. Причем, чем раньше произойдет столкновение, тем сильнее разойдутся Земля и Апофис к 2029 г.

В работе приведена методика численных расчетов, доступная по уровню сложности младшекурсникам и старшеклассникам. Для понимания работы не требуются знания по астрономии, выходящие за рамки средней школы. Алгоритм был реализован на языке «Basic». В работе была оценена точность расчетов, проведен анализ движения астероида Земли и астероида как без учета их взаимодействия (по эллиптическим орбитам), так и с учетом их взаимного притяжения.

В результате продемонстрировано, что столкновение астероида даже с небольшим кораблем может отвести его на достаточно большое расстояние от Земли.

Предложенный анализ может быть полезен при изучении студентами задач с неустойчивым решением, а также при чтении публичных лекций для старшеклассников.

Литература

1. <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=99942>

ФИЛОСОФИЯ И ИСТОРИЯ ФИЗИКИ В КУРСАХ «ОБЩАЯ ФИЗИКА» И «КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

Доцент *Неделько В.И.*, профессор *Хунджуга А.Г.*

По своим целям и методам естествознание и философия принципиально отличаются друг от друга. Естествознание призвано заниматься объективным количественным описанием материального мира, т.е. должно быть объективным, а философия – субъективна, поскольку её задачи решаются путем соединения в одно разумное целое данных науки и религиозных представлений. Многим до сих пор кажется, что в соответствии с идеями марксизма философия может быть объективной. Увы – это заблуждение, ибо решение основного вопроса философии базируется на вере, в том числе вере атеистической.

Естествознание несвободно от философских представлений, поэтому важен вопрос, насколько органично в нём сочетается объективное и субъективное. Философский тезис: «мир существует вне зависимости от нашего сознания, и он познаваем» – утверждение, принимаемое на веру, но без него занятие естественными науками бессмысленно. Но есть и другие философские идеи, и далеко не всегда их присутствие в естествознании столь же оправдано и необходимо.

Научное знание базируется на моделях. Наиболее продуктивны модели, допускающие математическое описание, где каждому символу соответствует физическая величина. Если определён способ измерения всех физиче-

ских величин, и эмпирически установлена область функционирования модели, то модель не нуждается ни в каких философских атрибутах. Такие модели обладают полным опытом (полным научным обоснованием), обеспечивают объективное описание материального мира и представляют собой научные истины. Если в математическое описание модели входят экспериментально не измеряемые параметры, то обязательно появится философское суждение о них, что делает модель субъективной. Например, нельзя установить причину возникновения Вселенной. Сто лет назад считалось, что Вселенная бесконечна во времени и пространстве. Сейчас в науке иные представления, Вселенной приписывают возраст, возраст этот меняется, но причина-то рождения Вселенной по-прежнему находится вне рамок науки, несмотря на все разговоры ложном вакууме, скалярном поле и т.д.

Наука является формализованной системой, функционирующей по определенным правилам, что касается и философских идей, входящих в науку. Одним из критериев научности является наличие в описании явлений причинно-следственной связи. Современные научные теории построены в рамках аксиоматического метода, в котором фундаментальные законы являются аксиомами, а остальные утверждения – их следствиями. В рамках науки аксиома является причиной, которая постулируется на основе всеобъемлющего опыта, а сами аксиомы причины не имеют, т.е. причина фундаментального закона лежит за рамками опыта. Это ясно понимал И. Ньютон: «Главная обязанность натуральной философии – делать заключения из явлений, не измышляя гипотез, и выводить причины из действий до тех пор, пока мы не придем к самой первой причине, конечно не механической ...».

Первопричина является субъективной истиной о реальности, находится вне науки и принимается на веру. Научные истины от первопричины зависеть не должны. Наука не содержит однозначно доказанных истин о реальном мире в целом, поскольку может обеспечить лишь описание его объектов. Поэтому в науке могут одинаково успешно работать как учёные идеалисты, так и материалисты.

Многочисленные философские школы делятся на два основных класса: идеалистические и материалистические. Поскольку наука занимается материальным миром, то в научных моделях может использоваться только материалистическая философия. Что касается первопричины, то поскольку она находится вне науки, о ней в науке речь идти не должна.

Поскольку модели с неполным опытом являются субъективными, то вопрос о принятии такой модели сводится к вере в неё, т.е. если не веришь – можешь не принимать. Полный опыт всё расставляет на свои места, не верить в модели с полным опытом (например, в классическую механику) – антинаучно, но при полном опыте нет места и для философии. Поэтому

творцы науки, пытаясь сохранить науку объективной, были против включения в неё гипотез. Гипотезы считались «запрещенным товаром» (Кант), «дабы кто не увлек философией и пустым обольщением».

Сегодня в науке разрешены не только гипотезы, но и мифы (непроверяемые гипотезы), они расширяют область научного познания, но вносят в него субъективный фактор, а значит, свободу не принимать модели с неполным опытом (гипотетические и мифологические модели). Однако материалистическая философия в форме воинствующего атеизма не желает признавать своего места в науке. Атеизм постулирует, что научная истина тождественна истине о реальном мире, отрицает духовное начало, признает одну первопричину – движущуюся самоорганизующуюся материю, и это нормально, это выбор атеистов. Но атеизм возвел свои принципы в разряд абсолютной истины и пытается заставить всех следовать им. Атеизм нацеливает науку не на поиск истины, а на защиту угодных ему гипотетических моделей, формирует однотипный тип мышления, осуществляет цензуру. Всё это наносит ущерб престижу науки и её высоким целям.

Ещё раз подчеркнём, каждый имеет право иметь свою философскую позицию в науке, но никто не может насильно навязывать её, доказывая свою правоту не экспериментально, что было бы нормально, а силовыми методами, примеры чего из нашего недалекого прошлого многие хорошо помнят. И сегодня есть люди с физическим образованием, считающие, что можно доказать, что атеизм вытекает из науки. Подобный фанатизм в отстаивании своего мнения характерен не только для атеизма, но и для любой философии, абсолютизовавшей свои взгляды как истины. Всем известны, например, деяния римско-католической церкви во времена инквизиции.

С другой стороны невыполнение запретов на использование в науке определенного класса философских систем приводит к проникновению в науку мистики, черной и белой магии и прочей бесовщины. Под видом науки идёт «изучение» параллельных миров, ауры, эликсира бессмертия и т.д. В частности, уверовав в абсолютизм научного знания, некоторые богословы пытаются согласовать теологические вопросы с новомодными научными «теориями», в результате чего появляются синкретические абракадабры типа «модели Большого Взрыва, как результата грехопадения», или теологического эволюционизма Шардена де Тейяра.

Использование философских представлений в естествознании – серьёзнейший вопрос, которому сегодня не уделяется должного внимания. Логично было бы подробно разбирать эти вопросы в курсах философских дисциплин, но философы что-то не спешат ими серьёзно заняться. Остается давать соответствующие знания в курсах общей физики или «концепций современного естествознания».

Наиболее эффективным представляется рассмотрение указанных во-

просов в разделе истории естествознания. Отметим, этот раздел входит в обязательный минимум содержания цикла общих естественнонаучных дисциплин курса «Концепции современного естествознания».

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО КУРСУ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ «ЭЛЕКТРОСТАТИКА В ВОПРОСАХ И ЗАДАЧАХ»

Ст.преподаватель *Брандт Н.Н.*, доцент *Миронова Г.А.*,
профессор *Салецкий А.М.*

Учебное пособие предназначается для студентов физических и смежных специальностей. Основное внимание уделяется обучению студентов умению использовать современные теоретические представления в области электростатики для решения основных типов задач; развитию навыков самостоятельного анализа и интерпретации полученных результатов; оценке правильности предложенных решений.

Отметим некоторые методические особенности данного учебного пособия.

1. В начале каждой темы дается краткий обзор теории, приводятся формулировки законов и определений физических величин, выделяются отдельные основополагающие для решения задач теоретические выводы, принципы и концепции (в тексте они специально выделены жирным шрифтом). Формулы, используемые при решении задач, сопровождаются краткими выводами из основных законов.

2. Из большого числа задач по электростатике отобраны стандартные задачи, на примере которых иллюстрируются возможности альтернативных подходов к их решению. Анализ различных способов решения одной и той же задачи позволяет глубже раскрыть физический смысл и содержание основных теоретических положений и найти кратчайший путь достижения окончательного результата. Методика решения задач включает в себя

- подробный анализ условий задачи;
- концепции решения каждого типа задач;
- составление системы уравнений;
- анализ полученного решения для различных предельных случаев, что позволяет или перейти к новой задаче или подтвердить тот или иной вывод теории, или проверить правильность полученного в задаче ответа;
- вопросы и задачи для самопроверки и закрепления навыков решения задач.

3. Решение задач иллюстрируется картинками электрических полей, рассчитанными по программе Math Lab. Для примера на рис.1 приведена

картина силовых линий электрического поля (сплошные линии), создаваемого точечным зарядом $-q$, находящимся внутри проводящей заземленной сферы на расстоянии x_0 от центра. Это поле эквивалентно полю (пунктирные линии) двух точечных зарядов: заданного заряда $-q$ и заряда-изображения $+q(R/x_0)$, находящегося на расстоянии a от центра сферы. Напряженность поля вне сферы, в области, где проведены пунктирные силовые линии, равна нулю $E = 0$. На рис.2 изображены линии напряженности электрического поля (сплошные линии), создаваемого точечным зарядом $-q$, находящимся внутри проводящей незаземленной и незаряженной сферы на расстоянии x_0 от центра. Это поле эквивалентно полю (пунктирные линии) трех точечных зарядов: заданного заряда $-q$, заряда-изображения $+q(R/x_0)$, находящегося на расстоянии $a = R^2/x_0$ от центра сферы и заряда $-q$, расположенного в центре сферы. Потенциал сферы равен $\varphi = -q/(4\pi\epsilon_0 R)$. Поле вне сферы описывается полем точечного заряда $-q$, расположенного в центре сферы.

4. Большое значение для понимания роли того или иного параметра задачи (величины зарядов и их пространственного расположения, потенциалов и др.) имеет сравнение результатов задач, отличающихся каким-то одним параметром. Например, сравниваются поля, создаваемые сферой, заряженной или по поверхности, или равномерно по объему; анализируется изменение картины электрического поля, создаваемого равномерно заряженным по объему плоским слоем, при наложении определенных условий на разность потенциалов между плоскостями слоя.

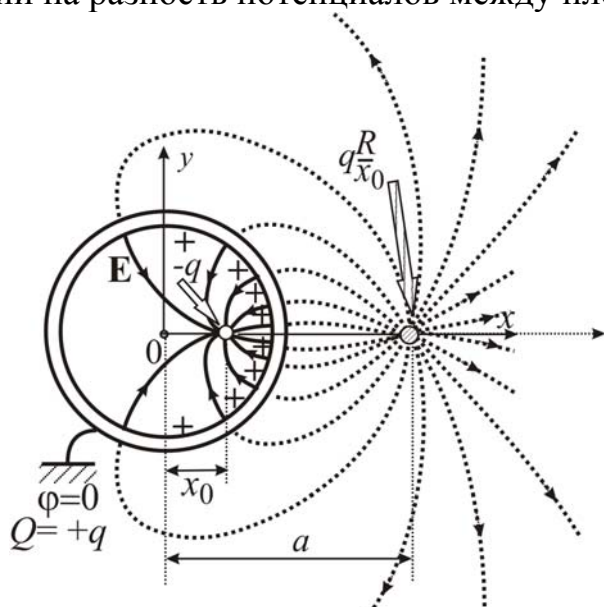


Рис.1

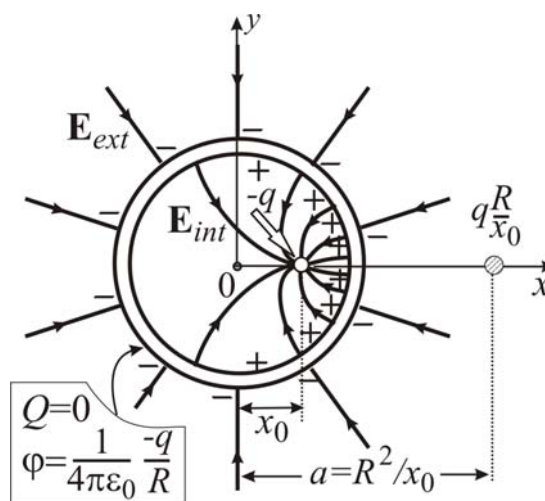


Рис.2

5. Для лучшего усвоения материала в ряде случаев используются «задачи-ловушки», в которых наряду с правильным решением приводится

ошибочное решение с предложением найти ошибку. Эти задачи содержат «стандартные» ошибки, совершаемые студентами при решении задач. Они позволяют акцентировать внимание на определенных вопросах теории.

6. При решении задач на тему «Проводники в электрическом поле» обращается внимание на причины возникновения индуцированных зарядов, величину плотности поверхностного заряда и глубину проникновения электрического поля в глубь металла.

7. Подробно с иллюстрациями описан метод изображений, широко применяемый в электростатике. Здесь же рассмотрены такие вопросы как заземление, электростатическая защита, неравномерное распределение зарядов и др.

8. В данном учебном пособии, в отличие от традиционной для курса общей физики, предложена новая методика описания векторных полей напряженности \mathbf{E} и индукции \mathbf{D} электрического поля в диэлектриках. Анализируется физический смысл векторов \mathbf{E} и \mathbf{D} .

Рассматриваются диэлектрические тела, имеющие форму поверхности второго порядка (шар, бесконечный цилиндр, плоский бесконечный слой). В этом случае, при условии, что диэлектрическая среда описывается линейным материальным уравнением, возможно вычисление векторных характеристик (\mathbf{P} , \mathbf{E} и \mathbf{D}) в диэлектрике в аналитическом виде.

Вектор поляризации \mathbf{P} диэлектрика определяется в дипольном приближении через микроскопические дипольные моменты молекул диэлектрика, как усредненный макроскопический параметр, имеющий определенное значение и направление в каждой точке диэлектрической среды. Сначала определяется поле, создаваемое однородно поляризованным диэлектриком с известным вектором поляризации \mathbf{P} . Поле вектора поляризации \mathbf{P} , в общем случае, является смешанным, и его можно разложить на потенциальную составляющую $-\varepsilon_0 \mathbf{E}_e$, представляющую собой напряженность поля в диэлектрике, и вихревую составляющую \mathbf{D}_e (индукцию поля в диэлектрике): $\mathbf{P} = (-\varepsilon_0 \mathbf{E}_e) + \mathbf{D}_e$. Вводя обозначения $\rho_e = -\text{div} \mathbf{P}$ и $\sigma_e = -\text{Div} \mathbf{P}$, получаем уравнения для напряженности поля, созданного поляризованным диэлектриком: $\text{rot} \mathbf{E}_e = 0$, $\text{div} \mathbf{E}_e = \frac{\rho_e}{\varepsilon_0}$, $\text{Rot} \mathbf{E}_e = 0$, $\text{Div} \mathbf{E}_e = \frac{\sigma_e}{\varepsilon_0}$. Эти уравнения по-

добны уравнениям для напряженности в электростатике свободных зарядов и имеют аналогичное решение: В макроскопической электродинамике величины ρ_e и σ_e обозначают объемные и поверхностные истоки вектора поляризации, и их обычно, по аналогии с формулами электростатики, называют, соответственно, объемной и поверхностной плотностью связанных с вектором поляризации электрических зарядов, или просто поляризационными зарядами.

Затем рассматривается диэлектрик, поляризующийся в электрическом поле (\mathbf{E}_0 , $\mathbf{D}_0 = \varepsilon_0 \mathbf{E}_0$) сторонних источников. В результате наложения, со-

гласно принципу суперпозиции, поля сторонних источников (\mathbf{E}_0 , \mathbf{D}_0) и поля поляризованных зарядов (\mathbf{E}_e , \mathbf{D}_e), формируется электрическое поле в присутствии диэлектрического тела, характеризуемое усредненной макроскопической напряженностью $\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 + \mathbf{E}_e$ и усредненной макроскопической индукцией $\mathbf{D} = \mathbf{D}_0 + \mathbf{D}_e$. Складывая уравнения $\mathbf{D}_e = \varepsilon_0 \mathbf{E}_e + \mathbf{P}$ и $\mathbf{D}_0 = \varepsilon_0 \mathbf{E}_0$, получаем уравнение, связывающее три макроскопических усредненных вектора в каждой точке диэлектрической среды: $\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P}$.

9. На основе термодинамического метода рассматривается вопрос об энергии диэлектриков и силах, действующих на диэлектрические тела, находящиеся в электрическом поле сторонних источников.

Литература

Брандт Н.Н., Миронова Г.А., Салецкий А.М. Электростатика в вопросах и задачах. Пособие по решению задач. -М.: Физический факультет МГУ, 2007. 296с.

**СОЗДАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ЦИФРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЗАДАЧ
ПО КУРСУ ФИЗИКИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРОЕКТА
«ИНФОРМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ»**

Доцент *Буханов В.М.*, доцент *Варламов С.Д.* (СУНЦ МГУ),
учитель *Выродов Е.А.* (ЦО №57 г. Москвы), аспирантка *Голенищева-
Кутузова Т.И.* (мех.-мат. ф-т МГУ), доцент *Грачев А.В.*,
методист *Зильберман А.Р.* (МИОО), доцент *Зинковский В.И.* (МИОО),
науч.сотр. *Коновко А.А.* (МЛЦ МГУ), науч.сотр. *Кулыгин А.К.* (ин-т кри-
сталлографии РАН), аспирант *Миронов Д.В.* (математический ин-т им.
В.А. Стеклова), аспирант *Нагорский Н.М.*, профессор *Павленко Ю.Г.*
(СУНЦ МГУ), доцент *Погожев В.А.*, ст.науч.сотр. *Простомолотова Е.В.*,
ст.преподаватель *Селиверстов А.В.*, доцент *Семенов М.В.*,
ассистент *Старокуров Ю.В.*, доцент *Чесноков С.С.*,
доцент *Чистякова Н.И.*, ст.науч.сотр. *Шведов О.Ю.*,
ст.препод. *Якута А.А.*, зав.кафедрой математики *Яценко И.В.* (МИОО)

В последние годы значительное число студентов зачисляются в Московский университет по итогам различных олимпиад высокого уровня (региональных, Всероссийских и Международных). Олимпиады позволяют выявить талантливую молодежь, привлечь ее к более глубокому изучению различных предметов, привить интерес к научной деятельности. Олимпиадное движение в настоящее время бурно развивается и постепенно начинает создавать альтернативу системе приема в вузы, основанной на учете результатов Единого государственного экзамена. Возможность существо-

вания такой альтернативы в настоящее время закреплена законодательно. В связи с этим возникает необходимость усовершенствования методики подготовки школьников к участию в олимпиадах высокого уровня по различным предметам, а также создания соответствующих учебно-методических материалов и новых педагогических инструментов, базирующихся на современных информационных средствах.

В 2007 году авторским коллективом, в который входили преподаватели, сотрудники и аспиранты Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Московского центра непрерывного математического образования, Московского института открытого образования и ряда других учебных и научных учреждений г. Москвы, была проведена работа по созданию для системы общего образования РФ предметной коллекции задач по курсу физики, предназначенной для включения в Единую коллекцию цифровых образовательных ресурсов Российской Федерации. Работа велась в сотрудничестве с Министерством образования и науки РФ и Национальным фондом подготовки кадров РФ (НФПК) в рамках реализации государственного проекта «Информатизация системы образования». Созданная коллекция должна способствовать сохранению «золотого фонда» отечественного естественнонаучного образования, накопленного в области преподавания физики в общей и средней школе, и обеспечивать школьникам возможность эффективной подготовки к участию в интеллектуальных соревнованиях (олимпиадах) высокого уровня, а также к сдаче вступительных экзаменов при поступлении на физико-математические специальности университетов и физико-технических вузов.

В состав коллекции вошли более 2600 физических задач различной трудности. Все задачи снабжены ответами, а большая часть (около 80%) – также подробными решениями и комментариями. С целью повышения наглядности условия и решения задач проиллюстрированы чертежами и рисунками (всего около 1700 штук). Для всех задач проведена рубрикация по тематическому признаку, по приемам и методам решения, по уровню трудности, по принадлежности к классу общеобразовательной школы (с 7-го по 11-й), а также по набору математических понятий, необходимых для решения данной задачи. Для этого были предварительно разработаны специальные рубрикаторы. В коллекции выделены 7 подколлекций: элементарные задачи, традиционные задачи, задачи вступительных экзаменов, задачи для углубленного изучения школьного курса физики, задачи для проведения кружков и факультативов, задачи повышенной сложности, задачи физических олимпиад. Для поиска задач, относящихся к той или иной подколлекции, а также отвечающих заданным требованиям по тематике и уровню трудности, создана специальная система навигации. Также в состав коллекции включены 350 тестовых заданий, созданных на основе задач коллекции и охватывающих все темы школьного курса физики (про-

фильный уровень изучения). Большинство задач, вошедших в состав коллекции, являются авторскими. Их решения прошли научное рецензирование и редакторскую обработку.

С целью упрощения практического применения разработанной коллекции задач были подготовлены методические рекомендации по ее использованию, а также создана программа, предназначенная для обучения школьных учителей.

Коллекция прошла педагогическое и методическое рецензирование в Московском институте открытого образования. Апробация коллекции проводилась в ряде московских лицеев и гимназий, а также при проведении городских профильных семинаров для подготовки московских школьников к олимпиадам по физике. В настоящее время коллекция выкладывается в цифровое хранилище ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика» для свободного доступа к ней через сеть Internet по адресу <http://school-collection.edu.ru>.

Работа выполнена в рамках гранта НФПК № ELSP/A2/Gr/005-01,02 «Создание предметных коллекций по курсу физики для системы общего образования».

ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ ГЛАЗАМИ СТУДЕНТОВ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНКЕТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ МЛАДШИХ КУРСОВ)

Доцент *Митин И.В.*

В апреле-мае 2007 года кафедра общей физики проводила анкетирование студентов 1-го и 2-го курсов с целью выявления их мнения о работе общего физического практикума. Этот практикум выполняется всеми студентами в течение первых четырех семестров, в каждом семестре студент делает по 12 задач продолжительностью 5 академических часов каждая.

Анкета содержала 34 вопроса, сгруппированные по 4 разделам:

1. Общие вопросы.
2. Техническая оснащенность общего физического практикума.
3. Учебно-методическая поддержка.
4. О себе.

В анкетировании приняли участие 221 студент 1-го курса и 200 студентов 2-го курса. Учитывая, что на каждом курсе учится примерно 430 человек, свое мнение выразило почти половина студентов.

Ниже приведены результаты статистической обработки анкет (раздельно по курсам) и краткие комментарии.

1. Общие вопросы

1. Укажите, каково на Ваш взгляд место физического практикума в учебном процессе:

1 к.	2 к.	
83%	83%	- чрезвычайно важная и нужная дисциплина
14%	16%	- практикум, в принципе, нужен, но без него можно обойтись
2,3%	1%	- абсолютно ненужный предмет

Это один из редких случаев полного единодушия студентов обоих курсов.

2. Оцените (в процентах) какую долю Ваших знаний по физике Вы получаете каждым из указанных ниже способов:

1 к.	2 к.	
21%	13%	- на лекциях
26%	22%	- на семинарах
27%	30%	- на практикуме
25%	35%	- самостоятельно

Если на 1-м курсе ответы распределены примерно равномерно (но практикум чуть-чуть впереди!), то для 2-го курса характерен крен в сторону самостоятельности, при этом практикум уверенно занимает второе место. Настораживает низкая оценка лекций, возможно, форма их проведения нуждается в усовершенствовании.

3. Оцените (в процентах) какая форма деятельности помогает Вам лучше понимать суть физических явлений:

1 к.	2 к.	
28%	32%	- изучение теоретического материала
16%	15%	- просмотр лекционных демонстраций
34%	37%	- работа в общем физическом практикуме
22%	17%	- решение задач на семинарах, выполнение домашних заданий

И здесь практикум в лидерах.

4. По отношению к Вам преподаватели на занятиях общего физического практикума (укажите один из пунктов):

1 к.	2 к.	
13%	13%	- всегда справедливы и объективны
78%	77%	- скорее справедливы и объективны
8%	9%	- скорее несправедливы и необъективны
1%	2%	- всегда несправедливы и необъективны

Мы благодарны студентам за высокую, на наш взгляд, оценку труда преподавателей. Честно говоря, мы опасались худшего результата.

Ответы студентов на вопросы первого раздела, несомненно, радуют. На наш взгляд, это достойный ответ на участвовавшие разговоры о необхо-

димости уменьшения числа задач практикума (да и курса общей физики в целом).

Во втором разделе анкеты, посвященном технической оснащенности общего физического практикума, студенты дали свои оценки состоянию (надежности работы) оборудования в каждом из разделов практикума. По пятибалльной шкале оценки лежат в интервале от 3,7 до 4,3.

Очень важным представляется ответ студентов на такой вопрос: Каким Вы видите формат компьютеризованных задач в общем физическом практикуме (укажите один из пунктов)? Компьютерные задачи должны быть:

1к	2к	
24%	40%	- только с автоматизацией экспериментальной установки
45%	41%	- в основном с автоматизацией, но можно и модельные задачи
21%	8%	- в основном модельные задачи, но можно и с автоматизацией
5%	2%	- только модельные задачи
5%	9%	- компьютеризованных задач быть не должно

В свое время мы практически полностью отказались от разработки модельных задач, уделив большое внимание именно автоматизации реальных экспериментов. Приятно, что такой подход совпадает с мнением студентов.

Любопытно мнение студентов по такому вопросу:

В практикуме существует ряд компьютеризованных задач. Сравните их с традиционными задачами:

1к	2к	
30%	21%	- компьютеризованные задачи гораздо интереснее, они более современны
27%	33%	- не вижу никакой разницы
42%	47%	- компьютеризованные задачи менее интересны, они менее физичны

В настоящий момент в разделах практикума студент выполняет от одной до четырех компьютеризованных задач (из 12). Ответы студентов наводят на мысль, что отношение числа компьютеризованных задач к традиционным должно быть 1 к 2 или 1 к 3. К этому мы и стремимся.

В третьем разделе анкеты студенты оценивали качество учебно-методических пособий для практикума, высказывали свои замечания и предложения. В среднем, оценка описаний задач по всем разделам оказалась выше оценок за техническое состояние установок.

Из списка претензий к описаниям студенты обоих курсов единодушно поставили на первые места следующие пункты:

- многие формулы берутся непонятно откуда;
- невозможно отличить главные моменты от второстепенных.

Эти замечания, несомненно, будут учтены при подготовке новых и переработке старых описаний к задачам.

В четвертом разделе анкеты студенты оценивали самих себя: как часто они занимаются в течение семестра, сколько времени затрачивают на подготовку к практикуму, насколько самостоятельно выполняют задачу и т.п. Так как анкетирование было анонимным, то есть надежда на объективность полученных оценок.

Отметим ответы на один из пунктов данного раздела: наиболее интересными моментами в практикуме студенты считают непосредственное выполнение работы и беседу с преподавателем, наиболее неприятными – обработку результатов и подготовку к задаче.

В целом, опыт анкетирования следует признать удачным. В основном наши собственные оценки во многих пунктах совпали с мнением студентов, но есть целый ряд положений, на которые следует обратить пристальное внимание.

В анкете студентам также была представлена возможность высказаться по целому ряду вопросов. В заключение приведем некоторые цитаты из ответов студентов (как говорится, комментарии излишни).

Задачи, вызывающие раздражение.

№9 механика – отклоняешь от положения равновесия, а оно и не думает колебаться.

Ртутные лампы портят глаза, после 135 задачи мой глаз чувствовал себя неважно.

Механика, сила трения качения – считать до 200 вредно для психики.

Не помню номер и название, но преподаватели, на мой взгляд, были несправедливы и необъективны.

11 – установка вызвала много неприятных сюрпризов при обсчете.

218 – установка стоит около двери и температуру сдувает, воздух дают поздно, долго делать.

Понравившиеся задачи.

Молекулярка, 239 – на термодинамике дуло из форточки, вместо экспоненты получилась синусоида. Но я понял, почему!

Рентген – очень увлекателен процесс зарядки и проявки фотопластинок.

В разделе оптики я увидел своими глазами изучения, проводимые в нем.

Да мне многие нравятся, это же интересно наблюдать, как отражаются на природе все эти математические выкладки.

10 – интересная задача и преподаватель.

129 – когда пружина изгибалась вместо того, чтобы сжиматься, и я догадался подложить книжку под нее, чтобы не изгибалась.

Что следует изменить в установках?

Вольтметры, мультиметры и осциллографы советского производства крайне неудобны и должны быть заменены на современные.

Изменить оборудование в механике, хотя бы купить новые пружины.

Поменять бы установки, особенно с сорванной резьбой на винтах.

Не надо менять старые осциллографы. А вот какие-нибудь нити на механике или приемники на оптике стоило бы.

Ничего не менять, пусть другие тоже помучаются.

Хотелось, чтобы ничего (что не нужно) не текло, не капало, не хлопало, не пачкало и т.д.

Замените старые установки, кроме тех, которые сделаны руками профессоров в разделе «Молекулярная физика». За этими установками очень приятно работать, в них чувствуется душа.

Какие ассоциации возникают у Вас, когда Вы слышите слова «общий физический практикум»?

Все-таки практикум – это самое лучшее и самое полезное, что есть на первых курсах физики.

Никаких, у меня довольно слабое воображение.

Яркая черта физфака. Работа весь семестр.

Локомотив, который толкает мой учебный процесс и заставляет постоянно что-либо делать, а не только перед контрольными либо сессией.

Я ловлю кайф на практикуме, расслабляюсь и теряю время.

Практикум хорош прежде всего тем, что студент приходит и беседует с преподавателем. Здесь выясняется, что он понимает, а чего нет. Это хорошо! Практикум заставляет читать книги – это тоже хорошо.

Куча приборов, звон трансформаторов в них, загадочное лицо препода и немая фраза на губах: «Ну что, побеседуем!»

Неотъемлемая часть физического образования.

Я в тихом томлении жду наступления праздника.

Физфак без практики – не физфак. Практикум – это здорово!

Придется немало потрудиться! Но это, наоборот, интересно, даже очень!

Нехорошие, поскольку при постоянных неудачных допусках и сдачах создается ощущение собственной тупости.

На физфаке учишься 13 раз в семестр – 1 в сессию и 12 перед каждым практикумом.

ЦЕНТР КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ

Профессор *Трухин В.И.*, профессор *Ишханов Б.С.*,
науч.сотр. *Терентьев М.А.*

По инициативе руководства и решению Ученого совета Физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова в 2007 г. был организован Центр контроля качества образования физического факультета (ЦККО), являющийся правопреемником ранее созданного Центра тестирования [1]. Основная функция центра заключается в тестировании студентов на предмет текущей успеваемости и остаточных знаний. Две главные задачи центра следующие:

1) Осуществление контроля эффективности и качества учебного процесса, что означает оценку объёма и структуры знаний по основным дисциплинам (общая физика, высшая математика, теоретическая физика) у каждого студента, как в процессе изучения дисциплины, так и спустя несколько лет (контроль остаточных знаний). Это позволяет получить полномасштабную картину эффективности преподавания отдельных дисциплин.

2) Предоставление студентам альтернативной возможности сдачи зачётов, комиссий, экзаменов в некоторых случаях, что позволит свести к минимуму влияние на оценку знаний "субъективного фактора".

Учитывая большое число студентов, обучающихся на Физическом факультете, необходимость в автоматизации процесса тестирования очевидна. Для решения указанных задач в помещении Н-16 факультета организован компьютерный класс на 70 посадочных мест-боксов, обеспечивающих комфортное индивидуальное пространство. При поддержке Союза выпускников физического факультета закуплено необходимое оборудование, включающее сервер, терминальные станции и ЖК-мониторы. Применение технологии терминальной сети при организации класса позволило исключить шум, а также свести к минимуму габариты оборудования рабочих мест. Терминальная сеть проста в администрировании, обеспечивая при этом более высокий уровень информационной безопасности, что существенно для проведения массовых тестирований.

Для обеспечения функционирования оборудования класса Центром компьютерной физики физического факультета предоставлено все необходимое лицензионное программное обеспечение.

Уже имеющийся опыт работы компьютерного класса ЦККО показывает, что реализованное количество посадочных мест оптимально для оперативного проведения массовых тестирований студентов в сжатые сроки. Например, в зимнем семестре 2007/2008 учебного года произведено в об-

щей сложности около 3000 тестирований студентов первого, второго и третьего курсов по общефакультетским дисциплинам.

Полученные результаты показывают, что тестирование, в основном, адекватно отражает представления преподавателей об успеваемости студентов в течение семестра. Тесты показывают, в каких группах студенты наиболее активно усвоили материал. На основе детальных данных о решаемости задач студентами удается понять в целом, какие разделы курса легки в освоении, а какие – более трудны с точки зрения студента. Ценность этой информации для преподавателя очевидна.

С другой стороны, из детальных общих данных о решаемости задач можно получить сведения о решаемости конкретной задачи и среднем времени ее решения, и это дает возможность сделать любопытные выводы о характере усвоения тех или иных элементов дисциплины, что существенно для разработки методики преподавания учебных программ. Например, при анализе результатов тестирования студентов первого курса по математическому анализу выяснилось, что теория числовых рядов далась студентам сложнее, чем другие разделы математического анализа. Это можно объяснить тем, что изучение рядов обычно приходится на конец семестра, когда у студентов начинается напряженная пора и внимание переключается на решение проблем, связанных с зачетами. При анализе результатов тестирования по общим курсам физики были выявлены ситуации, когда две похожие задачи решались с различной частотой правильных ответов. Объяснение оказалось простым: в одной из задач требовалось совершить несложное дополнительное действие перед тем как применить физический закон, что многие забывали сделать по невнимательности. Последнее говорит о том, что студенты проявляют склонность к шаблонным решениям с применением изученных формул «в лоб».

Вся информация, получаемая в ходе тестирований, сохраняется и накапливается с целью анализа динамики успеваемости студентов на протяжении всего времени их обучения на Физическом факультете.

Для проведения тестирования временно используется система UniTest System фирмы Sight2k (г. Иркутск). Эта система позволяет организовать автоматизированное тестирование таким образом, когда для ответа на вопрос студенту нужно выбрать один из предлагаемых вариантов ответов. Данный подход не может считаться удовлетворительным, так как у студента появляется возможность «обмануть» систему, выбирая правдоподобные ответы не решая задачу. Ввиду этого по заказу деканата и ЦККО разработана факультетская система компьютерного тестирования знаний. Данная система является вэб-ориентированной и позволит в будущем организовывать тестирование не только в компьютерном классе ЦККО, но и удаленно через Интернет. Это полезно для самостоятельной подготовки студентов к официальным тестированиям. Система позволяет создавать

вопросы с различными способами ввода ответов: выбор варианта, прямой ввод числа с погрешностью, прямой ввод текста.

В рамках новой системы типичный тест по физике или математике будет состоять из ряда вопросов, предполагающих, как правило, прямой ввод числа или формулы в качестве ответа. Выбор правильного варианта ответа из списка будет применяться в исключительных случаях. При этом числовые данные и ответ в каждой задаче могут автоматически меняться согласно алгоритму, написанному автором теста. В системе есть возможность по-разному оценивать численный ответ в зависимости от его попадания в тот или иной интервал, что особенно важно в физических задачах. Указанные возможности позволяют во многом преодолеть исторически сложившиеся проблемы, в целом определяющие недоверие к тестам в отечественной образовательной среде.

Нужно заметить, что на отечественном рынке программного обеспечения существует множество продуктов, предназначенных для проведения тестирований. Но, во-первых, ни один из них не учитывает специфики естественно-научных дисциплин, для которых характерно обилие математических формул в тексте и представление ответа в виде числа или формулы. Во-вторых, ни одна из существующих систем не позволяет организовать достаточно удобный автоматизированный цикл от создания теста до анализа его результатов, что особенно важно в условиях регулярного тестирования большого количества студентов по большому числу дисциплин. В этом смысле работа ЦККО над созданием системы уникальна.

Характерной чертой автоматизированного тестирования является то, что тест требует от студентов в каждом случае доводить решение до конечного ответа, тем самым, приучая к культуре проведения выкладок и счета. Недостаток тестирования состоит в невозможности программно проверить решение: случайно допущенная ошибка в расчетах, скорее всего, приведет к незачету по сути верного решения. Поэтому тестирование не может заменить общение студента с преподавателем. Во всех спорных случаях студент имеет право попросить преподавателя проверить его решение на черновике.

Стратегия Центра контроля качества образования физического факультета — составить тесты и наладить регулярное тестирование по всем общим курсам математики и физики, обеспечить оперативной анализ успеваемости студентов и эффективности преподавания дисциплин, при этом непрерывно вести исследования и разработку в области технологий тестирования с целью повысить интерес студентов к обучению.

Предполагается, что специальные кафедры также разработают и будут использовать методы тестирования студентов, изучающих специальные предметы по физике на лекциях и семинарах.

Литература

1. *Терентьев М.А.* О развитии компьютерного тестирования на физическом факультете МГУ // Ломоносовские чтения – 2006. Секция физики. Сборник тезисов докладов. М., Физический факультет МГУ, 2006, с. 168-171.
2. <http://ckko.phys.msu.ru> – справочно-информационный ресурс Центра контроля качества образования.