

УДК 378.147.31

ПРОБЛЕМНОЕ ОБУЧЕНИЕ И МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

В.В. Евстигнеев, Т.В. Котырло, И.В. Белицын, А.В. Макаров

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

E-mail: b_i_w@mail.ru

Представлена методика включения компьютерных демонстраций и компьютерного эксперимента для проблемного обучения, стимулирующая разрешение проблемной ситуации. Показан способ мотивации студентов к овладению новыми знаниями на межпредметной связи между изучаемым здесь и сейчас предметом с дисциплинами, которые будут изучаться позже. Приведен фрагмент лекции по физике с использованием компьютерного эксперимента и межпредметной связи с курсом ТОЭ, с созданием проблемных ситуаций.

С каждым годом все более и более интенсивно используются возможности вычислительной техники в процессе обучения. Разработка программного и методического обеспечения ведется для применения в различных видах учебных занятий: лекционных, практических и лабораторных. В разработке программного обеспечения для образовательного процесса в последнее время можно отметить две тенденции. Первая заключается в адаптации имеющихся программ, текстовых редакторов, программ для математических расчетов и моделирования, таких как пакет программ MS Office, MathCAD, MathLab, ANSYS Multiphysics, Maxwell 3D и подобных программ к учебному процессу. Другая тенденция — это разработка и применение специальных обучающих программ широкого диапазона, от контролирующей степень усвоения учебного материала до мультимедийных и интерактивных программных комплексов. У каждой из тенденций есть свои достоинства и недостатки, однако на заключительном этапе, а именно применения в учебном процессе, необходима методика их включения в какой-либо из методов обучения.

Метод обучения и способ предъявления учебной информации играет большую роль: чтение текста шаблонным языком, канцелярский стиль формулировки могут сразу же вызвать немой протест. Студент перестает думать, так как не видит в том необходимости, отрывается от практических вопросов и начинает оперировать только символами и числами. Студентам важна любая наглядность, т. к. она позволяет максимально концентрироваться на объекте исследования, при этом «живой» текст поясняется простым разговорным языком, именно поэтому соединение компьютерного эксперимента с теоретическим анализом изучаемых явлений является органичным и актуальным процессом. Здесь можно ясно увидеть элементы того познавательного цикла, о котором пишет В.Г. Разумовский [1]: «наблюдение — гипотеза — осуществление эксперимента — анализ результатов — теоретическое обобщение — практическое применение». Эти элементы процесса познания выступают в разнообразных формах путем применения различных методов включения студентов в работу при решении задачи и постановке ее компьютерного

сопровождения для проведения соответствующего анализа. Анализ внутренней логики физических знаний показывает, что компоненты теорий находят контакт с реальностью через систему экспериментальных процедур. Характер связи компонентов теории с реальностью весьма сложен и разнообразен. Различна и роль компьютерного сопровождения, устанавливающая определенную качественную и количественную характеристику связей и отношений реальных объектов, которые соответствуют этим компонентам.

Смысл проблемного изложения, как известно, заключается в усвоении логики решения разнообразных проблем, которые лектор специально ставит перед студентами. При проблемном изложении учебного материала и может использоваться компьютерное сопровождение.

Проблемная ситуация это ситуация познавательного затруднения, возникающего при необходимости разрешить противоречие между знанием и незнанием. В литературе [1–3] можно встретить различные виды классификации противоречий, лежащих в основе возникновения проблемных ситуаций. Опираясь на классификацию Т.А. Ильиной [4], рассмотрим три вида противоречий, наблюдающихся при изучении физики.

К первому из них относятся противоречия между новыми фактами (явлениями) и невозможностью их объяснения на базе имеющегося знания. Для разрешения таких противоречий необходимо выдвижение новых положений и моделей, разработка новых теорий и т. д.

Второй вид противоречий возникает в тех случаях, когда объяснение нового факта возможно в рамках изученной теории, но требует установления принципиально новых связей между отдельными характеристиками явления. Решение таких противоречий углубляет и корректирует знания студентов в пределах известной им модели, теории.

Третий вид противоречий создается при необходимости объяснить результаты наблюдения известного явления в новых условиях. В этих случаях возникает интеллектуальное затруднение, связанное с необходимостью применять известные знания и способы действия в незнакомых условиях

(осуществить восхождение от абстрактного к конкретному). Компьютерные демонстрации и эксперименты в этом случае позволяют конкретизировать знания. Такие опыты позволяют глубже проникнуть в существо процесса, дают возможность по-другому оценить сопутствующие явления. В процессе таких противоречий происходит не только дальнейшее углубление знаний, но и формирование новых интеллектуальных навыков и умений.

Наличие в проблемной ситуации противоречивых данных порождает процесс мышления, направленный на их снятие, т. е. активизирует процесс мышления. Поэтому целесообразным является предъявление студентам ярких остросюжетных проблемных заданий с четко выраженным информативно-познавательным противоречием. Такому условию лучше всего удовлетворяет парадоксальная форма заданий. Студенты наблюдают неожиданные и кажущиеся им невероятные явления. Подобные конфликтные опыты наилучшим образом привлекают их внимание, иницируя познавательный интерес и самостоятельный мыслительный поиск.

При постановке подобных проблемных ситуаций нужно соблюдать соразмерность уровня подготовленности аудитории и сложности выдвигаемых проблем, так как проблемная ситуация может возникнуть лишь в том случае, если студент способен решить поставленную задачу, т. е. его интеллектуальные возможности должны соответствовать уровню проблемы. Поэтому при организации проблемных ситуаций такого типа следует учесть, что возникновение познавательной потребности в аудитории возможно лишь при серьезной предварительной подготовке.

Таким образом, обучение с использованием компьютерной поддержки требует такой организации лекционных занятий, при которой обучаемые получают навыки и знания в процессе преодоления трудностей, создаваемых новой формой постановки задачи. Любая ситуация с использованием компьютерной поддержки включает в себя потребность в новом знании или умении, возникающую в результате выполнения задания аналитически.

Для более эффективной переработки воспринятой информации в знании обучаемый должен сопоставить ее с известными ему фактами, понятиями, определениями, обобщить ее и уложить в своем сознании в определенную систему знаний. Главное в обучении в вузе не в запоминании полученной информации, а ее осмысление, понимание содержания, осознание взаимосвязи с предыдущей или известной информацией, в результате чего появляется умение самому находить ответы на поставленные преподавателем и жизнью вопросы. Это требует активной, творческой работы студента, умение анализировать полученную информацию и находить главное. Для этого преподаватель, передавая информацию, должен как можно чаще создавать проблемную ситуацию. Это заставит студента не бездумно записывать лекцию, а осознанно воспринимать ее. Преподава-

тель, работая в специализированной аудитории, организует лекцию в форме диалога со студентами таким образом, чтобы каждое движение ума обучаемого было догадкой, его маленьким открытием. Создание проблемных ситуаций, их анализ, активное участие студентов в поисках путей решения поставленной учебной задачи возбуждает мыслительную активность и поддерживает глубокий познавательный интерес. Дидакты отмечают, что в активизации познавательной деятельности студентов, вопросы, задаваемые преподавателем в ходе лекции, имеют едва ли не первостепенное значение; обучаемый в ходе лекции должен разобраться в новом для него явлении самостоятельно. Но *осуществить на практике проблемное обучение можно далеко не всегда*. Такую возможность дает *использование в ходе лекции мультимедийных комплексов*, т. к. в процессе компьютерной демонстрации преподаватель может построить лекцию в форме диалога со студентами. Обучаемый самым активным образом участвует в обсуждении и разрешении проблем, поставленных перед ним в ходе лекции, при решении которых обучаемый применяет свои знания в форме понятий и тем самым повышают уровень их усвоения. При этом всякое новое понятие подвергается всестороннему осмысливанию; отрабатываются навыки и умения, устанавливаются логические связи. Компьютерная демонстрация выступает средством решения проблемы.

От студентов довольно часто можно слышать вопрос о целесообразности получения тех или иных знаний из предметной области, и если преподаватель не в состоянии убедить об их необходимости не только для итогового контроля, то в дальнейшем интерес к предмету снижается также как и мотивация, действительно странно получать новые знания только для дальнейшего их же контроля. Вопросы такого рода периодически возникают у обучающихся, даже если они не высказываются вслух. Поэтому задачей преподавателя является не только обучение новым знаниям, но и мотивация студентов для овладения ими. Одним из способов мотивации может быть реализован на показе связи получаемых здесь и сейчас знаний с дисциплинами, которые будут изучаться позже, т. е. на основании межпредметных связей, для этого в лучшей мере подойдут зрительные образы, которые могут быть получены с помощью компьютерного сопровождения.

Рассмотрим на конкретном примере методику включения компьютерных демонстраций и эксперимента, для проблемного обучения, стимулирующую разрешение проблемной ситуации.

Как правило, применение теоремы Остроградского-Гаусса к расчету электрических полей рассматривается для простых, реализуемых на практике важных случаев. Рассмотрим один из них, а именно, поле равномерно заряженной нити. Для этого случая в литературе, как правило, рассматривается равномерно заряженная бесконечная нить с постоянной линейной плотностью заряда τ . Только на малых расстояниях от нити напряженность $\vec{E}$ не зави-

сит от угла, под которым находится точка по отношению к концу нити и представляет ряд радиально расходящихся прямых. Ставится проблема: как изменится картина линий напряженности электростатических полей, если прямая будет иметь конечные размеры? Можно ли принять суммарный заряд отрезка за точечный заряд, а поле заряженного отрезка за поле точечного заряда? Процесс мышления будет более эффективным, если обучаемый сможет быстро создать образы, представление о явлении в этом случае поставленная задача решается быстрее [5].

Для графического представления областей, в которых поле конечной нити можно представить как поле точечного заряда, на помощь приходит компьютерное сопровождение, повышающее эффективность образовательного процесса, так как делает наглядным математическое решение.

Преподаватель, после постановки проблемы, может поступить двумя способами. После нескольких реплик с мест о возможности или невозможности такого представления и объяснения сразу провести компьютерную демонстрацию, которая наглядно покажет существование таких областей, а затем объяснить математически существование таких областей. Второй вариант – после постановки проблемы и получения ответов показать аналитически, путем анализа формулы напряженности существование таких областей, а затем с помощью программы привести графическое решение данной задачи.

Ниже приводится фрагмент лекции с аналитическим анализом и графическим решением.

Тонкий стержень можно разделить на малые (в идеале бесконечно малые) участки длиной dl . На этом участке (рис. 1) находится заряд $dq = \tau \cdot dl$, который, вследствие малости dl , можно рассматривать как точечный.

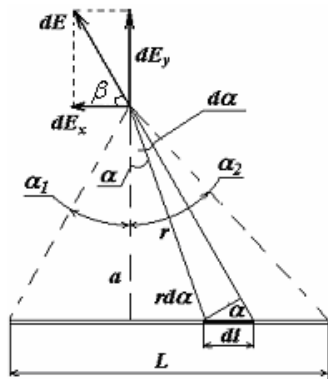


Рис. 1. К определению напряженности от нити конечной длины

Модуль напряженности электростатического поля от точечного заряда уже должен быть известен

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\tau dl}{r^2},$$

где $r = \frac{a}{\cos \alpha}$ – расстояние от выделенного элемента до точки, в которой ищется напряженность,

выражается через перпендикуляр, опущенный из расчетной точки a , и угол α , под которым видна эта точка из выделенного элемента; $dl = \frac{rd\alpha}{\cos \alpha}$ –

элементарный участок длины.

После подстановки получаем

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\tau d\alpha}{a}.$$

Разложим вектор dE на две составляющие: dE_1 – перпендикулярную и dE_2 – параллельную длине стержня. Из рис. 1 видно, что

$$dE_y = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\tau d\alpha}{a} \cos \alpha;$$

$$dE_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\tau d\alpha}{a} \sin \alpha.$$

Для нахождения напряженности от всех элементарных участков, интегрируем последние два выражения по углу α от α_1 до α_2

$$E_y = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{a} \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} \cos \alpha d\alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{a} [\sin \alpha_2 + \sin \alpha_1];$$

$$E_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{a} \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} \sin \alpha d\alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{a} [\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2].$$

Результирующая напряженность определяется по теореме Пифагора

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{a} \sqrt{[\sin \alpha_2 + \sin \alpha_1]^2 + [\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2]^2}.$$

После возведения в квадрат, воспользовавшись тригонометрическими формулами, получим

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{a} \sqrt{2[1 - \cos(\alpha_1 + \alpha_2)]}.$$

Для упрощения анализа можно рассмотреть частный случай, когда $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$, (для точек, лежащих на перпендикуляре восстановленном к середине нити) получим $2[1 - \cos(2\alpha)] = 4\sin^2 \alpha$, тогда последняя формула запишется как

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{a} \sin \alpha.$$

Из рис. 1 следует, что $\sin \alpha = \frac{L/2}{\sqrt{(L/2)^2 + a^2}}$,

тогда напряженность электростатического поля на серединном перпендикуляре

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{a} \frac{L/2}{\sqrt{(L/2)^2 + a^2}}.$$

Если выполняется условие $L \ll a$, тогда, поскольку $q = \tau \cdot L$, то $E \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$, а это выражение для определения напряженности от точечного заряда.

Поскольку напряженность электрического поля характеризуется не только значением, но и направлением, то для полного сравнения электроста-

тического поля конечной нити и поля точечного заряда необходимо учитывать направление напряженности, т. е. необходимо сравнивать по двум параметрам: модулю напряженности и по углу.

Покажем, как это можно сделать. Угол вектора напряженности от горизонтальной оси конечной нити можно определить как

$$\beta = \frac{E_y}{E_x} = \arctg \frac{\sin \alpha_2 + \sin \alpha_1}{\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2} = \arctg \left(\operatorname{ctg} \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \right).$$

именно этот угол и следует сравнивать с углом, под которым видна расчетная точка, в которой сравнивается напряженность, из середины отрезка (места расположения эквивалентного точечного заряда $q = \tau \cdot L$).

Для упрощения анализа можно рассмотреть частный случай, когда $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$, для любых точек на серединном перпендикуляре получим: $\beta = \arctg(\operatorname{ctg} \frac{0}{2}) = 90^\circ$.

Угол, под которым видны точки, лежащие на перпендикуляре, относительно точечного заряда также равен 90° . Поэтому при сравнении напряженности для точек, лежащих на серединном перпендикуляре, восстановленном к середине отрезка,

можно сравнивать только модули напряженностей, создаваемые точечным зарядом и конечным проводником.

В общем случае, необходимо сравнивать как по углу, так и по модулю напряженности. Подробный анализ очень трудоемок, поэтому для наглядного представления решения данной задачи целесообразно применять программное обеспечение. На рис. 2 приведена компьютерная реализация данной задачи. Белым цветом показаны области электростатического поля, в которых поле нельзя рассматривать как поле точечного заряда (с данной степенью точности). Серым показаны области, соответствующие той зоне пространства, где поле может быть представлено как поле точечного заряда.

Компьютерная реализация данного примера наглядно показывает, что в случае равномерно заряженной нити с конечной длиной L , выражение для напряженности $E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 a}$ будет справедли-

вым для точек поля, находящихся на расстоянии a от заряженного отрезка, достаточно малом по сравнению с L , и не слишком близких к ее краям. Возле краев заряженного отрезка даже на расстоянии, сравнимых с размерами отрезка, электрическое поле перестанет быть однородным (рис. 2, а).

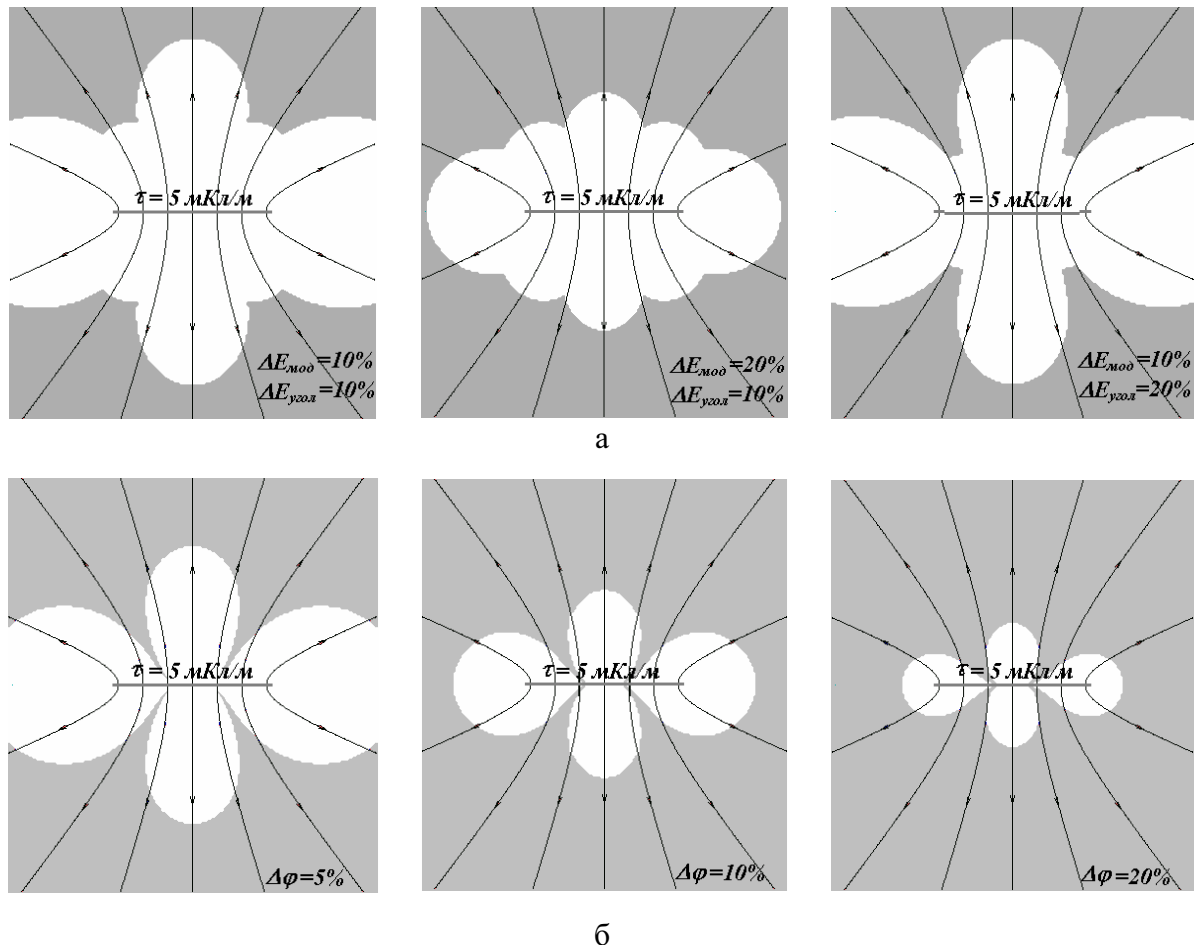


Рис. 2. Сравнение поля конечной нити с полем точечного заряда: а) по напряженности поля, б) по потенциалу

Если расстояние a порядка размера самой заряженной нити, то величина и направление поля в пространстве меняются очень сложно. На расстояниях, очень больших по сравнению с размерами нити, заряженная нить действует как точечный заряд – поле убывает обратно пропорционально квадрату расстояния.

Сравнение электростатических полей можно производить не только по силовой характеристике, но и по энергетической, т. е. электрическому потенциалу. Метод вывода формулы для потенциала, создаваемого заряженным отрезком, аналогичен выводу формулы для напряженности, поэтому ее можно записать без вывода следующим образом

$$\varphi = \frac{\tau}{4\pi\epsilon_0} \left(\ln \left| \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha_2}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right| - \ln \left| \operatorname{tg} \left(-\frac{\alpha_1}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right| \right).$$

Для точек, лежащих на серединном перпендикуляре, получим

$$\varphi = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \left| \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right|.$$

Дальнейшее сравнение проводится с помощью компьютера (рис. 2, б), и делаются аналогичные выводы, как и в случае сравнения напряженности.

При изучении этой же темы, мотивировать студентов энергетических и электротехнических специальностей следующим образом. Объяснить им, что в курсе «теоретические основы электротехники» они будут рассчитывать электрические емкости различных проводников, в частности, емкость реального плоского конденсатора, имеющего конечные размеры. Один из способов расчета емкости заключается в анализе картины поля. Обкладки плоского конденсатора можно представить в виде бесконечного числа конечных заряженных отрезков, тогда поле конденсатора может быть определено по принципу суперпозиции. Полная картина поля в этом случае показана на рис. 3. Далее можно показать результаты компьютерного эксперимента (рис. 4), пояснив при этом, что такую картину поля получают на основе другого метода, а именно методом конформных отображений, не следует объяснять сущность самого метода, достаточно только упоминания его названия.

Далее важно подчеркнуть, что знание параметров электрических полей важно и с точки зрения практики [6]. Например, значение напряженности очень важно при проектировании конденсаторов, рассчитанных на большое напряжение. Поскольку, если напряженность электрического поля будет очень велика, то может произойти пробой диэлектрика. При использовании конденсаторов для получения равномерного электрического поля весьма существенно выяснить, на каком расстоянии от края конденсатора поле можно считать практически однородным. Из рис. 3 и 4 следует, что на расстоянии от края конденсатора, имеющим порядок расстояния между обкладками конденсатора, поле можно считать однородным с высокой степенью точности. Таким образом, с помощью компьютер-

ного эксперимента возможно повысить мотивацию получения новых знаний.

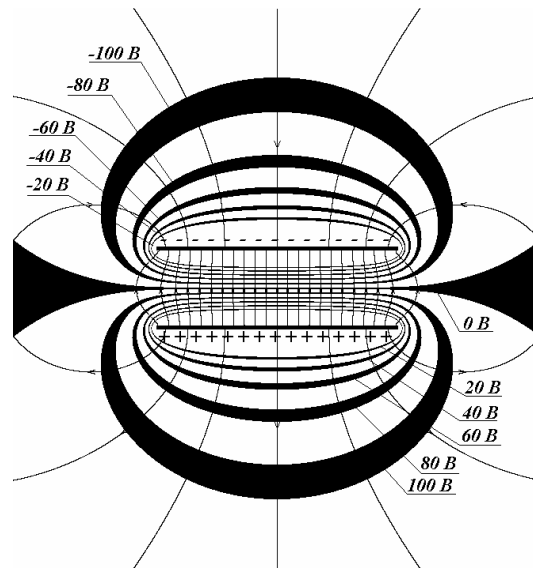


Рис. 3. Картина поля плоского конденсатора (исходные данные $\sigma=30$ нКл/м², $2h=1$ см $2a=3$ см)

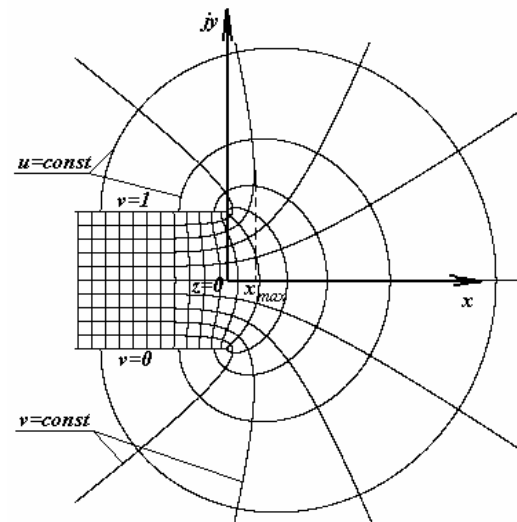


Рис. 4. Поле у края плоского конденсатора построенное по методу конформных отображений (при $\Delta u=4$ $\Delta v=4$)

Лекции, не требующие активной работы студентов, создают видимость простоты и чрезвычайной доступности материала, притупляют их активность и приводят к благодушию. Это усыпляет познавательные стремления студентов и тормозит их развитие. Создание проблемной ситуации на лекциях заставляет думать студентов в ходе лекции, а создание определенных трудностей в учебе (однако, не формальных, а таких, которые заставляют студента проявлять творчество) мобилизуют их, развивают у них волю и стремление преодолеть эту трудность. По мере дальнейшего изложения материала, трудности должны усложняться преподавателем, но так, чтобы они всегда были преодолимы. Преодоление трудностей в овладении знаниями

благоприятно влияет на психику студента. Он обретает уверенность в своих силах и приучается к самостоятельности и творчеству.

Создав такие условия, нужно помочь студенту: дать ему средства объективного самоконтроля результатов, чтобы, дойдя до какого-либо вывода самостоятельно, он мог быть убежден в правильности своих действий. Здесь компьютер выступает в роли установки для проведения физических опытов. Такой эксперимент может являться как завершающей частью изложения какой-либо темы (компьютерная демонстрация или эксперимент выступает средством решения проблемы), так и своеобраз-

ный канвой лекции, при чтении которой преподаватель попеременно использует то аудиторную доску, то программные средства.

В заключение отметим цели, которые можно достичь введением компьютерного сопровождения при проведении лекционных занятий. Это формирование глубоких и прочных знаний, развитие творческого мышления, когда личность вкладывает умственные усилия в процесс освоения знаний, и они становятся источниками целесообразной деятельности и развития. Кроме этого, применение компьютерного эксперимента возможно для создания мотивации обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разумовский В.Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физики. – М.: Просвещение, 1975. – 272 с.
2. Матюшкин А.М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении. – М.: Педагогика, 1972. – 208 с.
3. Махмутов М.И. Проблемное обучение: Основные вопросы теории. – М.: Педагогика, 1975. – 367 с.
4. Ильина Т.А. Что такое современная лекция? Как ей придать проблемный характер? // Вестник высшей школы. – 1984. – № 9. – С. 43.
5. Белицын И.В., Макаров А.В., Котугин Е.А. Компьютерное моделирование как средство развития образного мышления // Качество высшего профессионального образования: достижения, проблемы, перспективы: Матер. Всеросс. научно-практ. конф. – Барнаул, 2005. – С. 96–98.
6. Белицын И.В., Вихарев А.А., Котырло Т.В. Компьютерные технологии как средство формирования профессиональной направленности студентов // Современные технологии обучения: Матер. 5-й Междунар. конф. – Санкт-Петербург, 1999. – С. 179–180.

Поступила 14.11.2006 г.